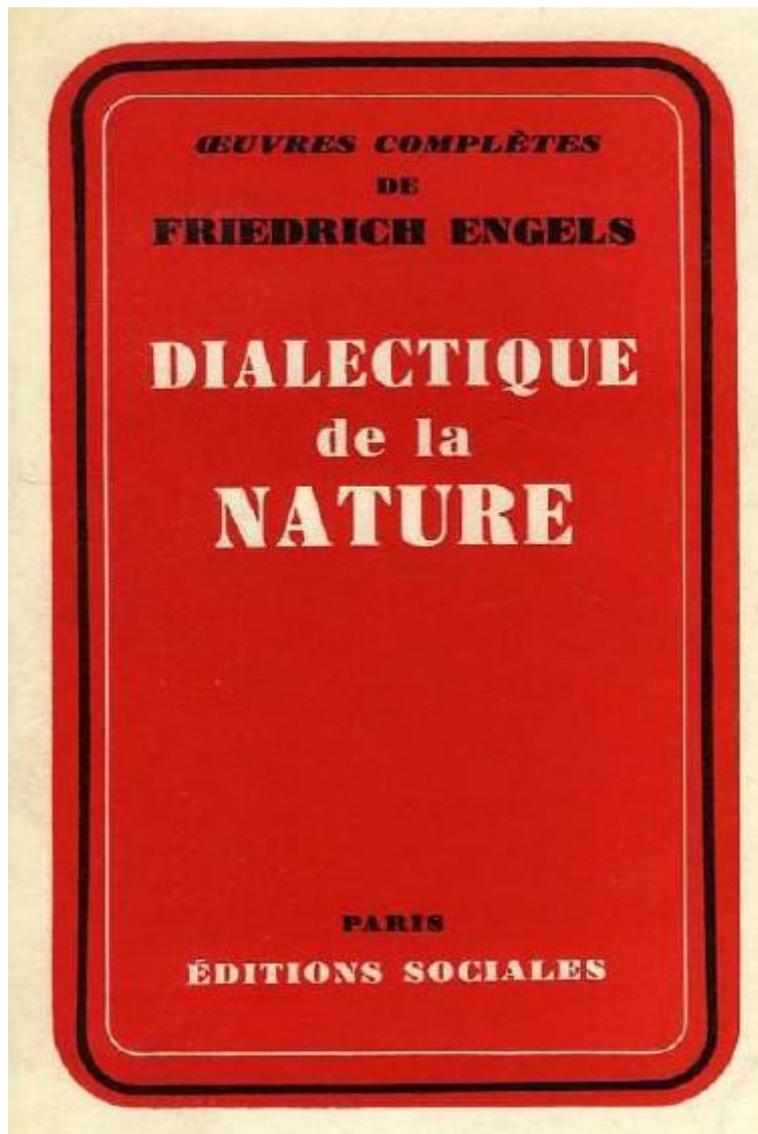


Friedrich Engels
Dialectique de la nature
1883



Éditions sociales, 1968. Traduction d'Émile Bottigelli

Table des matières

[Esquisses du plan]
[Esquisse du plan d'ensemble]
[Esquisse de plan partiel]

Chapitres

Introduction

Ancienne Préface à l'[Anti-]Dürring. Sur la dialectique

La science de la nature dans le monde des esprits

La dialectique

Les formes fondamentales du mouvement

La mesure du mouvement. Le travail

Le frottement des marées. Kant et Thomson-Tait.

La rotation de la terre et l'attraction de la lune

La chaleur

L'électricité

Le rôle du travail dans la transformation du singe en homme.

Notes et fragments

[Éléments d'histoire de la science]

- Conception de la nature chez les anciens

- Différence de la situation à la fin du monde antique, vers 300, et à la fin du moyen âge, 1453

- Éléments historiques – Inventions

- Éléments historiques

- Fragment retranché du Feuerbach

[Science de la nature et philosophie]

Büchner

[Dialectique]

[a) Questions générales de la dialectique. Lois fondamentales de la dialectique]

- Contingence et nécessité

- Hegel. Logique I

[b) Logique dialectique et théorie de la connaissance. A propos des « limites de la connaissance »]

- De la classification des jugements

- Sur l'incapacité de Naegeli de connaître l'infini

[Les formes du mouvement de la matière. Classification des sciences]

Sur la conception mécaniciste de la nature

[Mathématiques]

[Mécanique et astronomie]

[Physique]

[Chimie]

[Biologie]

Table chronologique

[ESQUISSES DU PLAN]

[Esquisse du plan d'ensemble ¹.]

1. Introduction historique. dans la science de la nature, grâce à son développement propre, la conception métaphysique est devenue impossible.

2. La marche du développement théorique en Allemagne depuis les temps de Hegel (ancienne préface) ². Le retour à la dialectique se fait inconsciemment, par conséquent contradictoirement et lentement.

3. La dialectique comme science de la connexion universelle. Lois principales: conversion de la quantité en qualité, - pénétration réciproque des contraires polaires et conversion de l'un en l'autre quand ils sont poussés à l'extrême, - développement par contradiction ou négation de la négation, -forme spirale du développement.

4. Connexion des sciences. Mathématiques, mécanique, physique, chimie, biologie. Saint-Simon (Comte) et Hegel.

5. Aperçus ³ sur les sciences particulières et leur teneur dialectique:

1°Mathématiques : moyens et tours dialectiques de secours. - L'infini mathématique se trouve dans la réalité.

2°Mécanique céleste, - maintenant on la considère tout entière comme un certain processus; - la mécanique : elle a, eu pour point de direction l'inertie, qui n'est que l'expression négative de l'indestructibilité du mouvement.

3°Physique, - passages des mouvements moléculaires de l'un en l'autre. Clausius et Loschmidt.

4°Chimie : les théories, l'énergie.

5° Biologie. Le darwinisme. Nécessité et hasard.

6. Les limites de la connaissance. Dubois-Reymond et Naegeli. - Helmholtz, Kant, Hume.

7. La théorie mécaniste. Haeckel.

8. L'âme du plastidule ⁴. - Haeckel et Naegeli.

9. Science et enseignement. – Virchow ⁵.

10. L'état cellulaire. - Virchow.

¹ Tiré des notes de la quatrième liasse. Le plan a été composé *après* juin 1878 - puisqu'il y est fait mention de l'ancienne préface de *l'Anti-Dühring* rédigée en mai-juin 1878 - et *avant* 1880, puisqu'on n'y trouve aucune allusion à des chapitres de *Dialectique de la nature*, comme « Les formes fondamentales du mouvement », « La chaleur » et « L'électricité » rédigés en 1880-82. Ainsi la date la plus vraisemblable pour la composition de ce plan peut être placée dans la seconde moitié de 1878, Ou au début de 1879. (O.G.I.Z., Obs.)

² Il s'agit de l'ancienne préface de *l'Anti-Dühring*. (O.G.I.Z., Obs.)

³ En français dans le texte. (N.R.)

⁴ Haeckel appelait plastidules les particules les plus menues de plasma vivant, dont chacune, selon sa théorie, représente une molécule d'albumine de structure fort compliquée et possède an quelque sorte une « âme » élémentaire. (O.G.I.Z. Obs.)

⁵ Engels a en vue le rapport de Virchow au congrès tenu à Munich par les spécialistes des sciences de la nature et les médecins en 877. Dans ce rapport, Virchow proposait de limiter la liberté de l'enseignement de la science. Le rapport de Virchow a été publié dans une brochure particulière sous le titre *Die Freiheit der Wissenschaft im modernen Staat*. Virchow fut contredit par Haeckel, qui lança la même année 1877 une brochure *Science libre et enseignement libre*. (O.G.I.Z., Obs.)

11. Politique darwiniste et doctrine darwiniste de la société. - Haeckel et Schmidt ⁶. Différenciation de l'homme grâce au *travail*. - Application de l'économie politique à la science de la nature. La notion de *travail* chez Helmholtz (Conférences populaires, II) ⁷.

[Esquisse de plan partiel ⁸.]

1. Le mouvement en général.
 2. L'attraction et la répulsion. Transmission du mouvement.
 3. Application ici de [la loi de] la conservation de l'énergie. Répulsion + attraction. - Intervention de la répulsion = énergie.
 4. Pesanteur - corps célestes - mécanique terrestre.
 5. Physique. La chaleur. L'électricité.
 6. Chimie.
 7. Résumé.
- a) Avant 4 : Mathématiques. Ligne infinie. + et - égaux.
b) A propos de l'astronomie : travail fourni par la marée montante.

Double calcul chez Helmholtz, II, 120 ⁹.
« Forces » chez Helmholtz, II, 190 ¹⁰.

⁶ Il s'agit au zoologue Oscar Schmidt, qui est intervenu contre le socialisme. En juillet-août 1878, Engels s'est proposé de faire la critique de son exposé. « Sur le rapport du darwinisme à la social-démocratie. 0 (Voir K. MARX et F. ENGELS : *Oeuvres*, tome XXVII, pp. 9 et 12 [en russe].) Quant à Haeckel, il est intervenu, lui aussi, contre le socialisme en essayant de débarrasser le darwinisme du reproche d'être lié au mouvement socialiste. (O.G.I.Z., Obs.)

⁷ Engels pense au livre de Helmholtz : *Populäre wissenschaftliche Vorträge*, zweites Heft, Braunschweig, 1871. La notion physique de « travail » est exposée par Helmholtz. principalement aux pages 142-179. Engels examine la catégorie du « travail » au chapitre « Mesure du mouvement - le travail ». (O.G.I.Z., Obs.)

⁸ Tiré des notes de la quatrième liasse. Cette esquisse a été vraisemblablement écrite après le plan donné ci-dessus de *Dialectique de la nature*, puisque ici sont déjà mentionnées les questions qu'Engels examine dans le chapitre. « Les formes fondamentales du mouvement », écrit en 1880 ou 1881. Dans sa partie essentielle, cette esquisse est le plan préliminaire du chapitre : « Les formes fondamentales du mouvement ». D'où l'on peut conclure que cette esquisse a été écrite avant ce chapitre, soit approximativement en 1880. (O.G.I.Z., Obs.)

⁹ Engels pense au livre d'Helmholtz : *Populäre wissenschaftliche Vorträge*. Il cite ce passage d'Helmholtz et en fait la critique dans le chapitre : « Les formes fondamentales du mouvement. » (Voir ci-après, pp. 88-90.) (O.G.I.Z., Obs.)

¹⁰ Engels examine les opinions d'Helmholtz sur les « forces » dans ce même chapitre. (Voir ci-après, pp. 86-88.) (Obs.)

[CHAPITRES]

INTRODUCTION ¹¹

L'étude moderne de la nature, - qui est seule parvenue à un développement scientifique, systématique et complet, à l'opposé des intuitions géniales des Anciens en philosophie de la nature et des découvertes arabes, extrêmement importantes, mais sporadiques et disparues pour la plupart sans résultats, - cette étude moderne de la nature date, comme toute l'histoire moderne, de la puissante-époque que nous autres Allemands nommons la Réforme d'après le malheur national qui est venu nous frapper en ce temps ¹², que les Français nomment la Renaissance et les Italiens Cinquecento, bien qu'aucun de ces termes n'en donne complètement l'idée. C'est l'époque qui commence avec la deuxième moitié du XVe siècle. La royauté, s'appuyant sur les bourgeois des villes, a brisé la puissance de la noblesse féodale et créé les grandes monarchies, fondées essentiellement sur la nationalité, dans le cadre desquelles se sont développées les nations européennes modernes et la société bourgeoise moderne; et, tandis que la bourgeoisie et la noblesse étaient encore aux prises, la guerre des paysans d'Allemagne a annoncé prophétiquement les luttes de classes à venir, en portant sur la scène non seulement les paysans révoltés, - ce qui n'était plus une nouveauté, - mais encore, derrière eux, les précurseurs du prolétariat moderne, le drapeau rouge au poing et aux lèvres la revendication de la communauté des biens. Dans les manuscrits sauvés de la chute de Byzance, dans les statues antiques retirées des ruines de Rome, un monde nouveau se révélait à l'Occident étonné: l'Antiquité grecque; ses formes resplendissantes dissipaient les fantômes du Moyen Âge; l'Italie naissait à un épanouissement artistique insoupçonné, qui sembla un reflet de l'antiquité classique et n'a plus été retrouvé. En Italie, en France, en Allemagne, apparaissait une littérature nouvelle, la première littérature moderne; l'Angleterre et l'Espagne connurent bientôt après leur époque littéraire classique. Les barrières de l'ancien *orbis terrarum* furent brisées; pour la première fois la terre était vraiment découverte, les fondements posés pour le passage de l'artisanat à la manufacture qui devait, à son tour, constituer le point de départ de la grande industrie moderne. La dictature

¹¹ Tiré de la troisième liasse des manuscrits. Dans l'index de la troisième liasse établi par Engels, cette « Introduction » s'appelle « Introduction ancienne ». Une telle dénomination s'explique, semble-t-il, par le fait que l'article a été écrit avant les autres articles de *Dialectique de la nature* et avant *l'Anti-Dühring*. On trouve dans le texte de cette même « introduction » deux passages qui permettent de déterminer la date de sa rédaction. A la page 38, Engels dit que « la cellule est découverte depuis moins de quarante ans ». Si l'on considère que, dans la lettre qu'il a écrite à Marx le 14 juillet 1858, il donne 1836 comme date approximative de la découverte de la cellule, nous obtenons, en ajoutant 39 ans (« moins de 40 ans ») à cette date, l'année 1875 comme date de la rédaction de l'« Introduction ». D'autre part, page 40, Engels écrit: « On a appris depuis quelque dix ans seulement que l'albumine absolument sans structure exerce toutes les fonctions essentielles de la vie. » Il pense, selon toute vraisemblance, à la *Morphologie générale des organismes*, d'Ernst Haeckel, qui a paru en 1866. En ajoutant 10 ans à cette date, on obtient 1876. Ainsi, on est fondé à penser que l'« Introduction » a été écrite en 1875 ou 1876 (il se peut que la première partie de l'« Introduction » ait été écrite en 1875 et la deuxième dans la première moitié de 1876). L'esquisse primitive de l'« Introduction », écrite par Engels en 1874, est donnée dans le texte aux pages 193-195. (O.G.I.Z., Obs.)

¹² La Réforme était, sur le plan religieux, le symptôme de l'effervescence révolutionnaire du peuple allemand. Celle-ci se traduit par la révolte de la petite noblesse et la guerre des Paysans. Toutes deux furent écrasées par les classes réactionnaires dont la puissance fut accrue, tandis que les forces révolutionnaires du peuple allemand se trouvaient minées et épuisées pour longtemps. C'est dans ce sens qu'Engels parle de « malheur national ». (N. R.)

spirituelle de l'Église fut brisée ; la majorité des peuples germaniques la rejeta directement en adoptant le protestantisme, tandis que, chez les peuples romans, une allègre libre pensée, reprise des Arabes et nourrie de la philosophie grecque fraîchement découverte, s'enracinait de plus en plus et préparait le matérialisme du XVIIIe siècle.

Ce fut le plus grand bouleversement progressiste que l'humanité eût jamais connu, une époque qui avait besoin de géants et oui engendra des géants : géants de la pensée, de la passion et du caractère, géants d'universalité et d'érudition. Les hommes qui fondèrent la domination moderne de la bourgeoisie furent tout, sauf prisonniers de l'étroitesse bourgeoise. Au contraire, l'esprit aventureux du temps les a tous plus ou moins touchés de son souffle. On eût difficilement trouvé à cette date un homme d'importance qui n'eût fait de vastes voyages, parlé quatre ou cinq langues, brillé dans plusieurs spécialités. Léonard de Vinci a été non seulement un grand peintre, mais aussi un mathématicien, un mécanicien et un ingénieur éminent, à qui les branches les plus diverses de la physique sont redevables d'importantes découvertes; Albert Dürer a été peintre, graveur, sculpteur, architecte, et il a inventé de surcroît un système de fortification qui comprend bon nombre des idées reprises bien plus tard par Montalembert et par l'art moderne de la fortification en Allemagne. Machiavel a été homme d'État, historien, poète, et en même temps le premier écrivain militaire des temps modernes digne d'être cité. Luther a nettoyé non seulement les écuries d'Augias de l'Église, mais aussi celles de la langue allemande; c'est lui qui a créé la prose allemande moderne et composé le texte et la mélodie de cet hymne empli de la certitude de vaincre qui est devenu la *Marseillaise* du XVIe siècle¹³. Les héros de ce temps n'étaient pas encore esclaves de la division du travail, dont nous sentons si souvent chez leurs successeurs quelles limites elle impose, quelle étroitesse elle engendre. Mais ce qui les distingue surtout, c'est que, presque sans exception, ils sont pleinement plongés dans le mouvement de leur temps, dans la lutte pratique; ils prennent parti, ils entrent dans le combat, qui par la parole et l'écrit, qui par l'épée, souvent des deux façons. De là cette plénitude et cette force de caractère qui font d'eux des hommes complets. Les savants de cabinet sont l'exception : soit des gens de second ou de troisième ordre, soit des philistins prudents qui ne veulent pas se brûler les doigts.

En ce temps, l'étude de la nature se faisait, elle aussi, au beau milieu de la révolution générale et elle était elle-même de part en part révolutionnaire : n'avait-elle pas à conquérir son droit à l'existence dans la lutte ? La main dans la main avec les grands Italiens de qui date la philosophie moderne, elle a fourni ses martyrs aux bûchers et aux cachots de l'Inquisition. Et il est caractéristique que les protestants aient surpassé les catholiques dans la persécution de la libre étude de la nature. Calvin a fait brûler Servet au moment où il était sur le point de découvrir la circulation du sang, et cela en le mettant à griller tout vif pendant deux heures; du moins l'Inquisition se contenta-t-elle de brûler simplement Giordano Bruno.

L'acte révolutionnaire par lequel la science de la nature proclama son indépendance en répétant, pour ainsi dire, le geste de Luther lorsqu'il jeta au feu la bulle du pape, fut la publication de l'œuvre immortelle dans laquelle Copernic, - quoique avec timidité, et, pourrait-on dire, seulement sur son lit de mort, - défia l'autorité

¹³ L'hymne : « Ein feste Burg ist unser Gott » (Notre *Dieu est. une sûre forteresse*). (N.R.)

ecclésiastique en ce qui concerne les choses de la nature. De cet acte date l'émancipation de la science de la nature à l'égard de la théologie, bien que la discrimination dans le détail de leurs droits réciproques ait traîné jusqu'à nos jours et que, dans maints esprits, elle soit encore loin d'être acquise. Il n'empêche que le développement des sciences avança dès lors, lui aussi, à pas de géant, gagnant en force, pourrait-on dire, en proportion du carré de la distance décomptée (dans le temps) à partir de l'origine. Il fallait, semble-t-il, démontrer au monde que, désormais, le produit le plus élevé de la matière organique, l'esprit humain, obéissait à une loi du mouvement inverse de celle de la matière inorganique.

Le travail principal de la science de la nature au début de cette première période fut d'acquérir la maîtrise des matériaux qui se trouvaient à portée de main. Dans la plupart des domaines, on partait à zéro. L'antiquité avait légué Euclide et le système solaire de Ptolémée; les Arabes la notation décimale, les rudiments de l'algèbre, les chiffres modernes et l'alchimie; le Moyen Âge chrétien, rien du tout. Dans cette situation, ce fut nécessairement la plus élémentaire des sciences de la nature, la mécanique des corps terrestres et célestes, qui prit la première place et, à côté d'elle, pour la servir, la découverte et le perfectionnement des méthodes mathématiques. Dans ce domaine, on accomplit de grandes choses. Lorsque se termine la période dont Newton et Linné marquent la fin, ces branches de la science sont parvenues à un certain degré d'achèvement. Les méthodes mathématiques les plus essentielles sont fixées dans leurs grandes lignes : la géométrie analytique surtout grâce à Descartes, les logarithmes grâce à Neper, le calcul différentiel et intégral grâce à Leibniz et peut-être à Newton¹⁴. Il en est de même de la mécanique des solides, dont les lois principales étaient élucidées une fois pour toutes. Enfin, dans l'astronomie du système solaire, Kepler avait découvert les lois du mouvement des planètes et Newton en avait *donné la* formule du point de vue des lois générales du mouvement de la matière. Les autres branches de la science de la nature étaient bien loin d'avoir atteint même ce degré provisoire d'achèvement. Ce n'est que vers la fin de cette période que la mécanique des fluides et des gaz fut étudiée plus à fond¹⁵. La physique proprement dite n'avait pas dépassé les premiers éléments, mise à part l'optique, dont les progrès exceptionnels furent provoqués par les besoins pratiques de l'astronomie. La chimie commençait tout juste à s'émanciper de l'alchimie par la théorie du phlogistique¹⁶. La géologie n'avait pas dépassé le stade embryonnaire de la minéralogie ; il ne pouvait donc absolument pas exister encore de paléontologie. Enfin, dans le domaine de la biologie, on en était toujours essentiellement à procéder au rassemblement et au tri de l'énorme documentation, tant botanique et zoologique qu'anatomique et proprement physiologique. Il ne pouvait guère être question encore de comparer les formes de la vie entre elles ou d'étudier leur extension géographique, leurs conditions d'existence climatiques et autres. Seules, ici, la botanique et la zoologie parvenaient à un achèvement approximatif, grâce à Linné.

¹⁴ Newton et Leibniz ont inventé ce calcul indépendamment l'un de l'autre (N.R.)

¹⁵ Engels a noté au crayon dans la marge : « Torricelli en rapport avec la régularisation des torrents des Alpes. » (O.G.I.Z.)

¹⁶ La théorie prédominante en chimie aux XVIIe et XVIIIe siècles estimait l'opération de la combustion conditionnée par la présence dans les corps d'une substance impondérable, le phlogistique. Ce sont les recherches de M. V. Lomonossov (1711-1765) et de Lavoisier (1743-1794) qui ont montré l'inconsistance de la théorie du phlogistique. Engels parle à la page 54 du rôle positif que cette théorie a joué en son temps. (O.G.I.Z., Obs.)

Mais ce qui caractérise surtout cette période, c'est qu'elle voit se former une conception d'ensemble qui lui est propre et dont le point central est l'idée de *l'immuabilité absolue de la nature*. Quelle que fût la façon dont la nature même s'était formée, une fois qu'elle existait elle restait semblable à elle-même tant qu'elle durait. Une fois mis en mouvement par le mystérieux « choc initial », les planètes et leurs satellites continuaient à graviter sur les ellipses prescrites pour toute l'éternité, ou en tout cas jusqu'à la fin de toutes choses. Fixes et immobiles, les étoiles reposaient pour toujours à leur place, s'y maintenant réciproquement par la « gravitation universelle ». La terre était restée immuablement là même, soit de toute éternité, soit, dans l'autre hypothèse, depuis le jour de sa création. Les « cinq parties du monde » actuelles avaient toujours existé; elles avaient toujours eu les mêmes *montagnes*, les mêmes vallées, les mêmes cours d'eau, le même climat, la même flore et la même faune, à moins que la main de l'homme n'y eût causé des changements ou des déplacements. Les espèces végétales et animales étaient fixées une fois pour toutes à leur naissance, le semblable engendrait *constamment* le semblable, et c'était déjà beaucoup que *Linné admît* la possibilité de formation de nouvelles espèces, çà et là, par croisement. A l'opposé de l'histoire de l'humanité qui se déroule dans le temps, on n'accordait à l'histoire de la nature qu'un déploiement dans l'espace. On niait tout changement, tout développement dans la nature. La science de la nature, si révolutionnaire dans ses débuts, se trouvait soudain devant une nature absolument conservatrice, dans laquelle, - jusqu'à la fin du monde ou pour l'éternité, - tout devait rester tel.

Autant, dans la première moitié du XVIIIe siècle, la science de la nature était supérieure à l'antiquité grecque par le volume des connaissances et même par le classement de ses matériaux, autant elle lui était inférieure en ce qui concerne l'emprise de la pensée sur ces matériaux, la conception générale de la nature. Pour les philosophes grecs, le monde était essentiellement quelque chose qui était sorti du chaos, qui s'était développé, qui était le résultat d'un devenir. Pour les savants de la période que nous considérons, il était quelque chose d'ossifié, d'immuable : quelque chose qui, pour la plupart d'entre eux, avait été créé d'un seul coup. La science était encore prise profondément dans la théologie. Partout elle cherche et trouve comme principe dernier une impulsion de l'extérieur, qui n'est pas explicable à partir de la nature elle-même. Même si l'on conçoit l'attraction, pompeusement baptisée par Newton gravitation universelle, comme une propriété essentielle de la matière, d'où vient la force tangentielle inexplicée à laquelle, au début, les planètes doivent leurs orbites ? Comment sont nées les innombrables espèces végétales et animales ? Et à plus forte raison l'homme, dont il était pourtant établi qu'il n'a pas existé de toute éternité ? A ces questions, la science de la nature ne répondait que trop souvent en invoquant la responsabilité du Créateur de toutes choses. Copernic ouvre cette période en adressant à la théologie une lettre de rupture ; Newton la termine avec le postulat du choc initial produit par Dieu. L'idée générale la plus haute à laquelle se soit élevée cette science de la nature est celle de la finalité des dispositions établies dans la nature, c'est la plate téléologie de Wolff, selon laquelle les chats ont été créés pour manger les souris, les souris pour être mangées par les chats, et l'ensemble de la nature pour rendre témoignage de la sagesse du Créateur. C'est un grand honneur pour la philosophie de ce temps qu'elle ne se soit pas laissé induire en erreur par l'état limité des connaissances qu'on avait alors sur la nature et qu'elle ait persisté, - de Spinoza jusqu'aux grands matérialistes français, - à explorer le monde lui-même en laissant à la science de la nature de l'avenir le soin de donner

les justifications de détail.

Si je classe encore les matérialistes du XVIII^e siècle dans cette période, c'est qu'ils n'avaient pas à leur disposition d'autres données scientifiques que celles que j'ai décrites plus haut. L'œuvre décisive de Kant est restée pour eux un mystère et Laplace n'est venu que longtemps après eux. N'oublions pas que cette conception désuète de la nature, bien que les progrès de la science y fissent des accrocs de toute part, a dominé toute la première moitié du XIX^e siècle et que l'essentiel en est enseigné aujourd'hui encore dans toutes les écoles ¹⁷.

La première brèche fut ouverte dans cette conception pétrifiée de la nature non par un savant, mais par un philosophe. En 1755, paraissait *l'Histoire universelle de la nature et la théorie du ciel* de Kant. Il n'était plus question de choc initial ; la terre et tout le système solaire apparaissaient comme le *résultat d'un devenir* dans le temps. Si la grande majorité des savants avaient moins donné dans cette aversion de la pensée qu'exprime l'avertissement de Newton : « Physique, garde-toi de la métaphysique », ils n'auraient pu manquer de tirer de cette découverte géniale de Kant des conclusions qui leur eussent épargné des égarements sans fin, une somme énorme de temps et de peine dissipée en de fausses directions. Car la découverte de Kant était la source de tout progrès ultérieur. Dès lors que la terre était le résultat d'un devenir, son état géologique, géographique et climatique actuel, ses plantes et animaux étaient aussi, nécessairement, le résultat d'un devenir ; elle avait nécessairement une histoire faite non seulement de juxtaposition dans l'espace, mais de succession dans le temps. Si tout de suite l'on avait poussé résolument les recherches dans cette direction, la science, de la nature serait aujourd'hui beaucoup plus avancée qu'elle ne l'est. Mais pouvait-il rien venir de bon de la philosophie ? L'œuvre de Kant resta sans résultat immédiat, jusqu'au jour où, bien des années après, Laplace et Herschel développèrent son contenu et lui donnèrent un fondement plus précis en mettant peu à peu en honneur l'« hypothèse de la nébuleuse ¹⁸ ». D'autres découvertes la firent enfin triompher ; les plus importantes d'entre elles ont été : le mouvement propre des étoiles fixes ; la démonstration de

¹⁷ Le texte classique que voici montre quelle foi inébranlable dans cette conception pouvait encore avoir en 1861 un homme dont les travaux scientifiques ont largement contribué à la faire disparaître. « Toutes les dispositions de notre système solaire ont pour but, dans la mesure où nous sommes en état de les percevoir à jour, la conservation de ce qui existe et sa continuation sans changement. De même que, depuis les temps les plus reculés, aucun animal, aucune plante de la terre ne se sont perfectionnés ou en général n'ont changé, de même que dans tous les organismes nous ne rencontrons qu'une suite de degrés *juxtaposés* et non *successifs*, de même que notre propre espèce est toujours restée physiquement la même, de même la plus grande diversité dans les corps célestes coexistants ne peut pas nous autoriser, elle non plus, à admettre que ces formes sont seulement des stades différents d'une évolution ; au contraire toutes choses créées sont parfaites en soi. » (MAEDLER: *Astronomie populaire*, Berlin, 1861, 5^e édition, p. 316). (*Note d'Engels.*)

Dans la marge, on lit cette note au crayon : « C'est le caractère figé de la vieille conception de la nature qui a permis de dégager les conclusions générales et le bilan de la science de la nature considérée comme un tout unique : les Encyclopédistes français encore purement mécanistes, parallèlement, et ensuite, Saint-Simon en même temps que la philosophie allemande de la nature, perfectionnée par Hegel. » (O.G.I.Z.)

¹⁸ D'après cette hypothèse, le soleil proviendrait de la condensation d'une nébuleuse en rotation sur elle-même. Au cours de cette condensation, des anneaux de vapeur se seraient détachés du soleil et auraient ensuite donné naissance aux planètes. Cette hypothèse connut un grand succès au siècle dernier. Sous la forme que lui donnait Laplace, elle ne semble plus aujourd'hui compatible avec les nouvelles données de la science (cf. par exemple la conférence sur les questions idéologiques de l'astronomie qui a eu lieu à Leningrad en décembre 1948 et dont un compte rendu a été publié dans le no 28 de *La Pensée*). Mais l'importance du rôle joué par le système de Kant-Laplace n'en reste pas moins considérable, en ce qu'il a, pour la première fois, comme l'a si justement souligné Engels, obligé les savants à se poser en termes scientifiques le problème de l'histoire des corps célestes. (N.R.)

l'existence d'un milieu résistant dans l'espace de l'univers ; la preuve, grâce à l'analyse spectrale, de l'identité chimique de la matière dans l'univers et de l'existence de nébuleuses incandescentes telles que Kant les avait supposées ¹⁹.

Mais il n'est pas sûr que la majorité des savants auraient pris aussi rapidement conscience de ce qu'il y a de contradictoire dans le fait qu'une terre qui change doit porter des organismes immuables, si la conception naissante d'une nature qui n'est pas, mais *devient* et périt, n'avait reçu du renfort d'un autre côté. La géologie naquit et révéla non seulement des couches terrestres successives et stratifiées, mais aussi, dans ces couches, les carapaces et les squelettes conservés d'animaux disparus, les troncs, les feuilles et les fruits de plantes qui n'existent plus. On dut se décider à reconnaître que non seulement la terre dans son ensemble, mais aussi sa surface actuelle et les plantes et animaux qui y vivent ont une histoire dans le temps. Au début, on s'y résigna d'assez mauvaise grâce. La théorie de Cuvier sur les révolutions de la terre était révolutionnaire en paroles et réactionnaire en fait. Elle remplaçait la création divine unique par toute une série d'actes de création répétés, en faisant du miracle un agent essentiel de la nature. Il fallut Lyell pour introduire la raison dans la géologie en remplaçant les révolutions soudaines dues aux caprices du Créateur par les effets graduels d'une lente transformation de la terre ²⁰.

La théorie de Lyell était encore plus incompatible que celles qui l'avaient précédée avec l'hypothèse d'espèces organiques constantes: La transformation graduelle de la surface de la terre et de toutes les conditions de vie menait directement à la transformation graduelle des organismes et à leur adaptation au milieu changeant, elle menait à la variabilité des espèces. Mais la tradition n'est pas une force seulement dans l'Église catholique, elle l'est aussi dans la science de la nature. Pendant des années, Lyell lui-même ne vit pas la contradiction, ses disciples encore moins. Fait inexplicable sans la place prédominante prise entre temps, dans la science de la nature, par la division du travail, qui, en limitant plus ou moins chacun à sa propre spécialité, privait la plupart des chercheurs de la faculté de voir les ensembles.

Cependant, la physique avait fait d'énormes progrès, dont les résultats furent récapitulés presque en même temps par trois hommes en 1842, année décisive pour cette branche de l'étude de la science. Mayer à Heilbronn et Joule à Manchester démontrèrent la conversion de la chaleur en force mécanique ²¹ et de la force mécanique en chaleur. L'établissement de l'équivalent mécanique de la chaleur rendit ce résultat incontestable. A la même époque, Grove ²², - qui n'était pas un savant de profession, mais un avocat anglais, - prouvait, en se contentant de mettre

¹⁹ Note d'Engels au crayon dans la marge : « C'est seulement maintenant qu'on comprend la découverte, également par Kant, du freinage de la rotation de la terre par les marées. » (O.G.I.Z.)

²⁰ Le défaut de la conception de Lyell - du moins sous sa première forme - était de concevoir les forces au travail sur la terre comme constantes, tant en qualité qu'en quantité. Pour lui, le refroidissement de la terre n'existe pas; la terre n'évolue pas dans un sens déterminé, elle se transforme seulement d'une manière incohérente et contingente. (Note d'Engels).

²¹ Dans tout ce paragraphe, Engels emploie le mot « Kraft », force. Nous disons maintenant énergie, et c'est aussi le mot qu'Engels a employé dans ses écrits postérieurs, comme on le fait couramment aujourd'hui. Nous conservons la traduction littérale, le lecteur sachant de toute façon à quoi s'en tenir sur le sens du terme. (N.R.)

²² Le livre de Grove, *The Correlation of Physical Forces*, a paru en première édition en 1846. Il repose sur la conférence faite par Grove à l'Institut de Londres en janvier 1842, et qui avait été publiée peu de temps après. (O.G.I.Z., obs.)

en forme les divers résultats déjà acquis en physique, que tout ce qu'on appelait forces physiques, la force mécanique, la chaleur, la lumière, l'électricité, le magnétisme, voire la force dite chimique, se convertissent l'une en l'autre dans des conditions déterminées sans qu'il se produise aucune perte de force; ainsi il démontrait après coup, dans le domaine de la physique, la proposition de Descartes selon laquelle la quantité de mouvement existant dans l'univers est constante. Par là, les forces par, les forces particulières de la physique, qui en étaient pour ainsi dire les « espèces immuables », se résolvaient en formes du mouvement diversement différenciées et passant de l'une en l'autre selon des lois définies. Ce qu'il y avait de contingent dans la présence de telle ou telle quantité de forces physiques était éliminé de la science puisqu'on avait montré leurs liaisons réciproques et les transitions de l'une à l'autre. La physique, comme précédemment l'astronomie, était arrivée à un résultat qui indiquait nécessairement comme conclusion ultime de la science le cycle éternel de la matière en mouvement.

Le développement merveilleusement rapide de la chimie depuis Lavoisier, et surtout depuis Dalton, attaqua encore d'un autre côté les anciennes représentations de la nature. En produisant par voie non organique des combinaisons obtenues jusqu'alors dans le seul organisme vivant, elle démontra que les lois de la chimie étaient aussi valables pour les corps organiques que pour les corps inorganiques et combla en grande partie l'abîme entre la nature inorganique et la nature organique que Kant regardait encore comme à jamais infranchissable.

Enfin, dans le domaine de la recherche biologique elle aussi, les voyages et les expéditions scientifiques systématiquement poursuivis surtout depuis le milieu du siècle dernier, l'exploration plus précise des colonies européennes dans toutes les parties du monde par des spécialistes installés sur place, en outre les progrès de la paléontologie, de l'anatomie et en général de la physiologie, surtout depuis l'utilisation systématique du microscope et la découverte de la cellule, avaient rassemblé tant de matériaux que l'application de la méthode comparative devint à la fois possible et nécessaire. D'une part, grâce à la géographie physique comparée, on établit les conditions de vie des flores et des faunes différentes; d'autre part, on compara les divers organismes entre eux dans leurs organes homologues, et cela non seulement au stade de la maturité, mais à tous les stades de leur développement. Plus cette étude était conduite avec profondeur et précision, plus on voyait crouler à son contact le système rigide d'une nature organique immuablement fixée. Non seulement les diverses espèces animales et végétales se fondaient de plus en plus l'une dans l'autre, mais il apparut des animaux nouveaux, comme l'amphioxus et le lépidosirène, qui défiaient toute classification antérieure²³; on finit par rencontrer des organismes dont il n'était même pas possible de dire s'ils appartenaient au règne végétal ou au règne animal. Les lacunes de la paléontologie se comblaient de plus en plus, en obligeant les plus récalcitrants eux-mêmes à reconnaître le parallélisme frappant qui existe entre l'histoire de l'évolution du monde organique dans son ensemble et celle de l'organisme individuel, fil d'Ariane qui devait conduire hors du labyrinthe où la botanique et la zoologie semblaient s'égarer de plus en plus. Il est caractéristique que, presque au moment où Kant s'attaquait à l'éternité du système solaire, en 1759, C. F. Wolff ait livré le premier assaut à la fixité des espèces et proclamé la théorie de la descendance. Mais ce qui chez lui n'était

²³ Dans la marge, au crayon : « Le tsératodus. De même, l'archéoptéryx, etc... » (O.G.I.Z.)

encore qu'anticipation géniale, prit forme avec Oken, Lamarck, Baer, pour s'imposer victorieusement avec Darwin cent ans plus tard, en 1859. Presque au même moment, on constata que le protoplasme et la cellule, dont on avait déjà démontré antérieurement qu'ils étaient les éléments constitutifs derniers de tous les organismes, se rencontrent en tant que formes organiques élémentaires, vivantes et indépendantes. Et ainsi, d'une part, l'abîme entre la nature organique et la nature inorganique était réduit au minimum, tandis que, d'autre part, un des principaux obstacles qui s'opposaient jusqu'alors à la théorie de la descendance des organismes était éliminé. La nouvelle conception de la nature était achevée dans ses grandes lignes : voilà dissous tout ce qui était rigide volatilisé tout ce qui était fixé, et périssable tout ce qu'on avait tenu pour éternel ; il était démontré que la nature se meut dans un flux et un cycle perpétuels.

Nous voici donc revenus à la façon de voir des grands fondateurs de la philosophie grecque, pour qui l'existence de la nature entière, du plus petit au plus grand, du grain de sable aux soleils, du protiste ²⁴ à l'homme, consiste en une naissance et une mort éternelles, en un flux ininterrompu, en un mouvement et un changement sans répit. Avec toutefois cette différence essentielle que ce ri chez les Grecs était intuition géniale, est pour nous le résultat de recherches strictement scientifiques et expérimentales et, en conséquence, apparaît aussi sous une forme beaucoup plus précise et plus claire. Certes la démonstration empirique de ce cycle n'est pas absolument exempte de lacunes, mais ces lacunes sont insignifiantes au regard de ce qui est déjà solidement acquis, et elles se combrent de plus en plus chaque année. Aussi bien, comment la preuve détaillée pourrait-elle être sans défaut, si l'on songe que les ranches les plus essentielles de la science, - l'astronomie trans-planétaire, la chimie, la géologie, - comptent à peine un siècle. d'existence scientifique, la méthode comparative en physiologie à peine cinquante ans, et que la forme fondamentale de presque tout le développement de la vie, la cellule, est découverte depuis moins de quarante ans ²⁵ !

C'est à partir de masses tourbillonnantes de vapeur incandescente, dont le mouvement livrera peut-être ses lois quand les observations de plusieurs siècles nous auront éclairés sur le mouvement propre des étoiles, que se sont développés, par contraction et refroidissement, les soleils et les systèmes solaires innombrables de notre univers-île ²⁶, que limitent les cercles d'étoiles les plus reculés de la Voie lactée. De toute évidence, cette évolution ne s'est pas produite partout à la même allure. L'existence dans notre système stellaire de corps obscurs, qui, n'étant pas de simples planètes, sont donc des soleils refroidis, s'impose de plus en plus à l'astronomie (Maedler) ; d'autre part (selon Secchi), une partie des taches nébuleuses gazeiformes appartiennent à notre système stellaire en qualité de soleils encore inachevés, ce qui n'exclut pas que d'autres nébuleuses, ainsi que l'affirme Maedler, soient des univers-îles lointains et indépendants, dont le spectroscopie devra établir le degré d'évolution.

²⁴ Protistes : êtres formés par une cellule unique. Exemple : une amibe, un bacille. (N.R.)

²⁵ Ce paragraphe, dans le manuscrit d'Engels, est séparé du précédent et du suivant par des traits horizontaux, et il est barré en travers ainsi qu'Engels avait l'habitude de le faire pour les paragraphes d'un manuscrit qu'il avait utilisés dans d'autres de ses ouvrages. (O.G.I.Z., Obs.)

²⁶ Cette expression se rapporte à l'amas géant d'étoiles dont fait partie le soleil et dont les régions les plus peuplées nous apparaissent sous forme de Voie lactée. (N. R.)

L'évolution d'un système solaire à partir d'une nébuleuse donnée a été démontrée dans le détail par Laplace d'une manière qui n'a pas été dépassée jusqu'ici; la science ultérieure a confirmé de plus en plus sa façon de penser.

Sur chacun des corps ainsi formés, - soleils aussi bien que planètes et satellites, - règne au début cette forme du mouvement de la matière que nous appelons chaleur. Il ne peut être question de combinaisons chimiques des éléments, même à une température comme celle qui est, aujourd'hui encore, celle du soleil; dans quelle mesure la chaleur s'y transforme en électricité ou en magnétisme²⁷, l'observation assidue du soleil le montrera; quant au fait que les mouvements mécaniques qui se produisent à la surface du soleil ont uniquement pour origine le conflit entre la chaleur et la pesanteur, on peut le considérer dès maintenant comme acquis.

Les différents corps se refroidissent d'autant plus vite qu'ils sont plus petits. Satellites, astéroïdes, météores en premier, comme ce fut le cas de notre lune qui est morte depuis longtemps; les planètes plus lentement; le corps central en dernier lieu.

A mesure que le refroidissement s'accroît, le premier plan est de plus en plus occupé par le jeu des formes physiques du mouvement se convertissant l'une en l'autre, jusqu'à ce qu'enfin soit atteint un point à partir duquel l'affinité chimique commence à se faire sentir, les éléments, jusque-là chimiquement indifférents, se différenciant chimiquement l'un après l'autre, acquérant des propriétés chimiques, se combinant entre eux. Ces combinaisons changent continuellement avec l'abaissement de la température, qui influe différemment non seulement sur chaque élément, mais encore sur chaque combinaison particulière d'éléments, avec le passage, - en fonction du refroidissement, - d'une partie de la matière gazeuse à l'état liquide d'abord, à l'état solide ensuite, et avec les nouvelles conditions ainsi créées.

La période où la planète porte à la surface une écorce solide et des accumulations d'eau coïncide avec celle à partir de laquelle sa chaleur propre le cède de plus en plus à la chaleur qui lui est envoyée du corps central. Son atmosphère devient le théâtre de phénomènes météorologiques au sens où nous entendons ce mot aujourd'hui; sa surface, le théâtre de changements géologiques, dans lesquels les sédimentations provoquées par les précipitations atmosphériques l'emportent de plus en plus sur les effets extérieurs, lentement décroissants, du noyau intérieur en ignition.

Si enfin la température s'équilibre au point que, au moins sur une portion considérable de la surface, elle ne transgresse plus les limites à l'intérieur desquelles peut vivre l'albumine²⁸, les conditions chimiques préalables étant par ailleurs favorables, il se forme du protoplasme vivant. Ce que sont ces conditions préalables, nous ne le savons pas encore aujourd'hui; mais cela n'a rien de surprenant,

²⁷ Des champs magnétiques très intenses ont été découverts dans les taches du soleil, et on sait également que la matière projetée dans les protubérances solaires est chargée d'électricité. La plupart des astronomes n'avaient encore aucune idée de ces faits à la date où Engels écrivait ces lignes. (N.R.)

²⁸ Voir page 310. (N.R.)

puisqu'on n'a même pas établi jusqu'ici la formule chimique de l'albumine²⁹, puisque nous ne savons même pas combien il y a de corps albuminoïdes chimiquement différents et qu'on a appris depuis quelque dix ans seulement que l'albumine absolument sans structure exerce toutes les fonctions essentielles de la vie : digestion, élimination, mouvement, contraction, réaction aux excitations, reproduction³⁰.

Il a probablement fallu des millénaires pour que se présentent les conditions qui ont permis le progrès suivant et dans lesquelles cette « albumine informe a pu produire la première cellule en constituant un noyau et une enveloppe. Mais avec cette première cellule, c'était la base de la constitution morphologique du monde organique qui était elle-même donnée. D'abord, ainsi que nous devons l'admettre en raisonnant sur tous les documents paléontologiques, se sont développées d'innombrables espèces de protistes acellulaires et cellulaires, dont le seul *Eozoon Canadense*³¹ est parvenu jusqu'à nous et dont quelques-uns se sont différenciés peu à peu pour former les premières plantes, d'autres pour former les premiers animaux. A partir des premiers animaux se sont développés essentiellement par différenciation continue, les innombrables classes, ordres, familles, genres et espèces d'animaux, pour aboutir à la forme où le système nerveux atteint son développement le plus complet, celle des vertébrés, et à son tour, en fin de compte, au vertébré dans lequel la nature arrive à la conscience d'elle-même : l'homme.

L'homme, lui aussi, naît par différenciation. Cela est vrai non seulement au sens de l'individu, le développement s'opérant à partir de la cellule unique de l'œuf jusqu'à l'organisme le plus complexe que produise la nature, - cela est vrai aussi au sens historique. C'est le jour où, après des millénaires de lutte³², la main fut définitivement différenciée du pied et l'attitude verticale enfin assurée, que l'homme se sépara du singe, et que furent établies les bases du développement du langage articulé et du prodigieux perfectionnement du cerveau, qui a depuis rendu l'écart entre l'homme et le singe infranchissable. La spécialisation de la main, voilà qui signifie *l'outil*, et l'outil signifie l'activité spécifiquement humaine, la réaction modificatrice de l'homme sur la nature, la production. Il est aussi des animaux au sens étroit du mot : la fourmi, l'abeille, le castor, qui ont des outils, mais ce ne sont que des membres de leur corps; il est aussi des animaux qui produisent, mais leur action productrice sur la nature environnante est à peu près nulle au regard de la nature. Seul l'homme est parvenu à imprimer son sceau à la nature, non seulement en déplaçant le monde végétal et animal, mais aussi en transformant l'aspect,- le climat de sa résidence, voire les animaux et les plantes, et cela à un point tel que les conséquences de son activité ne peuvent disparaître qu'avec le dépérissement général de la terre. S'il est parvenu à ce résultat, c'est d'abord et essentiellement grâce à la main. Même la

²⁹ C'est en 1936 que Bergmann a déterminé avec quelque exactitude les formules chimiques d'un certain nombre de protéines. (N.R.)

³⁰ Selon toute vraisemblance, Engels a en vue les dires (non confirmés par la suite) de Haeckel, d'après lesquels les substances vivantes les plus simples étudiées par lui et appelées par lui « monères » se présentent comme des globules d'albumine absolument sans structure et accomplissant néanmoins toutes les fonctions essentielles de la vie. Voir HAECKEL : *Générale Morphologie der Organismen*, vol. I, Berlin, 1866, pp. 133-136. (O.G.I.Z., Observations.)

³¹ *Eozoon canadense*, fossile trouvé au Canada et considéré comme vestige d'organismes primitifs très anciens, En 1878, Miobius a combattu la thèse de l'origine organique de ce fossile. (O.G.I.Z., Observations.)

³² « Des millions d'années » serait plus conforme à nos connaissances préhistoriques actuelles, bien plus avancées qu'au temps d'Engels. (N.R.)

machine à vapeur, qui est jusqu'ici son outil le plus puissant pour transformer la nature, repose en dernière analyse, parce que c'est un outil, sur la main. Mais la tête a accompagné pas à pas l'évolution de la main; d'abord vint la conscience des conditions requises pour chaque résultat pratique utile et plus tard, comme conséquence, chez les peuples les plus favorisés, l'intelligence des lois naturelles qui conditionnent ces résultats utiles. Et avec la connaissance rapidement grandissante des lois de la nature, les moyens de réagir sur la nature ont grandi aussi; la main, à elle seule, n'aurait jamais réalisé la machine à vapeur si, corrélativement, le cerveau de l'homme ne s'était développé avec la main et à côté d'elle, et en partie grâce à elle.

Avec l'homme, nous entrons dans l'histoire. Les animaux aussi ont une histoire, celle de leur descendance et de leur développement progressif jusqu'à leur état actuel. Mais cette histoire, ils ne la font pas, et dans la mesure où ils y participent, c'est sans qu'ils le sachent ni le veuillent. Au rebours, plus les hommes s'éloignent des animaux au sens étroit du mot, plus ils font eux-mêmes, consciemment, leur histoire, plus diminue l'influence d'effets imprévus, de forces incontrôlées sur cette histoire, plus précise devient la correspondance du résultat historique avec le but fixé d'avance. Si cependant nous appliquons ce critérium à l'histoire humaine, même à celle des peuples les plus développés de notre temps, nous trouvons qu'ici encore une disproportion gigantesque subsiste entre les buts fixés d'avance et les résultats obtenus, que les effets inattendus prédominent, que les forces incontrôlées sont beaucoup plus puissantes que celles qui sont mises en oeuvre suivant un plan. Il ne peut en être autrement tant que l'activité historique la plus essentielle des hommes, celle qui les a élevés de l'animalité à l'humanité, celle qui constitue le fondement matériel de tous leurs autres genres d'activité, - la production de ce dont ils ont besoin pour vivre, c'est-à-dire aujourd'hui la production sociale, - reste soumise au jeu des effets non intentionnels de forces non contrôlées et n'atteint que par exception le but voulu, mais aboutit le plus souvent au résultat contraire. Dans les pays industriels les plus avancés, nous avons dompté les forces de la nature et les avons contraintes au service des hommes ; nous avons ainsi multiplié la production à l'infini, si bien qu'actuellement un enfant produit plus qu'autrefois cent adultes. Et quelle en est la conséquence ? Surtravail toujours croissant et misère de plus en plus grande des masses, avec, tous les dix ans, une grande débâcle. Darwin ne savait pas quelle âpre satire de l'humanité, et spécialement de ses concitoyens, il écrivait quand il démontrait que la libre concurrence, la lutte pour la vie, célébrée par les économistes comme la plus haute conquête de l'histoire, est l'état normal du *règne animal*. Seule une organisation consciente de la production sociale, dans laquelle production et répartition sont planifiées, peut élever les hommes au-dessus du monde animal au point de vue social de la même façon que la production elle-même les a élevés en tant qu'espèce. L'évolution historique rend une telle organisation de jour en jour plus indispensable, mais aussi de jour en jour plus réalisable. D'elle datera une nouvelle époque de l'histoire, dans laquelle les hommes eux-mêmes, et avec eux toutes les branches de leur activité, en particulier la science de la nature, connaîtront un progrès qui rejettera dans l'ombre la plus profonde tout ce qui aura précédé.

Cependant « tout ce qui naît mérite de périr ³³ ». Des millions d'années peuvent bien s'écouler, les générations naître et mourir par centaines de milliers, mais

³³ Parole de Méphistophélès dans le Faust de Goethe, 1re partie. Sc. 3. (O.G.I.Z., Obs.)

inexorablement l'heure viendra où la chaleur déclinante du soleil ne suffira plus à fondre la glace descendant des pôles; où les hommes, de plus en plus entassés autour de l'équateur, finiront par n'y plus trouver suffisamment de chaleur pour vivre ; où peu à peu la dernière trace de vie organique disparaîtra et où la terre, globe mort et refroidi comme la lune, tournera dans de profondes ténèbres, en décrivant des orbites de plus en plus étroites autour d'un soleil également mort, jusqu'à ce qu'enfin elle y tombe. D'autres planètes l'auront précédée, d'autres la suivront ; au lieu du système solaire harmonieusement distribué, lumineux et chaud, il n'y aura plus qu'une sphère froide et morte, poursuivant sa route solitaire à travers l'espace. Et, tôt ou tard, le sort de notre système solaire sera suivi par les autres systèmes de notre univers-île, même par ceux dont la lumière n'atteindra jamais la terre du temps qu'il y vivra un oeil humain pour la percevoir.

Dès lors qu'un de ces systèmes solaires a terminé sa carrière et qu'il succombe au destin de toute chose finie, la mort, que se passe-t-il ? Le cadavre du soleil restera-t-il pour l'éternité un cadavre roulant à travers l'espace infini et toutes les forces de la nature, hier si infiniment et diversement différenciées, se résoudre-t-elles en une forme unique du mouvement, l'attraction ? « Ou bien, - ainsi que le demande Secchi (p. 810), - existe-t-il dans la nature des forces qui puissent ramener le système mort à l'état originel de nébuleuse incandescente et l'éveiller à une vie nouvelle ? Nous ne le savons pas ³⁴. »

Certes, nous ne le savons pas au sens où nous savons que $2 \times 2 = 4$, ou que l'attraction de la matière varie comme le carré de la distance. Cependant, dans la science théorique qui organise autant que possible ses conceptions de la nature en un tout harmonieux et sans laquelle, de notre temps, même l'empiriste le plus indigent d'esprit ne saurait progresser, nous avons souvent à compter avec des grandeurs très imparfaitement connues, et la logique de la pensée a dû de tout temps suppléer à l'imperfection des connaissances. La science moderne de la nature a dû emprunter à la philosophie le principe de l'indestructibilité du mouvement; sans lui, elle ne pourrait plus exister. Mais le mouvement de la matière n'est pas seulement le grossier mouvement mécanique, le simple changement de lieu ; c'est la chaleur et la lumière, la tension électrique et magnétique, la combinaison et la dissociation chimiques, la vie et finalement la conscience. Dire que la matière pendant toute son existence illimitée dans le temps ne se trouve qu'une seule fois, et pour un temps infiniment court au regard de son éternité, en mesure de différencier son mouvement et de déployer ainsi l'entière richesse de ce mouvement, dire qu'auparavant et par la suite, elle reste limitée pour l'éternité au seul changement de lieu, - c'est affirmer que la matière est périssable et le mouvement transitoire. L'indestructibilité du mouvement ne peut pas être conçue d'une façon seulement quantitative, elle doit l'être aussi de façon qualitative ; une matière dont le pur changement mécanique de lieu porte certes en elle la possibilité de se convertir, dans des conditions favorables, en chaleur, électricité, action chimique, vie, mais qui n'est pas capable de créer à partir d'elle-même ces conditions, une telle matière a perdu du mouvement; un mouvement qui a perdu la faculté de se métamorphoser dans les diverses formes qui, lui échoient à certes. encore de la dynamique, mais il n'a plus d'énergie ³⁵, et il a donc été en partie détruit. Or l'un et l'autre sont

³⁴ Engels rapporte ici les expressions de l'astronome italien A. Secchi dans son livre: le Soleil, édit. allemande de 1872. (O.G.I.Z., Obs.)

³⁵ C'est-à-dire : puissance et activité. (N.R.)

inconcevables.

Ceci, en tout cas, est certain : il fut un temps où la matière de notre univers-île avait transformé en chaleur une telle quantité de mouvement, -de quelle sorte, nous ne le savons pas jusqu'ici, - qu'à partir de là ont pu se développer les systèmes solaires relevant (d'après Maedler) de vingt millions d'étoiles au moins, systèmes dont le dépérissement graduel est également assuré. Comment cette transformation s'est-elle opérée ? Nous ne le savons pas plus que le père Secchi ne sait si le futur *caput mortuum* de notre système solaire se reconvertira un jour en matière première de systèmes solaires nouveaux. Mais ici, ou bien il nous faut recourir au Créateur, ou bien nous sommes obligés de conclure que la matière première, incandescente des systèmes solaires de notre univers-île a été produite naturellement, par des transformations du mouvement qui sont inhérentes par nature à la matière en mouvement et dont, par conséquent, les conditions doivent être reproduites aussi par la matière, même si ce n'est que dans des millions et des millions d'années et plus ou moins par hasard, mais avec la nécessité qui est aussi inhérente au hasard.

On admet de plus en plus la possibilité d'une telle transformation. On en vient à cette idée que les corps célestes sont destinés, en fin de compte, à tomber l'un sur l'autre et on calcule même la quantité de chaleur qui doit se développer lors de telles collisions. La brusque apparition de nouvelles étoiles, l'augmentation tout aussi brusque de la luminosité d'étoiles familières, phénomène que l'astronomie nous signale, trouvent dans de telles collisions leur explication la plus aisée³⁶. De plus, ce n'est pas seulement notre groupe de planètes qui gravite autour du soleil et notre soleil à l'intérieur de notre univers-île, mais tout notre univers-île se meut dans l'espace en équilibre relatif et temporaire avec les autres univers-îles, car même l'équilibre relatif de corps flottant librement ne peut exister que grâce à un mouvement réciproquement conditionné ; en outre, certains admettent que la température n'est pas partout la même dans l'espace universel; enfin nous savons qu'à l'exception d'une portion infiniment petite la chaleur des innombrables soleils de notre univers-île se perd dans l'espace sans réussir à élever la température de l'espace, ne fût-ce que d'un millionième de degré centigrade. Que devient cette énorme quantité de chaleur ? S'est-elle épuisée à jamais dans la tentative de réchauffer l'espace, a-t-elle pratiquement cessé d'exister ne subsiste-t-elle plus que théoriquement dans le fait que l'espace s'est réchauffé d'une fraction décimale de degré qui commence par dix zéros et plus ? Cette supposition nie l'indestructibilité du mouvement ; elle admet comme possible que, par suite de la chute successive des corps célestes l'un sur l'autre, tout le mouvement mécanique existant se convertisse en chaleur et que celle-ci soit rayonnée dans l'espace universel, ce qui, malgré toute l'« indestructibilité de la force », entraînerait cessation absolue de tout mouvement. (Notons en passant combien est erronée la formule: indestructibilité de la force, au lieu de : indestructibilité du mouvement). Nous arrivons donc à la conclusion que, d'une façon qu'il appartiendra aux savants de l'avenir de mettre en lumière, la chaleur rayonnée dans l'espace doit nécessairement avoir la possibilité de se convertir en une autre forme de mouvement, sous laquelle elle peut derechef se concentrer et redevenir active. Ainsi tombe la difficulté essentielle qui s'opposait à la

³⁶ Aujourd'hui, c'est par des transmutations nucléaires que ces phénomènes sont expliqués et non par des collisions mécaniques. (N.R.)

reconversion de soleils morts en nébuleuse incandescente ³⁷.

Du reste, la succession des mondes éternellement répétée dans le temps infini n'est que le complément logique de la coexistence de mondes innombrables dans l'espace infini, - proposition dont la nécessité s'impose même au cerveau, rebelle à la théorie, du Yankee Draper ³⁸.

C'est dans un cycle éternel que là matière se meut : cycle qui certes n'accomplit sa révolution que dans des durées pour lesquelles notre année terrestre n'est pas une unité de mesure suffisante, cycle dans lequel l'heure du suprême développement, l'heure de la vie organique, et plus encore celle où vivent des êtres ayant conscience d'eux-mêmes et de la nature, est mesurée avec autant de parcimonie que l'espace dans lequel existent la vie et la conscience de soi ; cycle ans lequel tout mode fini d'existence de la matière, - fût-il soleil ou nébuleuse, animal singulier ou genre d'animaux, combinaison ou dissociation chimiques, - est également transitoire, et où il n'est rien d'éternel sinon la matière en éternel changement, en éternel mouvement, et les lois selon lesquelles elle se meut et elle change. Mais, quelle que soit la fréquence et quelle que soit l'inexorable rigueur avec lesquelles ce cycle s'accomplit dans le temps et dans l'espace ; quel que soit le nombre des millions de soleils et de terres qui naissent et périssent ; si longtemps qu'il faille pour que, dans un système solaire, les conditions de la vie organique s'établissent, ne fût-ce que sur une seule planète ; si innombrables les êtres organiques qui doivent d'abord apparaître et périr avant qu'il sorte de leur sein des animaux avec un cerveau capable de penser et qu'ils trouvent pour un court laps de temps des conditions propres à leur vie, pour être ensuite exterminés eux aussi sans merci, - nous avons la certitude que, dans toutes ses transformations, la matière reste éternellement la même, qu'aucun de ses attributs ne peut jamais se perdre et que, par conséquent, si elle doit sur terre exterminer un jour, avec une nécessité d'airain, sa floraison suprême, l'esprit pensant, il faut avec la même nécessité que quelque part ailleurs et à une autre heure elle le reproduise.

³⁷ Engels s'oppose ici radicalement à la thèse de la « mort thermique » de l'univers émise par W. Thomson et par Clausius vers 1850. Par une généralisation de la seconde loi de la thermodynamique, dont l'évolution ultérieure de la physique, - notamment les travaux de Boltzmann sur la théorie cinétique des gaz et les études de Gouy et de Jean Perrin sur le mouvement brownien, - ne devait pas tarder à démontrer le caractère arbitraire et erroné, ces savants, pensant en métaphysiciens et mus par le parti pris créationniste, conclurent à la disparition inéluctable de toute forme de mouvement dans la nature, hormis la chaleur, partout répandue avec une température uniforme. Non seulement Engels démontre que cette conclusion contredit la loi de transformation et de conservation de l'énergie, mais, en postulant la capacité de la matière de recréer par elle-même toutes les formes de mouvement, il ouvre devant la science de grandioses perspectives de recherche. Les découvertes de l'astronome soviétique Ambartsumian, notamment, établissant que des étoiles nouvelles naissent pour ainsi dire à tout instant dans l'Univers, ont confirmé la géniale prévision d'Engels. (N.R.)

³⁸ « La multiplicité des mondes dans l'espace infini conduit à la conception d'une succession de mondes dans le temps infini. » (DRAPER, *Histoire du développement intellectuel de l'Europe*, tome II, p. 16.) (Note d'Engels.)

ANCIENNE PRÉFACE

A [L' « ANTI-] DUHRING » SUR LA DIALECTIQUE ³⁹

Le travail qui suit n'est nullement le fruit de quelque « impulsion intérieure ». Mon ami Liebkecht pourra, au contraire, témoigner de la peine qu'il a eue à m'amener à faire l'examen critique de la dernière théorie socialiste de M. Dühring. Une fois décidé, je n'avais pas d'autre choix que d'étudier cette théorie, qui se présente elle-même comme le dernier fruit pratique d'un système philosophique nouveau, dans l'ensemble de ce système, et, par suite, d'étudier le système lui-même. J'ai donc été obligé de suivre M. Dühring sur ce vaste terrain où il traite de toutes les choses possibles, et de quelques autres encore. Telle est l'origine d'une série d'articles, qui parurent à partir du début de 1877 dans le *Vorwaerts* de Leipzig et que l'on trouvera ici réunis.

Que la critique d'un système si hautement insignifiant malgré toutes les louanges qu'il se décerne ait pris ces dimensions imposées par le sujet, deux circonstances peuvent l'excuser. D'une part, cette critique me donnait l'occasion de présenter, dans des domaines divers, un développement positif de ma conception sur des questions litigieuses qui sont aujourd'hui d'un intérêt scientifique ou pratique général. Et si peu qu'il puisse me venir à l'idée d'opposer au système de M. Dühring un autre système, j'espère que, malgré la diversité de la matière traitée, le lien interne qui rattache entre elles les idées présentées par moi n'échappera pas au lecteur.

D'autre part, M. Dühring « créateur de système » n'est pas un phénomène isolé dans l'Allemagne d'aujourd'hui. Depuis quelque temps, les systèmes de philosophie, surtout les systèmes de philosophie de la nature, poussent en Allemagne par douzaines, en une nuit, comme des champignons, sans parler des innombrables systèmes nouveaux de politique, d'économie, etc. De même que dans l'État moderne, on suppose que chaque citoyen est mûr pour porter un jugement sur toutes les questions sur lesquelles il est appelé à voter; de même qu'en économie, on admet que chaque consommateur est un parfait connaisseur de toutes les marchandises qu'il est amené à acheter pour sa subsistance, - la même hypothèse doit prévaloir maintenant dans la science. N'importe qui peut écrire sur n'importe quoi, et la « liberté de la science » consiste précisément en ceci que l'on écrit sur tout ce que l'on n'a pas appris et que l'on fait passer cela pour la seule méthode rigoureusement scientifique. Quant à M. Dühring, il est un des types les plus représentatifs de cette pseudo-science tapageuse, qui, dans l'Allemagne d'aujourd'hui, se pousse partout au premier plan et couvre tout du fracas de sa... camelote extra. Camelote extra en poésie, en philosophie, en politique, en économie,

³⁹ Ce chapitre se trouve sous ce titre dans le sommaire de la deuxième liasse, où il a été classé par Engels, au moment du groupement en liasses des matériaux de Dialectique de la nature. Le manuscrit du chapitre lui-même porte en titre le seul mot « Préface », et, dans le coin supérieur droit de la première page, on peut lire entre parenthèses l'annotation « Dühring, bouleversement de la science ». Ce chapitre a été écrit en mai ou dans les premiers jours de juin 1878 pour servir de préface à la première édition de l'Anti-Dühring qui devait être publié en volume au cours de l'été 1878 (il avait paru en chapitres à partir de janvier 1877 dans le journal *Vorwaerts*). Cependant, à la dernière minute, Engels décida de remplacer cette longue préface par une plus courte, pour laquelle il utilisa les deux premières pages (et les cinq premières lignes de la troisième page) du manuscrit primitif. Selon ses habitudes, il barra les pages qu'il avait utilisées d'un trait vertical. La nouvelle préface est datée du 11 juin 1878. Le contenu de celle-ci coïncide à peu près, pour l'essentiel, avec les pages barrées de l'« ancienne préface » (sauf le dernier paragraphe qui manque dans l'« ancienne préface »). (O.G.I.Z., Obs.)

en histoire, camelote extra dans la chaire professorale et à la tribune, camelote extra partout, camelote extra qui a des prétentions à la supériorité et à la profondeur de pensée, à la différence de la camelote banale et platement vulgaire d'autres nations, camelote extra qui est le produit le plus caractéristique et le plus massif de l'industrie intellectuelle de l'Allemagne, bon marché, mais de mauvaise qualité, exactement comme d'autres fabrications allemandes à côté desquelles elle n'était malheureusement pas représentée à l'exposition de Philadelphie. Même le socialisme allemand donne à force depuis peu, particulièrement depuis le bon exemple offert par M. Dühring, dans camelote extra ; si le mouvement pratique de la social-démocratie ne s'est pas davantage laissé séduire par cette camelote extra, c'est là une preuve de plus du tempérament remarquablement sain de notre classe ouvrière dans un pays où pourtant, à l'exception de la science de la nature, tout est plutôt malade pour l'instant.

Pour que, dans son discours devant les naturalistes assemblés à Munich ⁴⁰, Nägeli, ait exprimé l'idée que la connaissance humaine ne prendrait jamais le caractère de l'omniscience, il faut manifestement que les performances de M. Dühring lui soient restées inconnues. Ces performances m'ont obligé à les suivre dans toute une série de domaines où je puis, tout au plus, prétendre évoluer en amateur. C'est surtout le cas des différentes branches des sciences de la nature où, dans le passé, on a considéré fréquemment comme plus qu'outrecuidant le « profane » qui voulait placer son mot. Cependant, je me sens encouragé dans une certaine mesure par une parole prononcée également à Munich et commentée plus en détail ailleurs : l'affirmation de M. Virchow ⁴¹ que tout savant, en dehors de sa spécialité propre, n'est, lui aussi, qu'un demi-savant, en style vulgaire, un profane. Puisqu'un spécialiste de ce genre peut et doit se permettre d'empiéter, de temps à autre, sur des domaines voisins et puisque, dans ce cas, les spécialistes intéressés lui pardonnent maladresse d'expression et petites inexactitudes, j'ai pris également la liberté de citer des processus naturels et des lois naturelles à titre d'illustration probante de mes conceptions théoriques générales, et j'espère pouvoir compter sur la même indulgence ⁴². Les résultats de la science moderne de la nature ne s'imposent-ils pas à quiconque s'occupe de choses théoriques avec la même force irrésistible que celle qui pousse les savants d'aujourd'hui, bon gré mal gré, à des conclusions théoriques générales ? Et ici intervient une certaine compensation. Si les théoriciens sont des demi-savants dans le domaine des sciences de la nature, les spécialistes actuels de ces sciences le sont réellement tout autant dans le domaine de la théorie, le domaine de ce qu'on appelait jusqu'ici la philosophie ⁴³.

L'étude empirique de la nature a accumulé une masse si énorme de connaissances positives que la nécessité de les ordonner systématiquement et selon leur

⁴⁰ Septembre 1877. (O.G.I.Z., Obs.)

⁴¹ Virchow : *Die Freiheit der Wissenschaft im modernen Staate*, Berlin, 1877, pp. 13-14. (N.R.)

⁴² Ici se termine la partie du manuscrit barrée par Engels d'un trait de crayon vertical. (O.G.I.Z., Obs.)

⁴³ L'évolution ultérieure de la physique devait corroborer remarquablement ces vues d'Engels sur les rapports entre la science et la philosophie. Les acquisitions nouvelles obtenues entre 1895 et 1905 - électrons, rayons X, radio activité, quanta et relativité - ouvrirent une crise révolutionnaire de l'explication théorique assez profonde pour mettre à nu les fondements philosophiques de la physique traditionnelle. C'est cette crise qu'analyse Lénine dans matérialisme et empiriocriticisme (chap. V). Depuis 1900, les physiciens eux-mêmes ont été contraints de se poser des problèmes qu'auparavant ils croyaient réservés aux philosophes - espace et temps, déterminisme, matière, objet, etc. - et cette tendance s'est accentuée depuis 1927 avec les difficultés théoriques soulevées par la mécanique ondulatoire. (N.R.)

enchaînement interne dans chaque domaine de recherche séparé est devenue absolument impérieuse. On n'est pas Moins impérieusement tenu de ranger les divers domaines de la connaissance dans leur enchaînement correct l'un par rapport à l'autre. Mais la science de la nature, ce faisant, se transporte dans le domaine de la théorie et ici les méthodes empiriques échouent, la pensée théorique peut seule servir⁴⁴. Mais la pensée théorique n'est une qualité innée que par l'aptitude qu'on y a. Cette aptitude doit être développée, cultivée, et, pour cette culture, il n'y a jusqu'ici pas d'autre moyen que l'étude de la philosophie du passé.

La pensée théorique de chaque époque, donc aussi celle de la nôtre, est un produit historique qui prend en des temps différents une forme très différente et par là, un contenu très différent. La science de la pensée est donc, comme toute autre science, une science historique, la science du développement historique de la pensée humaine. Et cela a de l'importance même pour l'application pratique de la pensée à des domaines empiriques. Car, tout d'abord, la théorie des lois de la pensée n'est nullement une « vérité éternelle », arrêtée une fois pour toutes, comme l'entendement du philistin se le représente à propos du mot de « logique ». La logique formelle elle-même est restée le domaine de violents débats depuis Aristote jusqu'aujourd'hui. Quant à la dialectique, elle n'a été étudiée avec quelque précision jusqu'ici que par deux penseurs, Aristote et Hegel. Or c'est la dialectique qui est aujourd'hui la forme de pensée la plus importante pour la science de la nature, puisqu'elle est seule à offrir l'élément d'analogie et, par suite, la méthode d'explication pour les processus évolutifs qu'on rencontre dans la nature, pour les liaisons d'ensemble, pour les passages d'un domaine de recherche à l'autre.

En second lieu, si la connaissance du développement historique de la pensée humaine, avec les conceptions des enchaînements généraux du monde extérieur qui ont paru aux diverses périodes est un besoin pour la science théorique de la nature, c'est encore parce qu'elle fournit un critère pour les théories que cette science a à édifier. Or, le manque de familiarité avec l'histoire de la philosophie se fait sentir ici, assez souvent et de façon assez voyante. Des thèses qui ont été présentées depuis des siècles en philosophie et qui, philosophiquement, sont assez souvent abandonnées depuis longtemps, apparaissent assez fréquemment chez les savants adonnés à la théorie comme une sagesse toute neuve, et on les voit même rester quelque temps à la mode. C'est certaine. ment un grand succès de la théorie mécanique de la chaleur que d'avoir apporté des preuves nouvelles du principe de la conservation de l'énergie et de l'avoir remis au premier plan; mais ce principe aurait-il pu apparaître comme quelque chose d'aussi absolument neuf si messieurs les physiciens s'étaient souvenus qu'il avait déjà été présenté par Descartes ? Depuis que la physique et la chimie recommencent à manier presque exclusivement des molécules et des atomes, la philosophie atomistique de la Grèce antique est nécessairement revenue au premier plan. Mais comme elle est traitée de façon superficielle même par les meilleurs d'entre eux! Ainsi, Kékulé raconte (*Buts et résultats de la chimie*)⁴⁵, qu'elle vient de Démocrite, au lieu de dire : de Leucippe, et il affirme que Dalton aurait le premier admis l'existence d'atomes élémentaires qualitativement différents, et leur aurait le premier attribué des poids différents, caractéristiques pour les divers éléments, alors qu'on peut lire chez Diogène Laërte

⁴⁴ Dans le manuscrit, cette phrase ainsi que la précédente est barrée au crayon, apparemment par quelqu'un d'autre qu'Engels. (O.G.I.Z., Obs.)

⁴⁵ August KEKULÉ : *Die wissenschaftlichen Ziele und Leistungen der Chemie*, Bonn 1878. (N.R.)

(X, I, § 43-44 et 61) ⁴⁶ qu'Épicure attribue déjà aux atomes la diversité non seulement de la grandeur et de la forme, mais aussi celle du *poids*, qu'il connaît donc déjà à sa manière le poids atomique et le volume de l'atome.

L'année 1848 qui, pour le reste, ne vint à bout de rien en Allemagne, y a apporté un renversement total sur le terrain de la seule philosophie. Tandis que la nation se jetait dans la pratique, fondait ici les premiers éléments de la grande industrie et de la spéculation, inaugurait là, grâce aux prêcheurs de mission et aux caricatures du genre Vogt, Büchner, etc., le puissant essor que la science de la nature a pris depuis en Allemagne, elle rompait résolument avec la philosophie classique allemande, perdue ans les sables du vieil hégélianisme berlinois. Les vieux hégéliens de Berlin l'avaient bien mérité. Mais une nation qui veut rester sur les sommets de la science ne peut se tirer d'affaire sans pensée théorique. Avec l'engouement hégélien, on jeta aussi la dialectique par-dessus bord, - juste au moment où le caractère dialectique des phénomènes de la nature s'imposait irrésistiblement, où, par conséquent, seule la dialectique pouvait aider la science de la nature à surmonter l'obstacle de la théorie, - et c'est ainsi qu'on retomba sans recours dans la vieille métaphysique. Dans le public ont dès lors sévi, d'une part, les réflexions superficielles, faites sur mesure pour le philistin, de Schopenhauer et plus tard, même, de Hartmann, d'autre part, le matérialisme vulgaire, à caractère de prêchi-prêcha missionnaire, d'un Vogt et d'un Büchner. Dans les Universités, les genres les plus divers d'éclectisme se faisaient concurrence, en ne s'accordant qu'en ceci : ils étaient tous des rapiécages faits uniquement des chutes de philosophies révolues, et ils étaient tous également métaphysiques. Des restes de la philosophie classique, il ne réchappa qu'un certain néo-kantisme, dont le dernier mot était la chose en soi éternellement inconnaissable, donc la partie de Kant qui méritait le moins d'être conservée. Le résultat final fut l'incohérence et la confusion qui règnent actuellement dans la pensée théorique.

Il est difficile de prendre en main un livre théorique de science de la nature sans avoir l'impression que les savants sentent eux-mêmes à quel point ils sont dominés par cette incohérence et cette confusion, et comment la soi-disant philosophie actuellement en vogue ne leur offre absolument aucune issue. Ici il n'y a désormais pas d'autre issue pas d'autre possibilité de parvenir à la clarté que le retour, sous une forme ou sous une autre, de la pensée métaphysique à la pensée dialectique.

Ce retour peut se faire par des voies diverses. Il peut se faire naturellement, par la simple puissance des découvertes des sciences de la nature elles-mêmes, découvertes qui ne veulent plus se laisser mettre de force dans le lit de Procuste de la vieille métaphysique. Mais c'est là un processus long, pénible, dans lequel il faut venir à bout d'une masse énorme de frottements superflus. Il est déjà en train en grande partie, surtout en biologie. Il peut être très abrégé, si les savants adonnés à la théorie veulent s'intéresser d'un peu près à la philosophie dialectique sous ses formes historiques existantes. Parmi ces formes, il en est deux surtout qui peuvent être particulièrement fécondes pour la science moderne de la nature.

La première est la philosophie grecque. Ici, la pensée dialectique apparaît encore dans sa simplicité naturelle, sans être encore troublée par les charmants obstacles que la métaphysique des XVIIe et XVIIIe siècles, - Bacon et Locke en Angleterre,

⁴⁶ Voir la note sur les atomistes de la Grèce antique (p. 189-191). (O.G.I.Z., Obs.)

Wolff en Allemagne, - s'est élevée elle-même et avec lesquels elle s'est barré le passage de la compréhension du singulier à la compréhension du tout, à l'intelligence de l'enchaînement universel. Chez les Grecs, - précisément parce qu'ils n'étaient pas encore parvenus à la désarticulation, à l'analyse de la nature, - la nature est encore conçue comme un tout, dans son ensemble. L'enchaînement général des phénomènes de la nature n'est pas démontré dans le détail, il est pour les Grecs le résultat de l'intuition immédiate. C'est en cela que réside l'insuffisance de la philosophie grecque, insuffisance qui l'a obligée par la suite à céder la place à d'autres façons de voir. Mais c'est aussi en cela que réside sa supériorité sur tous ses adversaires métaphysiques postérieurs. Si, dans le détail, la métaphysique a eu raison vis-à-vis des Grecs, dans l'ensemble les Grecs ont eu raison vis-à-vis de la métaphysique. C'est la première raison pour laquelle nous sommes obligés, en philosophie comme dans tant d'autres domaines, de revenir sans cesse aux productions de ce petit peuple, auquel sa capacité et son activité universelles ont assuré dans l'histoire de l'évolution de l'humanité une place telle qu'aucun autre peuple ne pourra jamais y prétendre. Mais la seconde raison est que dans les formes multiples de la philosophie grecque se trouvent déjà en germe, en train de naître, presque toutes les conceptions postérieures. La science théorique de la nature est donc, elle aussi, obligée de remonter aux Grecs, si elle veut poursuivre l'histoire de la naissance et du développement de ses principes universels d'aujourd'hui. Et cette idée perce de plus en plus. On trouve de moins en moins de savants qui, en maniant eux-mêmes des restes de la philosophie grecque, par exemple l'atomistique, comme des vérités éternelles, considèrent les Grecs avec un dédain tout baconien parce qu'ils n'avaient pas de science empirique de la nature. Il resterait à souhaiter que cette idée se développât en une information réelle sur la philosophie grecque.

La deuxième forme de la dialectique, celle qui est la plus familière aux savants allemands, est la philosophie classique allemande de Kant à Hegel. Ici, les premiers pas sont déjà faits, puisque, même en dehors du néo-kantisme déjà cité, il revient à la mode de revenir à Kant. Depuis que l'on a découvert que Kant est l'initiateur de deux hypothèses géniales sans lesquelles la science théorique actuelle de la nature ne peut aller de l'avant, - la théorie précédemment attribuée à Laplace sur l'origine du système solaire et la théorie du ralentissement de la rotation de la terre par la marée, - Kant a été, à juste titre, remis en honneur par les savants; Mais ce serait une besogne inutilement pénible et peu profitable que de vouloir étudier la dialectique chez Kant depuis qu'on trouve un vaste *compendium* de la dialectique, quoique développé en partant de prémisses tout à fait fausses, dans les oeuvres de *Hegel*.

La réaction contre la « philosophie de la nature » était justifiée en grande partie par ces prémisses fausses et par l'encrassement sans remède de l'hégélianisme berlinois, mais elle a eu son libre cours et elle a dégénéré en pures injures; d'autre part, la science de la nature s'est vue brillamment planter là dans ses besoins théoriques par la métaphysique éclectique courante. Après cela il sera sans doute possible de prononcer à nouveau le nom de Hegel devant des savants sans provoquer cette danse de Saint-Guy à laquelle M. Dühring se livre de façon si divertissante.

Il faut constater avant tout qu'il ne s'agit nullement ici d'une défense des prémisses de Hegel : à savoir que l'esprit, la pensée, l'idée est l'élément primitif et que le monde

réel n'est que la vile copie de l'idée. Cela avait déjà été abandonné par Feuerbach. Nous sommes tous d'accord sur le fait que dans tout le domaine scientifique, dans la nature comme dans l'histoire, il faut partir des *faits* donnés, donc dans la science de la nature des diverses formes réelles et formes de mouvement de la matière⁴⁷, qu'en conséquence, dans la science théorique de la nature, les enchaînements ne doivent pas être introduits dans les faits par construction, mais découverts en partant d'eux, et que, une fois découverts, ils doivent être attestés par l'expérience, dans la mesure où c'est possible.

Il ne peut non plus être question de maintenir le contenu dogmatique du système de Hegel tel qu'il a été prêché par l'hégélianisme berlinois d'ancienne et de nouvelle obédience. Avec les prémisses idéalistes, s'écroule aussi le système construit sur elles, donc surtout la philosophie de la nature de Hegel. Mais il faut rappeler que la polémique des sciences de la nature contre Hegel, dans la mesure ou en général elle l'a bien compris, s'est bornée à ces deux points : les prémisses idéalistes et la construction du système qui, confrontée aux faits, est arbitraire.

Une fois retiré tout cela, il reste encore la dialectique hégélienne. C'est le mérite de Marx, face à « la tribu des épigones chagrine, prétentieuse et médiocre, qui tient en ce moment en Allemagne le haut du pavé », d'avoir le premier remis en valeur la méthode dialectique oubliée, sa liaison avec la dialectique hégélienne comme sa différence d'avec elle et d'avoir en même temps appliqué cette méthode, dans le *Capital*, aux faits d'une science empirique, l'économie politique. Et avec ce résultat que, même en Allemagne, l'école économique nouvelle ne s'élève au-dessus du libre-échangeisme vulgaire qu'en copiant Marx (souvent d'une façon assez fautive) sous prétexte de le critiquer.

Chez Hegel, il règne dans la dialectique le même renversement de tout enchaînement réel que dans toutes les autres ramifications de son système. Mais, comme dit Marx:

Bien que, grâce à son quiproquo, Hegel défigure la dialectique par le mysticisme, ce n'en est pas moins lui qui en a, le premier, exposé le mouvement d'ensemble. Chez lui, elle marche sur la tête; il suffit de la remettre sur les pieds pour lui trouver la physionomie tout à fait raisonnable⁴⁸.

Même dans la science de la nature, nous rencontrons assez souvent des théories dans lesquelles le rapport réel est mis sur la tête, le reflet pris pour la forme primitive, et qui ont donc besoin d'être retournées de cette façon. Il est assez fréquent que de telles théories règnent quelque temps. Si la chaleur a passé, pendant presque deux siècles, pour une mystérieuse matière particulière, et non pour une forme de mouvement de la matière ordinaire, c'était exactement le cas dont nous parlons, et la théorie mécanique de la chaleur a opéré le retournement⁴⁹. Néanmoins, la physique

⁴⁷ Dans la rédaction primitive du texte, il y avait ici, un point, après lequel commençait cette phrase non terminée, biffée ensuite par Engels : « Nous autres matérialistes socialistes, nous allons même à cet égard considérablement plus loin que les savants, du fait que nous... » (O.G.I.Z.)

⁴⁸ K. MARX : *Le Capital*, livre I, tome I, p. 29. (Postface de la 2e édition allemande.) Éditions sociales, 1948. (N.R.)

⁴⁹ Les deux conceptions antagonistes de la chaleur - substance chimique originale ou mouvement des molécules de la matière ordinaire - coexistèrent déjà durant les XVIIe et XVIIIe siècles, la première plus répandue cependant. Le célèbre *mémoire sur la chaleur* de Lavoisier et Laplace (1780) les tient pour également plausibles

dominée par la théorie de la substance calorique a découvert une série de lois de la chaleur fort importantes et, en particulier avec Fourier⁵⁰ et Sadi Carnot, ouvert la voie à la conception juste qui, de son côté, avait à retourner les lois découvertes par sa devancière, à les traduire dans son propre langage⁵¹. De même, en chimie, c'est la théorie du phlogistique qui, grâce à un siècle de travail expérimental, a fourni d'abord les matériaux à l'aide desquels Lavoisier a pu découvrir dans l'oxygène décrit par Priestley le correspondant dans la réalité du phlogiston imaginaire et rejeter de ce fait toute la théorie du phlogistique. Mais cela n'éliminait pas du tout les résultats expérimentaux de la théorie du phlogistique. Au contraire. Ils ont subsisté ; seule, la façon dont ils étaient formulés a été retournée, traduite de la langue phlogistique dans le langage chimique désormais valable, et ils ont continué à garder leur validité.

La théorie de la substance calorique est à la théorie mécanique de la chaleur, la théorie du phlogistique est à celle de Lavoisier comme la dialectique de Hegel est à la dialectique rationnelle.

et ne décide point entre les deux. Mais les expériences ultérieures sur la chaleur de frottement (forage des canons) et surtout le grand développement de la machine à vapeur mirent les deux conceptions en conflit aigu. La théorie mécanique facilitait la prise de conscience, exigée par le progrès des forces productives, de la transformation, avec équivalence quantitative, de la chaleur en mouvement mécanique et de la transformation inverse; plus progressive et plus vraie, elle triompha donc complètement de la théorie du calorique vers 1850, et c'est ce fait qu'évoque Engels. (N.R.)

⁵⁰ Engels pense ici au mathématicien Jean-Baptiste Fourier auteur du traité *Théorie analytique de la chaleur*, Paris, 1822. (O.G.I.Z., Obs.)

⁵¹ La fonction de Carnot C littéralement renversée [$1 / C$] = la température absolue. Sans ce retournement, rien à en tirer. (*Note d'Engels.*)

Il y a une vieille thèse de la dialectique passée dans la conscience populaire qui dit: les extrêmes se touchent. Il y aura donc peu de chance que nous nous trompions, si nous cherchons le comble de l'esprit chimérique, de la crédulité et de la superstition, non pas dans ce courant des sciences naturelles qui, comme la philosophie de la nature en Allemagne, a cherché à contraindre le monde objectif à entrer dans le cadre de sa pensée subjective, mais bien plutôt dans la direction opposée, dans cette direction qui, se targuant d'utiliser uniquement l'expérience, traite la pensée avec un souverain mépris et, en fait, est allée le plus loin dans la pauvreté de pensée. Cette école est prédominante en Angleterre. Déjà, son ancêtre très glorifié, François Bacon, demande que sa nouvelle méthode empirique et inductive soit appliquée pour réaliser avant tout les fins suivantes: prolonger la vie, rajeunir jusqu'à un certain point, modifier la stature et les traits, métamorphoser des corps en d'autres corps, créer des espèces nouvelles, dominer l'air et provoquer les orages ; il se plaint que les recherches de ce genre aient été abandonnées, et, dans son histoire de la nature, il donne des recettes en bonne et due forme pour fabriquer de l'or et accomplir toutes sortes de miracles. De même, sur ses vieux jours, Isaac Newton s'est beaucoup occupé d'interpréter l'Apocalypse selon Saint-Jean. Quoi d'étonnant, dans ce cas, si, au cours des dernières années, l'empirisme anglais, en la personne de quelques-uns de ses représentants, - et non des moindres, - semble avoir sombré sans recours dans la manie, importée d'Amérique, de faire tourner les tables et d'évoquer les esprits.

Le premier savant que l'on compte parmi ceux-ci est l'éminent zoologiste et botaniste Alfred Russel Wallace, celui-là même qui a établi en même temps que Darwin la théorie de la transformation des espèces par sélection naturelle. Dans son opuscule: *On Miracles and Modern Spiritualism* ⁵³, Burns, Londres, 1875, il raconte que ses premières expériences dans cette branche des sciences naturelles remontent à 1844, date à laquelle il assista aux cours de M. Spencer Hall sur le mesmérisme, ce qui l'amena à faire des expériences semblables sur ses élèves. « J'étais intéressé au plus haut point par ce sujet et je m'y attachai avec passion (*ardour*) » [p. 119]. Non seulement il provoqua le sommeil hypnotique, accompagné des phénomènes de rigidité articulaire et d'insensibilité locale, mais il vérifia l'exactitude des localisations cérébrales de Gall, en provoquant chez le patient en état d'hypnose, par attouchement de l'un quelconque des centres de Gall, l'activité correspondante,

⁵² Ce chapitre porte ce titre sur la première page du manuscrit. Dans le sommaire de la troisième liasse où Engels l'a classé, il est intitulé: « La science de la nature et le monde des esprits. » Selon toute vraisemblance, il a été écrit dans la première moitié ou au milieu de 1878. C'est ce qu'on peut conclure en rapprochant ce qu'Engels dit des « récentes communications » relatives aux « expériences » de Zöllner avec les nœuds dans le fil scellé aux deux bouts sur la table et ce que Zöllner raconte lui-même à ce sujet dans le premier tome de ses « Mémoires scientifiques » publiés dans la deuxième moitié de 1878 (*Wissenschaftliche Abhandlungen, I. Band, Leipzig 1878, p. 726*). Zöllner y raconte que les « expériences mentionnées » plus haut lui furent présentées à Leipzig le 17 décembre 1877 et qu'avant cela il n'avait jamais été témoin de phénomènes de spiritisme. D'où il résulte que le chapitre d'Engels a été écrit après le 17 décembre 1877. D'autre part, il ressort de son contenu qu'il a été écrit avant qu'Engels ait eu connaissance du livre de Zöllner car, dans le cas contraire, Engels n'aurait eu aucune raison d'émettre l'hypothèse que, peut-être, Zöllner n'avait pas participé lui-même aux délires des spirites. Le chapitre d'Engels ne fut pas imprimé de son vivant. Il fut publié en 1898, dans *l'Illustrierter Neuer Welt-Kalender für das Jahr 1898, Hamburg, 1898, pp. 56-59*. (O.G.I.Z., Obs.)

⁵³ Sur les miracles et le spiritualisme moderne. (N.R.)

activité qui se manifestait de la manière prescrite par une vive gesticulation. Il constata en outre qu'il lui suffisait de toucher son patient pour lui faire partager toutes les sensations de l'opérateur ; il l'enivrait avec un verre d'eau, pour peu qu'il lui dise que c'était du cognac. A l'état de veille, il a même pu rendre un garçon à ce point idiot qu'il ne savait plus son propre nom, résultat qu'obtiennent toutefois aussi, sans aucun mesmérisme, d'autres maîtres d'école. Et ainsi de suite.

Or il se trouve que j'ai vu ce M. Spencer Hall, précisément pendant l'hiver 1843-44, à Manchester. C'était un charlatan tout à fait ordinaire qui, sous le patronage de quelques curés, parcourait le pays en procédant sur une jeune fille à des expériences magnétocéphalologiques destinées à prouver l'existence de Dieu, l'immortalité de l'âme et l'inanité du matérialisme, prêché à l'époque dans toutes les grandes villes par les disciples d'Owen. La dame était mise en état de sommeil hypnotique et, dès que l'opérateur touchait un point quelconque de son crâne correspondant à un centre de Gall, elle donnait en spectacle des poses et des gestes théâtraux et démonstratifs qui représentaient la manifestation du centre en question ; quand il palpa le centre de l'amour des enfants (*philoprogetiveness*) p. ex., elle cajolait et embrassait un bébé imaginaire, etc. Cependant, le brave Hall avait enrichi la géographie crânienne de Gall d'une nouvelle île de Barataria⁵⁴ : tout au sommet du crâne, il avait en effet découvert un centre de l'adoration ; lorsqu'on le lui palpa, la demoiselle en état d'hypnose tombait à genoux, joignait les mains et présentait à l'assemblée des philistins ébahis l'image de l'ange dans l'extase de l'adoration. C'était la conclusion et l'apothéose de la représentation. L'existence de Dieu était prouvée.

L'effet sur un ami et moi fut le même que sur M. Wallace : les phénomènes nous intéressèrent et nous cherchâmes jusqu'à quel point nous pouvions les reproduire. Un garçon éveillé de douze ans s'offrit comme sujet. Il suffisait de le regarder un peu fixement ou de lui faire de légères passes pour le mettre sans difficulté en état d'hypnose. Mais comme nous procédions avec un peu moins de crédulité et un peu moins de fougue que M. Wallace, nous sommes arrivés à des résultats tout à fait différents. Outre la rigidité musculaire et l'insensibilité, faciles à provoquer, nous trouvâmes un état de passivité complète de la volonté lié à une excitabilité particulièrement excessive de la sensibilité. Le patient, tiré de sa léthargie par une quelconque excitation de l'extérieur, manifestait bien plus de vivacité encore qu'à l'état de veille. De rapport mystérieux avec l'opérateur, nous ne trouvâmes pas trace ; n'importe qui pouvait tout aussi facilement mettre en mouvement le sujet endormi. Faire agir les centres crâniens de Gall était pour nous l'enfance de l'art ; nous sommes allés bien plus loin encore : nous avons non seulement pu les intervertir et les transférer sur tout le corps, mais nous avons encore fabriqué autant d'autres centres qu'il nous plaisait, centres qui faisaient chanter, siffler, corner, boxer, coudre, réparer les chaussures, fumer le tabac, etc., et nous les transportions où nous voulions. Si Wallace enivrait son patient avec de l'eau, nous avons découvert dans le gros orteil un centre de l'ivresse que nous n'avions qu'à palper pour déclencher la plus belle comédie de l'ébriété. Mais bien entendu : aucun centre ne manifestait l'ombre d'une action tant qu'on n'avait pas donné à comprendre au patient ce qu'on attendait de lui ; le garçon se perfectionna bientôt à tel point par la pratique que la moindre indication suffisait. Les centres ainsi créés conservaient alors une fois pour

⁵⁴ Dans le *Don Quichotte* de Cervantes, l'île de Barataria est une île imaginaire, dont le fidèle écuyer Sancho Pança obtient le gouvernement. (N.R.)

toutes leur efficacité même pour des hypnoses ultérieures, à moins qu'on ne les ait modifiés par le même procédé. Le patient avait précisément une double mémoire, une pour l'état de veille, une seconde, tout à fait distincte, pour l'état d'hypnose. Quant à la passivité de la volonté, à sa subordination absolue à la volonté d'un tiers, elle perd toute apparence de miracle, pour peu que nous n'oublions pas qu'à l'origine de tout cet état il y a la soumission de la volonté du patient à celle de l'opérateur et qu'il ne saurait être provoqué sans elle. L'hypnotiseur ayant la plus grande puissance miraculeuse du monde est au bout de son latin, dès que son patient lui rit au nez.

Tandis que, de cette façon, avec notre scepticisme frivole, nous trouvions pour fondement à la charlatanerie magnéticophrénologique une série de phénomènes qui, dans la plupart des cas, ne diffèrent qu'en degré de ceux de l'état de veille, et n'ont besoin d'aucune interprétation mystique, la passion (ardour) de M. Wallace le conduisit à une série d'illusions grâce auxquelles il vérifia dans tous leurs détails les localisations cérébrales de Gall et constata un rapport mystérieux entre opérateur et patient⁵⁵. Partout, le récit de M. Wallace, récit sincère au point d'en être naïf, laisse percer qu'il s'agit bien moins pour lui d'étudier les dessous effectifs de la charlatanerie que de reproduire à tout prix tous les phénomènes. Il suffit de cette disposition d'esprit pour transformer à bref délai le chercheur du début en adepte, au moyen d'une illusion simple et facile. M. Wallace a fini par croire aux miracles magnéticophrénologiques, et alors il avait déjà un pied dans le monde des esprits.

Il y a mis l'autre en 1865. Au retour de ses douze années de voyage dans la zone tropicale, des expériences de tables tournantes l'introduisirent dans la société de divers « médiums ». Combien ses progrès furent rapides, à quel point il possédait bien son sujet, l'opuscule mentionné plus haut en témoigne. Il exige que nous prenions pour de l'or en barre non seulement les prétendus miracles des Home, des frères Davenport et autres « médiums », s'exhibant plus ou moins à prix d'argent et pour la plupart fréquemment démasqués comme imposteurs, - mais aussi toute une série d'histoires spirites du passé soi-disant authentifiées. Les pythonisses de l'oracle grec, les sorcières du moyen âge étaient des « médiums », et Jamblique, dans le *de divinatione*, décrit déjà très exactement « les phénomènes les plus étonnants du spiritisme moderne » p. 229).

Un exemple seulement pour montrer combien M. Wallace est peu scrupuleux lorsqu'il s'agit de la constatation et de l'authentification scientifique de ces miracles. Il est certainement un peu fort de prétendre nous faire croire que MM. les esprits se laissent photographier, et, à coup sûr, nous avons le droit d'exiger, avant de les tenir pour véridiques, que ces photographies d'esprits soient authentifiées de la façon la plus irrécusable. Or M. Wallace raconte (p. 187) qu'en mars 1872 un maître médium, Mme Guppy, née Nicholls, se fit photographier avec son mari et son petit garçon chez M. Hudson, à Notting Hill⁵⁶, et que, sur deux clichés différents, une haute silhouette de femme, élégamment (finely) drapée de gaze blanche, aux traits un peu orientaux, apparut derrière elle, le geste bénisseur.

⁵⁵ Comme nous l'avons déjà dit, les patients se perfectionnent par la pratique. Il est donc bien possible que, une fois la soumission de la volonté transformée en habitude, le rapport entre participants se fasse plus intime, que des phénomènes isolés s'intensifient et se manifestent, à un faible degré même à l'état de veille. (*Note d'Engels.*)

⁵⁶ Quartier de Londres. (N.R.)

Or ici, de deux choses, l'une sont absolument certaine⁵⁷. Ou bien un être vivant, doué d'intelligence, mais invisible, était présent, ou bien M. et Mme Guppy, le photographe et quelque quarte personne ont monté une infâme (*wicked*) imposture et l'ont toujours soutenue depuis. Mais je connais très bien M. et Mme Guppy et j'ai la *certitude absolue* qu'ils sont aussi incapables d'une imposture de ce genre que n'importe quel chercheur sérieux de la vérité dans le domaine de la science de la nature (p. 188).

Donc, ou bien il y a imposture, ou bien photographie des esprits. D'accord. Et, en cas de supercherie, ou bien l'esprit était déjà à l'avance sur les plaques, ou bien quatre personnes y ont pris part, trois éventuellement, si nous laissons de côté comme hors de cause ou dupé le vieux M. Guppy, qui mourut en janvier 1875 à l'âge de 84 ans (il suffisait de 1 envoyer derrière le paravent du fond). Qu'un photographe ait pu se procurer sans difficulté un « modèle » pour l'esprit, il est inutile d'y insister. Mais, peu après, le photographe Hudson a été accusé publiquement de falsification répétée de photographies d'esprits, de sorte que M. Wallace dit en guise d'apaisement :

Une chose est évidente : au cas où il y a eu supercherie elle a été immédiatement découverte par des spirites eux-mêmes (p. 189).

On ne peut donc guère se fier au photographe non plus. Reste Mme Guppy, et seule la « conviction absolue » de l'ami Wallace parle en sa faveur, et rien d'autre. - Rien d'autre ? Mais si. En faveur de la confiance absolue qu'on peut mettre en Mme Guppy, il y a sa propre affirmation : un soir, vers le début de juin 1871, elle a été transportée à travers les airs, en état d'inconscience, de sa propre maison à Highbury Hill Park jusqu'au 69 de la Lambs Conduit Street - trois milles anglais en ligne droite - et déposée sur la table dans la dite maison du numéro 69 au milieu d'une séance de spiritisme. Les portes de la pièce étaient fermées à clef, et, bien que Mme Guppy fût une des dames les plus corpulentes de Londres, et ce n'est pas peu dire, sa brusque intrusion n'a cependant pas laissé le moindre trou ni dans les portes, ni dans le plafond (raconté dans *l'Écho de Londres*, 8 juin 1871). Et tant pis pour celui qui maintenant ne croit pas à l'authenticité des photographies.

Le second adepte notable parmi les savants anglais est Sir William Crookes, qui a découvert un corps chimique, le thallium, et inventé le radiomètre (appelé aussi « moulin à lumière » en Allemagne)⁵⁸. M. Crookes commença, vers 1871, à étudier les manifestations spirites, et il utilisa à cette fin toute une série d'appareils physiques et mécaniques, des balances à ressort, des batteries électriques, etc. Y a-t-il apporté l'appareil essentiel, une tête critique et sceptique, ou l'a-t-il gardée jusqu'à la fin en état de travailler, c'est ce que nous allons voir. En tout cas il n'a pas fallu très longtemps pour que M. Crookes soit tout aussi complètement subjugué que M. Wallace.

⁵⁷ Here then, one of two things are absolutely certain. Le monde des esprits est au dessus de la grammaire. Un plaisantin fit évoquer une fois l'esprit du grammairien Lindley Murray. A la question : « Es-tu là » ? il répondit : *I are* (dialecte américain au lieu de I am). Le médium était américain. (*Notes d'Engels.*)

⁵⁸ Le radiomètre a été inventé par Crookes en 1874. Le mot allemand *Lichtmühle* montre qu'il s'agit d'un moulinet qui tourne sous l'action des rayons lumineux et calorifiques. Le thallium a été découvert en 1861. (O.G.I.Z., Obs.)

Depuis quelques années, - raconte ce dernier, - une jeune dame, Miss Florence Cook, a fait preuve de remarquables qualités de médium; et, ces temps derniers, celles-ci ont atteint leur point culminant, allant jusqu'à engendrer une figure féminine intégrale qui prétendait venir du monde des esprits et apparaissait pieds nus et en vêtements blancs flottants, tandis que le médium, habillé de sombre, était étendu, ligoté et plongé dans un sommeil profond, dans une pièce (*cabinet*) tendue de rideaux ou dans une pièce voisine (*loc. cit.* p. 181).

Un soir, cet esprit, qui se donnait le nom de Katey et ressemblait étonnamment à Mlle Cook, fut brusquement saisi par la taille et solidement tenu par M. Volckmann, - l'actuel époux de Mme Guppy, - pour voir s'il n'était pas précisément Mlle Cook en édition numéro Jeux. L'esprit se révéla être une jeune fille tout à fait à poigne ; il se défendit vigoureusement, les spectateurs s'en mêlèrent, on éteignit le gaz et lorsque après un peu de bagarre le calme fut revenu et la pièce éclairée à nouveau, l'esprit avait disparu, et Mlle Cook était couchée, attachée et sans connaissance, dans son coin. Mais on dit que M. Volckmann prétend aujourd'hui encore que c'est bien Mlle Cook qu'il a empoignée et personne d'autre. Pour constater cela scientifiquement, un électricien célèbre, M. Varley, fit passer, lors d'un nouvel essai, le courant d'une batterie à travers le médium, Mlle Cook, de façon telle qu'elle n'aurait pu jouer l'esprit sans couper le courant. L'esprit apparut cependant. C'était donc en fait un être différent de Mlle Cook. La suite des constatations fut l'affaire de M. Crookes. Sa première démarche fut de gagner la *confiance* de la dame fantôme. Cette confiance - , dit-il lui-même dans le *Spiritualist* du 5 juin 1874, -

grandit peu à peu au point qu'elle refusait de donner une séance, à moins que *je n'en dirige les arrangements*. Elle disait qu'elle souhaitait *me voir toujours à côté d'elle ou à proximité du cabinet*; je trouvais, - une fois cette confiance établie et qu'elle était sûre que *je ne romprais pas une promesse que je lui avais faite*, - que les apparitions augmentaient considérablement d'intensité et que des preuves étaient volontairement offertes qu'il n'eût pas été possible d'obtenir par une autre voie. Elle *me consultait* fréquemment sur les personnes présentes aux séances et sur les places à leur attribuer, car ces derniers temps elle était devenue très inquiète (*nervous*) à la suite de certaines suggestions déraisonnables, selon lesquelles, à côté d'autres méthodes d'investigation plus scientifiques, on devait aussi employer la *force* ⁵⁹.

La demoiselle fantôme récompensa pleinement cette confiance, aussi aimable que scientifique. Elle apparut, - ce qui ne saurait plus maintenant nous étonner, - jusque dans la maison de M. Crookes, joua avec ses enfants leur raconta des « anecdotes sur ses aventures aux Indes », confia aussi à M. Crookes « quelques-unes des expériences amères de sa vie passée ⁶⁰ », se laissa prendre dans ses bras pour le convaincre de sa matérialité bien palpable, lui fit constater le nombre de ses pulsations et de ses respirations par minute et, en fin de compte, se laissa aussi photographier aux côtés de M. Crookes.

⁵⁹ Tous les passages soulignés le sont par Engels. Ces citations sont tirées de l'article de Crookes publié par l'hebdomadaire londonien *The Spiritualist*, et intitulé « La dernière apparition de Katey King ». p. 270. (O.G.I.Z., Obs.)

⁶⁰ Même article, même page. (O.G.I.Z., Obs.)

Cette figure - dit M. Wallace - après qu'on l'eut vue, touchée, photographiée, et qu'on se fut entretenu avec elle, *disparaissait absolument* d'une petite pièce, d'où il n'y avait pas d'autre issue qu'à travers une pièce attenante, remplie de spectateurs (loc. cit. p. 183), - ce qui n'est pas un tel tour de force, en admettant que les spectateurs aient été assez polis pour ne pas témoigner à M. Crookes, dans la maison duquel ces choses se passaient, moins de confiance qu'il n'en témoignait lui-même à l'esprit.

Malheureusement, ces « phénomènes absolument attestés » ne sont nullement d'emblée vraisemblables, même pour des spirites. Nous avons vu plus haut comment le très spirite M. Volckmann s'est permis une intervention très matérielle. Et voici qu'un ecclésiastique, membre du comité de Y « Association nationale britannique des spirites », a assisté également à une séance de Miss Cook, et il a constaté sans difficulté que la pièce par laquelle l'esprit venait et disparaissait, communiquait avec le monde extérieur par une *deuxième* porte. La conduite de M. Crookes, également présent, « porta le coup fatal à ma croyance qu'il puisse y avoir quelque chose de sérieux dans ces manifestations ». (*Mystic London*, par le Rév. C. Maurice Davies. Londres, Tinsley Brothers [p. 319].) Et, au surplus, on nous a révélé en Amérique la façon dont on « matérialise » les « Katey ». Un ménage Holmes donnait à Philadelphie des représentations au cours desquelles apparaissait également une « Katey », à qui les naïfs faisaient de riches présents. Cependant un sceptique n'eut de cesse qu'il n'eût retrouvé la trace de ladite Katey, laquelle, d'ailleurs, avait une fois déjà fait grève pour défaut de paiement : il la découvrit dans une pension de famille (*boarding house*) sous la forme d'une jeune dame incontestablement en chair et en os et qui était en possession de tous les cadeaux faits à l'esprit.

Cependant il fallait que le continent, lui aussi, eût ses visionnaires venus de la science. Un corps scientifique de Saint-Pétersbourg, - je ne sais pas exactement si c'est l'Université ou même l'Académie, - a délégué MM. le conseiller d'État Aksakov et le chimiste Butlerov pour étudier les phénomènes du spiritisme ; mais il ne semble pu en être sorti grand'chose⁶¹. Par contre, - s'il faut accorder quelque crédit aux bruyantes proclamations des spirites, - l'Allemagne a maintenant fourni son visionnaire en la personne du professeur Zöllner à Leipzig.

On sait que, depuis des années, M. Zöllner a fort travaillé dans la « quatrième dimension » de l'espace; il a découvert que beaucoup de choses, qui sont impossibles dans un espace à trois dimensions, vont tout à fait de soi dans un espace à quatre dimensions. C'est ainsi que, dans ce dernier, on peut retourner comme un gant une sphère métallique sans y faire de trou, de même qu'on peut faire un nœud dans un fil sans fin ou fixé aux deux extrémités, ou bien encore entrelacer deux anneaux séparés et fermés sans ouvrir l'un d'eux et autres tours de force du même genre. Selon de récents bulletins de victoire venus du monde des esprits, M. Zöllner se serait adressé à un ou plusieurs médiums pour déterminer d'une façon

⁶¹ Il s'agit de la « Commission pour l'étude des phénomènes de médium » constituée par la Société de physique de l'Université de Saint-Pétersbourg le 6 mai 1875 et qui a terminé ses travaux le 21 mars 1876. Cette commission s'adressa à des personnes qui diffusaient le spiritisme en Russie. Aksakov, Butlerov et Wagner, en se proposant de fournir des informations sur des phénomènes « authentiques » de spiritisme... Elle arriva à cette conclusion que « les phénomènes spirites ont pour origine des mouvements inconscients ou une supercherie consciente et que la doctrine spiritiste est superstition ». Elle publia les résultats de ses travaux dans le journal la Voix du 25 mars 1876. (O.G.I.Z., Obs.)

plus précise, avec leur aide, le lieu de résidence de la quatrième dimension. Le succès aurait été surprenant. Le dossier de chaise, sur lequel il avait appuyé son bras, tandis que sa main ne quittait pas la table, aurait été entrelacé avec son bras après la séance, un fil scellé aux deux bouts à la table aurait eu quatre nœuds, etc. Bref, tous les miracles de la quatrième dimension auraient été accomplis en se jouant par des esprits. Notez bien que *relata refero*⁶², je ne me porte pas garant de l'exactitude des bulletins des esprits et, s'ils contenaient des choses inexacts, M. Zöllner devrait m'être obligé de lui donner l'occasion de les corriger. Mais au cas où ils rendraient fidèlement les expériences de M. Zöllner, ils marquent manifestement une ère nouvelle dans la science du spiritisme comme dans celle des mathématiques. Les esprits prouvent l'existence de la quatrième dimension, de même que la quatrième dimension garantit l'existence des esprits. Et, une fois ce point établi, on voit s'ouvrir devant la science un champ tout neuf et incommensurable. Toutes les mathématiques et la science de la nature jusqu'à nos jours ne deviennent qu'une école préparatoire pour les mathématiques de la quatrième dimension et des suivantes, ainsi que pour la mécanique, la physique, la chimie et la physiologie des esprits qui se tiennent dans ces dimensions supérieures. M. Crookes n'a-t-il pas constaté scientifiquement quelle perte de poids les tables et autres meubles subissent lors de leur passage – nous pouvons bien le dire maintenant - dans la quatrième dimension et M. Wallace ne proclame-t-il pas comme acquis que le feu n'y blesse pas le corps humain ? Et voici maintenant la physiologie de ces corps de fantômes ! Ils respirent, ils ont un pouls, donc des poumons, un cœur et un appareil circulatoire et, par suite, ils sont sûrement pour le moins aussi bien pourvus que vous et moi quant aux autres organes du corps. Car pour respirer, il faut des hydrates de carbone qui sont brûlés dans les poumons, et ceux-ci ne peuvent venir que de l'extérieur : il faut donc un estomac, des intestins et leurs accessoires... et une fois que nous avons constaté tout cela, le reste suit sans difficulté. Mais l'existence de tels organes implique qu'ils peuvent tomber malades, et, de ce fait, il pourrait encore arriver à M. Virchow qu'il soit dans l'obligation d'écrire une pathologie cellulaire du monde des esprits. Et comme la plupart de ces esprits sont de jeunes dames d'une merveilleuse beauté qui ne se distinguent en rien, mais en rien du tout des demoiselles de la terre, sinon par leur beauté surnaturelle, comment pourraient-elles manquer longtemps d'apparaître « à des hommes qui ressentent de l'amour »⁶³; et si, d'après ce qu'a constaté M. Crookes par les pulsations, « le cœur féminin ne manque pas non plus », c'est également une quatrième dimension qui s'ouvre devant la sélection naturelle, dimension où elle n'aura pas à craindre d'être confondue avec la méchante social-démocratie⁶⁴.

Il suffit. On voit apparaître ici manifestement quel est le plus sûr chemin de la science de la nature au mysticisme. Ce n'est pas l'impétueux foisonnement théorique de la philosophie de la nature, mais l'empirisme le plus plat, dédaignant toute théorie, se méfiant de toute pensée. Ce n'est pas la nécessité a priori qui démontre l'existence des esprits, mais l'observation expérimentale de MM. Wallace, Crookes et Cie. Si

⁶² Je rapporte ce qui a été dit. (N.R.)

⁶³ Mozart: la *Flûte enchantée*, acte 1, scène XVIII. (N.R.)

⁶⁴ *Engels* fait allusion ici aux attaques réactionnaires contre le darwinisme qui connurent en Allemagne une extraordinaire extension après la Commune de Paris de 1871. Même un grand maître comme Virchow, précédemment partisan de cette théorie, émit en 1877 la proposition d'interdire l'enseignement du darwinisme, en soutenant que celui-ci était étroitement lié au mouvement socialiste, et qu'en conséquence il était un danger pour l'ordre social établi. (O.G.I.Z., Obs.)

nous avons foi dans les observations d'analyse spectrale de Crookes qui ont amené la découverte du thallium ou dans les riches découvertes zoologiques de Wallace dans l'archipel malais, on exige de nous que nous croyions de même aux expériences et découvertes spirites de ces deux savants. Et si nous déclarons qu'il y a tout de même là une petite différence, à savoir que nous pouvons vérifier les unes et non pas les autres, les voyants spirites nous rétorquent que ce n'est pas le cas et qu'ils sont prêts à nous donner l'occasion de vérifier aussi les Phénomènes de spiritisme.

En fait, on ne méprise pas impunément la dialectique. Quel que soit le dédain qu'on nourrisse pour toute pensée théorique, on ne peut tout de même pas mettre en liaison deux faits de la nature ou comprendre le rapport existant entre eux sans pensée théorique. Mais alors, la question est seulement de savoir si, dans ce cas, on pense juste ou non, et le mépris de la théorie est évidemment le plus sûr moyen de penser de façon naturaliste, c'est-à-dire de penser faux. Or, selon une vieille loi bien connue de la dialectique, la pensée fautive, poussée jusqu'à sa conclusion logique, aboutit régulièrement au contraire de son point de départ. Et voilà comment se paie le mépris empirique de la dialectique : il conduit quelques-uns des empiristes les plus terre à terre à la plus saugrenue de toutes les superstitions, au spiritisme moderne.

Il en va de même des mathématiques. Les mathématiciens communs du genre métaphysique sont très fiers du fait que leur science obtient des résultats absolument irréfutables. Or, parmi ces résultats, il y a aussi les grandeurs imaginaires, qui prennent de ce fait une certaine réalité. Mais une fois qu'on a pris l'habitude d'attribuer à $\sqrt{-1}$ ou à la quatrième dimension quelque réalité en dehors de notre tête, peu importe de faire un pas de plus et d'accepter aussi le monde spirite des médiums. Il en va comme Ketteler disait de Döllinger :

Cet homme a défendu tant d'absurdités dans sa vie qu'en vérité il pouvait bien encore accepter l'infaillibilité par-dessus le marché ⁶⁵ !

En fait, l'empirisme pur n'est pas capable d'en finir avec le spiritisme. Premièrement, les phénomènes « supérieurs » ne sont jamais montrés que lorsque le « savant » intéressé est déjà subjugué au point de ne plus voir que ce qu'on veut lui faire voir ou ce qu'il veut voir, - ainsi que Crookes le décrit lui-même avec une inimitable naïveté. Mais, deuxièmement, il est indifférent aux spirites que des centaines de soi-disant faits soient dévoilés comme des escroqueries et des douzaines de soi-disant médiums convaincus d'être de vulgaires escamoteurs. Tant que *chaque* prétendu miracle en particulier n'est pas balayé par l'explication, il leur reste suffisamment de terrain; et Wallace lui-même le dit nettement à l'occasion des photographies d'esprits truquées : l'existence des truquages prouve l'authenticité des photographies vraies.

Et alors l'empirisme se voit contraint d'opposer à l'importunité des voyants, non pas des expériences empiriques, mais des considérations théoriques, et de dire avec Huxley :

⁶⁵ En 1870 fut proclamé à Rome le dogme de l'infaillibilité du pape. Le théologien catholique allemand Döllinger refusa de le reconnaître. L'évêque de Mayence, Ketteler "était aussi au début hostile à la proclamation du nouveau dogme, mais il s'y soumit très vite et en devint un défenseur zélé. (O.G.I.Z., Obs.)

A mon avis, le seul bien qui pourrait sortir de la démonstration de la vérité du spiritisme, ce serait de fournir un nouvel argument contre le suicide. Plutôt balayer les rues sa vie durant que de raconter, une *fois* mort, des âneries par la bouche d'un médium *qui* se loue à une guinée la séance ⁶⁶ !

⁶⁶ Ces paroles sont tirées de la lettre du biologiste Thomas Huxley à la « Dialectical Society » de Londres, qui l'avait invité à participer au travail du comité pour l'étude des phénomènes spirites. Huxley déclina cette invitation en faisant une série de remarques ironiques sur le spiritisme. Sa lettre, datée du 29 janvier 1869, fut imprimée dans le *Daily News* du 17 octobre 1871. Elle est citée également à la page 389 du livre de Davies mentionné plus haut: *Mystic London* (1875). (O.G.I.Z., Obs.)

(Développer le caractère général de la dialectique en tant que science des connexions, en opposition à la métaphysique.)

C'est donc de l'histoire de la nature et de celle de la société humaine que sont abstraites les lois de la dialectique. Elles ne sont précisément rien d'autre que les lois les plus générales de ces deux phases du développement historique ainsi que de la pensée elle-même. Elles se réduisent pour l'essentiel aux trois lois suivantes:

- la loi du passage de la quantité à la qualité et inversement;
- la loi de l'interpénétration des contraires;
- la loi de la négation de la négation.

Toutes trois sont développées à sa manière idéaliste par Hegel comme de pures lois de *la pensée* : la première dans la première partie de la *Logique*, dans la doctrine de l'Être ; la seconde emplit toute la deuxième partie, de beaucoup la plus importante, de sa *Logique*, la doctrine de l'Essence ; la troisième enfin figure comme loi fondamentale pour l'édification du système tout entier. La faute consiste en ce que ces lois sont imposées d'en haut à la nature et à l'histoire comme des lois de la pensée au lieu d'en être déduites. Il en résulte toute cette construction forcée, à faire souvent dresser les cheveux sur la tête : qu'il le veuille ou non, le monde doit se conformer à un système logique, qui n'est lui-même que le produit d'un certain stade de développement de la pensée humaine. Si nous inversons la chose, tout prend un aspect très simple, et les lois dialectiques, qui dans la philosophie idéaliste paraissent extrêmement mystérieuses, deviennent aussitôt simples et claires comme le jour.

D'ailleurs quiconque connaît tant soit peu son Hegel sait bien que celui-ci, dans des centaines de passages, s'entend à tirer de la nature et de l'histoire les exemples les plus péremptores à l'appui des lois dialectiques.

Nous n'avons pas ici à rédiger un manuel de dialectique, mais seulement à montrer que les lois dialectiques sont de véritables lois de développement de la nature, c'est-à-dire valables aussi pour la science théorique de la nature. Aussi ne pouvons-nous entrer dans l'examen détaillé de la connexion interne de ces lois entre elles.

1. Loi du passage de la quantité à la qualité et inversement. Nous pouvons, pour notre dessein, exprimer cette loi en disant que dans la nature, d'une façon nettement

⁶⁷ Tel est le titre initial de cet article, ainsi qu'il figure à la première page du manuscrit. A la cinquième et à la neuvième page du manuscrit (c'est-à-dire au début du deuxième et du troisième feuillet), on lit en haut dans la marge : « Lois dialectiques. »

Dans les éditions précédentes de *Dialectique de la nature* on donnait cet article sous le titre : « Caractère général de la dialectique en tant que science » (formule qui représente les cinq premiers mots du texte allemand de la phrase entre parenthèses constituant le début de l'article). Il est resté inachevé. Il a été vraisemblablement rédigé en 1879 (On y cite le deuxième tome de la Chimie de Roscoe-Schorlemmer, qui a paru en 1879, mais il n'y est pas question de la découverte du scandium dont Engels aurait sûrement fait mention en rapport avec la découverte du gallium, s'il avait écrit cet article après 1879, année de la découverte du scandium). (O.G.I.Z., Obs.)

déterminée pour chaque cas singulier, les changements qualitatifs ne peuvent avoir lieu que par addition ou retrait quantitatifs de matière ou de mouvement (comme on dit, d'énergie).

Toutes les différences qualitatives dans la nature reposent soit sur une composition chimique différente, soit sur des quantités ou des formes différentes de mouvement (d'énergie), soit, ce qui est presque toujours le cas, sur les deux à la fois. Il est donc impossible de changer la qualité d'aucun corps sans addition ou retrait de matière ou de mouvement, c'est-à-dire sans modification quantitative du corps en question. Sous cette forme, la mystérieuse proposition de Hegel n'apparaît donc pas seulement tout à fait rationnelle, mais même assez évidente.

Il est sans doute à peine nécessaire d'indiquer que même les différents états allotropiques et d'agrégation des corps reposent, parce qu'ils dépendent d'un groupement moléculaire différent, sur une quantité plus ou moins grande du mouvement communiqué à ces corps.

Mais que dire du changement de forme du mouvement ou, comme on dit, de l'énergie ? Lorsque nous transformons de la chaleur en mouvement mécanique ou inversement, la qualité est pourtant modifiée et la quantité reste la même ? Tout à fait exact. Mais il en est du changement de forme du mouvement comme du vice de Heine: chacun pour soi peut être vertueux, mais pour le vice il faut toujours être deux⁶⁸. Le changement de forme du mouvement est toujours un processus qui s'effectue entre deux corps au moins, dont l'un perd une quantité déterminée de mouvement de la première qualité (par exemple de chaleur), tandis que l'autre reçoit une quantité correspondante de mouvement de l'autre qualité (mouvement mécanique, électricité, décomposition chimique). Quantité et qualité se correspondent donc ici de part et d'autre et réciproquement. Jusqu'ici on n'a pas réussi à l'intérieur d'un corps singulier isolé à convertir du mouvement d'une forme dans l'autre.

Il n'est question ici pour l'instant que de corps inanimés; la même loi est valable pour les corps vivants, mais elle procède en eux dans des conditions très complexes, et aujourd'hui encore la mesure quantitative nous est souvent impossible.

Si nous nous représentons un corps inanimé quelconque divisé en particules de plus en plus petites, il ne se produit tout d'abord aucun changement qualitatif. Mais il y a une limite : si, comme dans l'évaporation, nous parvenons à libérer les molécules isolées, nous pouvons certes, dans la plupart des cas, continuer encore à diviser celles-ci, mais seulement au prix d'un changement total de la qualité. La molécule se décompose en ses atomes, qui ont isolément des propriétés tout à fait différentes de celles de la molécule. Dans le cas des molécules qui se composent d'éléments chimiques différents, la molécule composée est remplacée par des molécules ou des atomes de ces corps simples eux-mêmes; dans le cas des molécules des éléments apparaissent les atomes libres, qui ont des effets qualitatifs tout à fait différents: les atomes libres de l'oxygène à l'état naissant produisent en se jouant ce que les atomes de l'oxygène atmosphérique liés dans la molécule ne réalisent jamais.

⁶⁸ Engels a en vue la préface de Heine à la troisième partie du « Salon », écrite en 1837 et intitulée « Le Délateur ». (O.G.I.Z., Obs.).

Mais la molécule elle-même est déjà qualitativement différente de la masse du corps physique dont elle fait partie. Elle peut accomplir des mouvements indépendamment de cette masse et tandis qu'en apparence celle-ci reste en repos, par exemple des vibrations caloriques; elle peut, grâce à un changement de position ou de liaison avec les molécules voisines, faire passer le corps à un état d'allotropie ou d'agrégation différent, etc.

Nous voyons donc que l'opération purement quantitative de la division a une limite, où elle se convertit en une différence qualitative : la masse ne se compose que de molécules, mais elle est quelque chose d'essentiellement différent de la molécule, comme celle-ci l'est à son tour de l'atome. C'est sur cette différence que repose la séparation de la mécanique, science des masses célestes et terrestres, de la physique, mécanique des molécules, et de la chimie, physique des atomes.

Dans la mécanique, on ne rencontre pas de qualités ; tout au plus des états comme l'équilibre, le mouvement, l'énergie potentielle, qui tous reposent sur la transmission mesurable du mouvement et qui peuvent eux-mêmes s'exprimer quantitativement. Donc, dans la mesure où un changement qualitatif se produit, il est déterminé par un changement quantitatif correspondant.

En physique les corps sont traités comme chimiquement invariables ou indifférents ; nous avons affaire aux modifications de leurs états moléculaires et au changement de forme du mouvement, changement qui, dans tous les cas, au moins d'un des deux côtés, met en jeu les molécules. Ici, toute modification est une conversion de la quantité en qualité, une conséquence d'un changement quantitatif de la quantité du mouvement, quelle qu'en soit la forme, qui est inhérent au corps ou qui lui est communiqué.

Ainsi, par exemple, le degré de température de l'eau est tout d'abord indifférent relativement à sa liquidité; mais, si l'on augmente ou diminue la température de l'eau liquide, il survient un point où cet état de cohésion se modifie et où l'eau se change d'une part en vapeur et d'autre part en glace. (HEGEL, *Encycl.*, Éd. Complète, tome VI, p. 217 ⁶⁹.)

Ainsi, il faut une intensité minimum déterminée du courant pour porter à l'incandescence le fil de platine (de la lampe électrique) ; ainsi, chaque métal a sa température d'incandescence et de fusion, chaque liquide son point de congélation et son point d'ébullition, fixes pour une pression connue, - dans la mesure où nos moyens nous permettent de réaliser la température en question; ainsi, enfin, chaque gaz a lui aussi son point critique où la pression et le refroidissement le rendent liquide. En un mot, les soi-disant constantes de la physique ne sont en majeure partie pas autre chose que la désignation de points nodaux, auxquels un apport ou un retrait quantitatifs de mouvement entraînent dans l'état du corps en question une modification qualitative, donc où la quantité se convertit en qualité.

⁶⁹ En ce qui concerne le sixième tome du recueil allemand des œuvres de Hegel, le texte et la pagination coïncident entièrement entre la première édition (Berlin, 1840) et la deuxième édition (Berlin, 1843). Engels cite le sixième tome, semble-t-il, d'après la seconde édition. (O.G.I.Z., Obs.)

Cependant le domaine dans lequel la loi de la nature découverte par Hegel connaît ses triomphes les plus prodigieux est celui de la chimie. On peut définir la chimie comme la science des changements qualitatifs des corps qui se produisent par suite d'une composition quantitative modifiée. Cela, Hegel lui-même le savait déjà (*Logique*, éd.. compl. III, p. 433)⁷⁰. Soit l'oxygène: si, au lieu des deux atomes habituels, trois atomes s'unissent pour former une molécule, nous avons l'ozone, corps qui par son odeur et ses effet se distingue d'une façon bien déterminée de l'oxygène ordinaire. Et que dire des proportions différentes dans lesquelles l'oxygène se combine à l'azote ou au soufre et dont chacune donne un corps qualitativement différent de tous les autres ! Quelle différence entre le gaz hilarant (protoxyde d'azote N_2O) et l'anhydride azotique (pentoxyde d'azote N_2O_5) ! Le premier est un gaz, le second, à la température habituelle, un corps solide et cristallisé. Et pourtant toute la différence dans la combinaison chimique consiste en ce que le second contient cinq fois plus d'oxygène que le premier. Entre les deux se rangent encore trois autres oxydes d'azote (NO , N_2O_3 , NO_2), qui tous se différencient qualitativement des deux premiers et sont différents entre eux.

Ceci apparaît d'une façon plus frappante encore dans les séries homologues des carbures, notamment des hydrocarbures les plus simples. Des paraffines normales, la première de la série est le méthane CH_4 ; ici les 4 valences de l'atome de carbone sont saturées par 4 atomes d'hydrogène. La seconde, l'éthane C_2H_6 comprend deux atomes de carbone qui ont échangé une valence, et les six valences libres sont saturées par six atomes d'hydrogène. Et ainsi de suite, C_3H_8 , C_4H_{10} , etc., selon la formule algébrique C^nH_{2n+2} , si bien qu'en ajoutant dans chaque cas CH_2 , on obtient chaque fois un corps qualitativement différent du précédent. Les trois premiers termes de la série sont des gaz; le dernier connu, l'hexadécane $C_{16}H_{34}$, est un solide avec comme point d'ébullition $270^\circ C$. Il en est de même des alcools primaires de formule $C_nH_{2n+2}O$, (théoriquement) dérivés des paraffines, et des acides gras monobasiques (formule $C_nH_{2n}O_2$). Quelle différence qualitative peut provoquer l'addition quantitative de C_3H_6 ? L'expérience nous l'apprend si nous consommons de l'alcool éthylique C_2H_6O sous une forme assimilable quelconque sans addition d'autres alcools, et si une autre fois nous prenons le même alcool éthylique, mais additionné légèrement d'alcool amylique $C_5H_{12}O$, qui constitue l'élément essentiel de l'infâme tord-boyaux. Notre tête s'en apercevra certainement le lendemain matin et à ses dépens; si bien qu'on pourrait dire que l'ivresse et ensuite le mal aux cheveux sont également la conversion en qualité d'une quantité... d'alcool éthylique d'une part, de ce C_3H_6 , ajouté d'autre part.

Cependant nous rencontrons dans ces séries la loi de Hegel sous une autre forme encore. Les premiers termes n'admettent qu'une seule disposition réciproque des atomes. Mais, si le nombre des atomes qui constituent une molécule atteint une grandeur déterminée pour chaque série, le groupement des atomes dans la molécule peut s'opérer de façon multiple ; de la sorte on peut rencontrer deux corps isomères ou plus qui ont le même nombre d'atomes C, H, O par molécule, mais qui sont pourtant qualitativement différents. Nous pouvons même calculer combien il y a de tels isomères possibles pour chaque terme de la série. Ainsi dans la série de paraffines il y en a deux pour C_4H_{10} , trois pour C_5H_{12} ; pour les termes supérieurs le nombre des isomères possibles augmente très rapidement. C'est donc ici derechef la

⁷⁰ Engels indique les pages du troisième tome-du recueil allemand des oeuvres de Hegel d'après la deuxième édition. (Berlin, 1841.) (O.G.I.Z., Obs.)

quantité des atomes par molécule qui détermine la possibilité et, dans la mesure où elle est prouvée par l'expérience, l'existence effective de tels corps isomères qualitativement différents.

Il y a plus De l'analogie des corps qui nous sont connus dans chacune des séries, nous pouvons tirer des conclusions sur les propriétés physiques des termes encore inconnus de la série et, tout au moins pour ceux qui suivent immédiatement les termes connus, prédire avec une certaine certitude ces propriétés, point d'ébullition, etc.

Enfin la loi de Hegel n'est pas valable seulement pour les corps composés, mais aussi pour les éléments chimiques eux-mêmes. Nous savons maintenant « que les propriétés chimiques des éléments sont une fonction périodique de leurs poids atomiques ». (ROSCOE-SCHORLEMMER : *Manuel complet de chimie*, tome II, p. 823)⁷¹, que leur qualité est donc déterminée par la quantité de leur poids atomique. Et la confirmation en a été fournie d'une façon éclatante. Mendéléiev démontra que dans les séries, rangées par poids atomiques croissants, des éléments apparentés, on rencontre diverses lacunes, qui indiquent qu'il y a là de nouveaux éléments restant à découvrir. Il décrivit à l'avance les propriétés chimiques générales d'un de ces éléments inconnus qu'il appela l'Ekaaluminium, parce qu'il suit l'aluminium dans la série qui, commence par ce corps⁷², et il prédit approximativement son poids spécifique et atomique ainsi que son volume atomique. Quelques années plus tard Lecoq de Boisbaudran découvrait effectivement cet élément, et les prédictions de Mendéléiev se trouvèrent exactes à de très légers écarts près. L'Ekaaluminium était réalisé dans le gallium (*ibid.*, p. 828). Grâce à l'application - inconsciente - de la loi hégélienne du passage de la quantité à la qualité, Mendéléiev avait réalisé un exploit scientifique qui peut hardiment se placer aux côtés de celui de Leverrier calculant l'orbite de la planète Neptune encore inconnue⁷³.

Dans la biologie comme dans l'histoire de la société humaine, la même loi se vérifie à chaque pas, mais nous voulons nous en tenir ici à des exemples empruntés aux sciences exactes, puisque c'est ici que les quantités peuvent être exactement mesurées et suivies.

Sans aucun doute ces mêmes messieurs qui ont jusqu'à présent taxé de mysticisme et de transcendentalisme incompréhensible la loi du passage de la quantité à la qualité vont-ils déclarer maintenant qu'il s'agit là de quelque chose de tout à fait évident, de banal et de plat qu'ils ont utilisé depuis longtemps et qu'ainsi on ne leur a rien appris de nouveau. Mais cela restera toujours un haut fait historique d'avoir

⁷¹ ROSCOE-SCHORLEMMER: *Manuel complet de chimie*, tome II, Brunswick, 1879. (N.R.)

⁷² Pour désigner les maillons manquants du système périodique des éléments, Mendéléiev proposait de se servir des noms de nombre sanscrits « eka », « dvi », « tri » « tchatour », en les employant comme préfixes du nom des éléments après lesquels ces maillons manquants devaient venir se ranger. (O.G.I.Z., Obs.)

⁷³ Depuis, la loi hégélienne appliquée aux éléments a reçu d'autres brillantes confirmations, prolongeant la découverte de Mendéléiev. Tout d'abord, la qualité chimique de l'élément est définie par le nombre de protons que renferme son noyau, tandis que sa variété isotopique, c'est-à-dire sa qualité nucléaire (ses propriétés radioactives par exemple) ainsi que celles de ses propriétés physiques qui dépendent de sa masse atomique sont déterminées par le nombre de neutrons que contient le noyau. En outre, à partir d'une loi découverte par Pauli selon laquelle il ne peut exister dans un même atome deux électrons possédant les mêmes caractéristiques de mouvement, il est possible d'établir une règle quantitative donnant l'explication rationnelle (bien qu'encore imparfaite) du caractère périodique de la classification de Mendéléiev. (N.R.)

exprimé pour la première fois une loi générale de l'évolution de la nature, de la société et de la pensée sous sa forme universellement valable. Et, si ces messieurs ont depuis des années laissé se convertir l'une en l'autre quantité et qualité sans savoir ce qu'ils faisaient, il faudra bien qu'ils se consolent de concert avec le monsieur Jourdain de Molière, qui avait lui aussi fait de la prose toute-sa vie sans en avoir la moindre idée.

Le mouvement, au sens le plus général, conçu comme mode d'existence de la matière, comme attribut inhérent à elle, embrasse tous les changements et tous les processus qui se produisent dans l'univers, du simple changement de lieu jusqu'à la pensée. L'étude de la nature du mouvement devait, cela va sans dire, partir des formes les plus basses, les plus simples de ce mouvement et apprendre à les saisir, avant de pouvoir arriver à quelque résultat dans l'explication des formes supérieures et complexes. Ainsi, nous voyons que, dans le développement historique de la science de la nature, c'est la théorie du simple changement de lieu, la mécanique des corps célestes et des masses terrestres qui est élaborée la première; viennent ensuite la théorie du mouvement moléculaire, la physique, et aussitôt après, allant presque de pair avec elle et parfois la précédant, la science du mouvement des atomes, la chimie. C'est seulement après que ces diverses branches de la connaissance des formes du mouvement régnant dans la nature inanimée eurent atteint un haut degré de développement que l'explication des phénomènes de mouvement représentant le processus de la vie pouvait être entreprise avec succès. Elle progressa dans la mesure où la mécanique, la physique et la chimie progressaient. Ainsi, tandis que, en ce qui concerne le corps animal, la mécanique est, depuis assez longtemps déjà, capable de ramener de façon satisfaisante les effets des leviers osseux mis en mouvement par contraction des muscles à ses propres lois, valables aussi dans la nature inanimée, le fondement physico-chimique des autres phénomènes de la vie en est encore presque à ses débuts ⁷⁵. Si donc nous voulons étudier ici la nature du mouvement, nous sommes obligés de laisser de côté les formes de mouvement organiques. Aussi nous limiterons-nous par force, - étant donné l'état de la science, - aux formes de mouvement de la nature inanimée.

Tout mouvement est lié à quelque, changement de lieu, que ce soit changement de lieu de corps célestes, de masses terrestres, de molécules, d'atomes ou de particules d'éther. Plus la forme du mouvement est élevée et plus le changement de lieu est petit.

Celui-ci n'épuise en aucune façon la nature dudit mouvement, mais il en est inséparable. C'est donc lui qu'il faut étudier avant tout autre chose.

Toute la nature qui nous est accessible constitue un système, un ensemble cohérent de corps, étant admis que nous entendons par corps toutes les réalités matérielles, de l'astre à l'atome, voire à la particule d'éther, dans la mesure où l'on admet qu'elle existe. Le fait que ces corps sont en relation réciproque implique déjà qu'ils agissent les uns sur les autres, et cette action réciproque est précisément le mouvement ⁷⁶. Ici

⁷⁴ Tiré de la troisième liasse de manuscrits. Ce chapitre semble avoir été écrit en 1880 ou 1881. (O.G.I.Z., Obs.)

⁷⁵ Depuis, la nature de nombreux processus chimiques et électriques dans le corps animal a été approfondie. (N.R.)

⁷⁶ D'innombrables découvertes de la physico-chimie, depuis cinquante ans, sont venues confirmer ce principe fondamental du matérialisme dialectique qu'il n'y a pas de matière sans mouvement, que « le mouvement est le mode d'existence de la matière ». L'étude du mouvement brownien a démontré directement la réalité de l'agitation thermique inextinguible qui anime les molécules invisibles des corps et qui fut de tout temps postulée par l'atomisme ; la mécanique quantique a révélé que l'agitation thermique ne s'arrête même pas au « zéro absolu » de température. La découverte de la radioactivité et le développement de la physique nucléaire qui s'en est suivi, l'étude du mouvement des électrons dans l'atome, des mouvements internes du noyau, ont mis à jour la

déjà il apparaît que la matière est impensable sans le mouvement. Et si, de plus, la matière s'oppose à nous comme quelque chose de donné, aussi impossible à créer qu'à détruire, il en résulte que le mouvement est lui-même aussi impossible à créer qu'à détruire. Cette conclusion devint inéluctable, dès que l'on eut reconnu dans l'univers un système, un ensemble cohérent de corps. Et, comme la philosophie parvint à cette connaissance bien avant qu'elle se soit imposée efficacement dans la science de la nature, on s'explique pourquoi la philosophie conclut, deux cents bonnes années avant la science, à l'impossibilité de créer et de détruire le mouvement. Même la forme dans laquelle elle le fit reste toujours supérieure à la façon dont la science formule cette idée aujourd'hui. La thèse de Descartes⁷⁷, disant que la quantité de mouvement existant dans l'univers demeure toujours constante, n'est défectueuse que dans la forme, parce qu'elle applique à une grandeur infinie une expression n'ayant de sens que pour une grandeur finie. Par contre, dans la science de la nature, deux formulations de la même loi ont cours aujourd'hui : celle de Helmholtz sur la conservation de la *force* et la formule nouvelle, plus précise de la conservation de *l'énergie*. Comme nous le verrons, l'une affirme exactement le contraire de l'autre, et, en outre, chacune n'exprime qu'un seul côté du rapport.

Lorsque deux corps agissent l'un sur l'autre, de sorte qu'il en résulte le déplacement de l'un d'eux ou de tous deux, ce déplacement ne peut consister qu'en un rapprochement ou un éloignement. Ou bien ils s'attirent, ou bien ils se repoussent. Ou, pour parler en termes de mécanique, les forces qui jouent de l'un à l'autre sont centrales, elles jouent dans le sens de la droite reliant leurs centres. Il est aujourd'hui évident pour nous que les choses se passent ainsi dans l'univers, toujours et sans exception, si complexes que paraissent beaucoup de mouvements. Ils nous paraîtraient absurde d'admettre que deux corps agissant l'un sur l'autre, et à l'action réciproque desquels ne s'opposent aucun obstacle ni aucune action d'un troisième corps, dussent exercer cette action autrement que selon la voie la plus courte et la plus directe, dans le sens de la droite reliant leurs centres⁷⁸. Mais on sait que Helmholtz (*Conservation de la force*, Berlin, 1847, paragraphes 1 et 2) a fourni également la preuve mathématique qu'action centrale et constance de la quantité de mouvement se déterminent réciproquement et qu'admettre des actions autres que centrales conduit à des résultats dans lesquels le mouvement devrait ou bien être créé ou bien être détruit. La forme fondamentale de tout mouvement est donc rapprochement ou éloignement, contraction ou extension, bref la vieille opposition polaire d'attraction et de *répulsion*.

complexité, la variété et la prodigieuse intensité des mouvements qui animent l'intérieur de l'atome, réputé pourtant immuable par la vieille physique mécaniste. jusqu'au prétendu « vide » qui se révèle peuplé de mouvements de qualités diverses : propagation d'ondes électromagnétiques de toute direction et toute fréquence, fluctuations électromagnétiques même lorsque le champ électromagnétique est nul, apparition et disparition incessantes de paires d'électrons de signe contraire et, corrélativement, de photons de grande énergie, etc. (N.R.)

⁷⁷ *Principes de la Philosophie*, II, 36-37. (N.R.)

⁷⁸ *En marge du manuscrit se trouve ici la note suivante écrite au crayon* : « Kant, p. 22, [dit] que les trois dimensions de l'espace sont conditionnées par le fait que cette attraction ou cette répulsion jouent de façon inversement proportionnelle au carré de la distance*. (O.G.I.Z.)

* Selon toute vraisemblance, Engels a en vue la page 22 du tome I des *Œuvres complètes* de Kant (édition Hartenstein, Leipzig 1867). On trouve à la page 22 le § 10 de l'ouvrage de jeunesse de Kant: *Pensées sur l'estimation vrais des forces vives* (*Gedanken von der wahr en Schätzung der lebendigen Kräfte*). La thèse fondamentale de ce paragraphe dit : « La tridimensionalité de l'espace découle apparemment de cette circonstance que, dans l'espace existant, les substances agissent l'une sur l'autre de telle façon que la force de leur action est inversement proportionnelle au carré de la distance. » (O.G.I.Z., Obs.)

Soulignons expressément que nous ne concevons pas ici attraction et répulsion comme de prétendues *forces*, mais comme de *simples formes du mouvement*. C'est ainsi déjà que Kant a conçu la matière, en tant qu'unité de l'attraction et de la répulsion. Nous verrons en temps voulu ce qu'il en est des « forces ».

Tout mouvement consiste en l'action réciproque de l'attraction et de la répulsion. Mais il n'est possible que si chaque attraction particulière est compensée ailleurs par une répulsion équivalente. Sans cela, avec le temps, l'un des côtés l'emporterait sur l'autre, et ce serait en fin de compte la cessation du mouvement. En conséquence, toutes les attractions et toutes les répulsions de l'univers doivent se compenser réciproquement. Par suite, la loi exprimant l'impossibilité de détruire et de créer le mouvement s'énonce de la façon suivante : tout mouvement d'attraction dans l'univers doit être complété par un mouvement de répulsion équivalent, et inversement; ou bien, ainsi que l'exprimait, - bien avant que la science ait établi la loi de la conservation de la force, ou de l'énergie, - la philosophie antique : la somme de toutes les attractions dans l'univers est égale à la somme de toutes les répulsions.

Cependant, deux possibilités semblent encore rester ici pour que cesse un jour tout mouvement : ou bien la répulsion et l'attraction finissent effectivement par s'équilibrer, ou bien la totalité de la répulsion s'empare définitivement d'une partie de la matière et la totalité de l'attraction de l'autre partie. Pour la conception dialectique, ces possibilités sont exclues d'emblée. Une fois que la dialectique, s'appuyant sur les résultats acquis aujourd'hui de notre expérience scientifique de la nature, a démontré que toutes les expositions polaires en général sont déterminées par l'action réciproque des deux pôles opposés ; que la séparation et l'opposition de ces deux ne peut exister que dans les limites de leur connexion réciproque et de leur union; qu'inversement leur union ne réside que dans leur séparation et leur connexion réciproque que dans leur opposition, il ne peut être question, ni d'un équilibre définitif de la répulsion et de l'attraction, ni de la répartition et concentration définitives d'une des formes du mouvement sur une moitié de la matière et de l'autre sur l'autre, donc ni d'une interpénétration réciproque⁷⁹, ni d'une séparation absolue des deux pôles. Ce serait exactement la même chose que d'exiger, dans le premier cas, que le pôle nord et le pôle sud d'un aimant se neutralisent réciproquement et l'un par l'autre, et, dans le second cas, qu'en sciant un aimant par le milieu entre les deux pôles, on obtienne ci une part une moitié nord sans pôle sud, d'autre part une moitié sud sans pôle nord. Mais, bien que l'impossibilité d'admettre de telles suppositions résulte déjà de la nature dialectique de l'opposition polaire, la prédominance du mode de pensée métaphysique chez les savants fait que la deuxième supposition, tout au moins, joue un certain rôle dans la théorie physique. Il en sera question en son temps.

Comment le mouvement se présente-t-il dans l'action réciproque de l'attraction et de la répulsion ? Le mieux sera de l'étudier à propos des formes particulières du mouvement lui-même. Le résultat apparaîtra alors en conclusion.

Considérons le mouvement d'une planète autour de son corps central. L'astronomie scolaire courante explique, avec Newton, l'ellipse décrite par l'action combinée de deux forces : l'attraction du corps central et une force tangentielle qui entraîne la

⁷⁹ Au sens d'équilibre réciproque et de neutralisation. (O.G.I.Z., Obs.)

planète normalement au sens de cette attraction. Cette école admet donc, outre la forme de mouvement à action centrale, une autre direction du mouvement, ou prétendue « force », qui s'exerce perpendiculairement à la droite reliant les centres des corps en question. Elle se met donc en contradiction avec la loi fondamentale mentionnée ci-dessus, selon laquelle, dans notre univers, tout mouvement ne peut se produire que dans la direction des centres des deux corps agissant l'un sur l'autre, ou, selon la formule, est provoqué seulement par des forces à action centrale. De ce fait, elle introduit dans la théorie un élément de Mouvement qui ainsi que nous l'avons vu également, aboutit nécessairement à la création ou à la destruction de mouvement, et, par conséquent suppose un créateur. Le problème était donc de réduire cette mystérieuse force tangentielle à une forme de mouvement à action centrale, et il fut résolu par la théorie cosmogonique de Kant et Laplace. On sait que cette conception fait naître l'ensemble du système solaire par contraction progressive d'une masse gazeuse raréfiée à l'extrême, tournant sur son axe; par suite, le mouvement de rotation est évidemment le plus puissant à l'équateur de cette sphère gazeuse, et il détache de la masse des anneaux de gaz isolés qui se condensent pour former des planètes, des planétoïdes, etc., et gravitent autour au corps central dans le sens de la rotation primitive. Cette rotation elle-même s'explique ordinairement par le mouvement propre des particules gazeuses isolées; ce mouvement se développe dans les directions les plus différentes, cependant qu'en fin de compte une direction déterminée l'emporte et provoque ainsi le mouvement de rotation qui, avec la contraction progressive de la sphère gazeuse, doit devenir de plus en plus fort. Mais, quelle que soit l'hypothèse qu'on adopte sur l'origine de la rotation, chacune d'elles élimine la force tangentielle réduite à une forme particulière de manifestation du mouvement à action centrale. Si l'élément directement central du mouvement de la planète est représenté par la pesanteur, par l'attraction entre celle-ci et le corps central, l'autre élément, l'élément tangentiel, apparaît comme un résidu, sous une forme transposée ou transformée, de la répulsion primitive des particules isolées de la sphère gazeuse. Le processus d'existence d'un système solaire se présente alors comme une action réciproque d'attraction et de répulsion au cours de laquelle l'attraction l'emporte peu à peu du fait que la répulsion est rayonnée dans l'espace sous forme de chaleur et se trouve, de cette manière, de plus en plus perdue pour le système.

On voit au premier coup d'œil que la forme de mouvement considérée comme répulsion est celle-là même que la physique moderne désigne sous le nom *d'énergie*. Par la contraction du système et sa conséquence; la séparation des corps isolés dont il se compose aujourd'hui, le système a perdu de l'« énergie », et même, d'après le célèbre calcul de Helmholtz, cette perte s'élève déjà actuellement aux 453/454^{es} de la quantité totale de mouvement qui s'y trouvait à l'origine sous forme de répulsion.

Prenons ensuite une masse corporelle sur notre terre même. Elle est liée à la terre par la pesanteur, comme la terre pour sa part est liée au soleil ; mais, à la différence de celle-ci, elle n'est pas capable d'un mouvement planétaire libre. Elle ne peut être mise en mouvement que par une impulsion extérieure, et, même dans ce cas, dès que l'impulsion cesse, son mouvement s'arrête bientôt, soit par suite de l'action de la pesanteur seule, soit par suite de cette action en liaison avec la résistance du milieu où se meut cette masse. Cette résistance elle-même est, en dernière analyse, un effet de la pesanteur, sans laquelle la terre n'aurait pas à sa surface un milieu

résistant, une atmosphère. Dans le mouvement purement mécanique à la surface de la terre, nous avons donc affaire à une situation dans laquelle la pesanteur, l'attraction, prédomine nettement, où donc, dans la production de mouvement, nous avons deux phases : d'abord agir contre la pesanteur, et ensuite laisser agir la pesanteur. En un mot, élever et laisser tomber.

De la sorte, nous avons de nouveau l'action réciproque entre, d'une part, l'attraction, et d'autre part, une forme de mouvement qui agit dans une direction opposée à la sienne, donc une forme répulsive. Or, dans les limites de la mécanique terrestre *Pure* (qui opère avec des masses dont l'état d'agrégation ou de cohésion est *donné*, immuable pour elle), on ne rencontre pas dans la nature cette forme répulsive du mouvement. Les conditions physiques et chimiques qui font se détacher un bloc de rocher d'une cime montagneuse ou rendent possible une chute d'eau sont en dehors du domaine de cette mécanique. Dans la mécanique terrestre pure, le mouvement de répulsion, d'élévation, doit donc être produit artificiellement: par la force de l'homme, de l'animal, de l'eau, de la vapeur, etc. Et cette circonstance, cette nécessité de combattre artificiellement l'attraction naturelle, fait naître chez les mécaniciens la conviction que l'attraction, la pesanteur, ou, comme ils disent la *force* de pesanteur, est la forme la plus essentielle, voire même fondamentale du mouvement dans la nature.

Lorsque, par exemple, un poids est élevé et que, par sa chute directe ou indirecte, il transmet du mouvement à d'autres corps, ce n'est pas, d'après la conception mécanique usuelle, *l'élévation* du poids qui transmet ce mouvement, mais la *force de pesanteur*. Ainsi Helmholtz, par exemple, fait

agir comme force motrice la force la plus simple et qui nous est la mieux connue, la pesanteur ... par exemple dans ces horloges qui sont mues par un poids. Le poids ... ne peut suivre la traction de la pesanteur sans mettre tout le mécanisme de l'horloge en mouvement.

Mais il ne peut mettre le mécanisme en mouvement sans s'abaisser lui-même, et il s'abaisse enfin jusqu'au point où la corde qui le, soutient est entièrement dévidée.

Alors l'horloge s'arrête, alors la capacité de travail de son poids est provisoirement épuisée. Sa pesanteur n'est pas perdue ou diminuée; il est, après comme avant, attiré avec la même force par la terre, mais la possibilité pour cette pesanteur de créer du mouvement a disparu...

Or nous pouvons remonter l'horloge par la force de notre bras en élevant à nouveau le poids. Cela une *fois* fait, le poids a retrouvé sa capacité de travail antérieure et peut de nouveau maintenir l'horloge en mouvement. (HELMHOLTZ : *Conférences populaires, I, 144-145*⁸⁰).

Ainsi, selon Helmholtz, ce n'est pas la transmission active de mouvement, l'élévation du poids, qui font marcher l'horloge, mais la pesanteur passive de celui-ci, bien que cette même pesanteur ne soit tirée de sa passivité que par l'élévation et qu'elle retourne à cette passivité lorsque la corde soutenant le poids est dévidée. Si donc, ainsi que nous venons de le voir, dans la conception moderne, *l'énergie* n'est qu'une

⁸⁰ H. HELMHOLTZ : Populäre wissenschaftliche Vorträge, zweites Heft, Braunschweig, 1871. (N.R.)

autre façon d'exprimer la *répulsion*, *ici*, dans la conception plus ancienne d'Helmholtz, la *force* apparaît comme une autre façon d'exprimer le contraire de la répulsion, *l'attraction*. Nous nous bornons pour l'instant à constater ce fait.

Or, si le processus de la mécanique terrestre est terminé, lorsque la masse pesante a d'abord été élevée, puis est retombée de la même hauteur, qu'advient-il du mouvement qui constituait ce processus Pour la mécanique pure, il a disparu. Mais nous savons mai= qu'il n'est nullement anéanti. Il s'est converti, pour la plus faible part, en vibrations sonores de l'air et, pour la plus grande part, en chaleur, chaleur qui fut transmise en partie à l'atmosphère résistante, en partie au corps qui tombe lui-même, en partie enfin à la surface de percussion. Le poids de l'horloge a également cédé peu à peu son mouvement aux divers rouages du mécanisme sous forme de chaleur de frottement. Mais ce n'est pas, comme on le dit volontiers, le mouvement de chute, c'est-à-dire l'attraction, qui s'est convertie en chaleur, c'est-à-dire en une forme de répulsion. Au contraire l'attraction, la pesanteur reste, comme Helmholtz le remarque avec justesse, ce qu'elle était avant, et, pour dire vrai, elle s'accroît même. C'est bien plutôt la répulsion, transmise au corps soulevé par l'élévation, qui est *mécaniquement* anéantie par la chute et renaît sous forme de chaleur. La répulsion des masses s'est transformée ici en répulsion moléculaire.

Ainsi qu'on l'a déjà dit, la chaleur est une forme de répulsion. Elle fait vibrer les molécules des solides, relâche ainsi la cohésion des diverses molécules jusqu'à ce qu'enfin s'effectue le passage à l'état liquide ; si l'on continue à chauffer, la chaleur accroît aussi dans l'état liquide le mouvement des molécules, jusqu'au point où celles-ci se détachent complètement de la masse et où chacune commence à se mouvoir librement, à une vitesse déterminée, conditionnée pour chaque molécule par sa constitution chimique; si l'on continue à chauffer encore, la chaleur augmente encore plus cette vitesse et repousse ainsi les molécules de plus en plus loin les unes des autres.

Mais la chaleur est une forme de ce qu'on appelle l' « énergie », et celle-ci se révèle ici encore identique à la répulsion.

Dans les phénomènes d'électricité statique et de magnétisme, nous avons une répartition polaire de l'attraction et de la répulsion. Quelle que soit l'hypothèse adoptée concernant le *modus operandi*⁸¹ de ces deux formes de mouvement, tenant compte des faits, personne ne doutera que, dans la mesure où elles sont produites par l'électricité statique ou le magnétisme et peuvent se manifester librement, l'attraction et la répulsion se compensent entièrement, ce qui d'ailleurs résulte nécessairement de la nature même de la répartition polaire. Deux pôles, dont l'action ne se compenserait pas complètement, ne seraient précisément pas des pôles, et, jusqu'ici, on ne les a pas non plus rencontrés dans la nature. Nous laisserons ici provisoirement de côté le galvanisme, car ici le processus est déterminé par des actions chimiques et par suite rendu plus complexe. Aussi préférons-nous étudier le processus des mouvements chimiques eux-mêmes.

⁸¹ Mode d'action. (N.R.)

Si deux unités de masse d'hydrogène se combinent avec 15,96 unités de masse d'oxygène pour former de la vapeur d'eau, il se développe au cours de ce processus une quantité de chaleur de 68,924 unités de chaleur. Inversement, s'il s'agit de dissocier 17,96 unités de masse de vapeur d'eau en deux unités de masse d'hydrogène et 15,96 d'oxygène, l'opération n'est possible qu'à condition de transmettre à la vapeur d'eau une quantité de mouvement équivalente à 68,924 unités de chaleur, - soit directement sous forme de chaleur, soit sous forme de mouvement électrique. Il en est de même pour tous les autres processus chimiques. Dans la très grande majorité des cas, la synthèse entraîne un dégagement de mouvement, la dissociation exige un apport de mouvement. Là encore, la répulsion est, en règle générale, le côté actif du processus, celui qui est plus doué de mouvement ou exige un apport de mouvement, et l'attraction est le côté passif, qui fait apparaître un excès de mouvement et en libère. C'est pourquoi la théorie moderne, elle aussi, déclare derechef que, dans l'ensemble, dans la combinaison d'éléments chimiques, de l'énergie est libérée, dans la dissociation de l'énergie est liée. Le terme d'énergie est donc employé ici encore pour désigner la répulsion. Et à son tour Helmholtz déclare :

Cette force (la force d'affinité chimique), nous pouvons nous la représenter comme une force *d'attraction*. Or cette force d'attraction entre les atomes du carbone et ceux de l'oxygène fournit du travail, tout comme celle que la terre exerce sous forme de pesanteur sur un poids élevé... Lorsque des atomes de carbone et d'oxygène sont précipités les uns sur les autres et ont produit par combinaison l'acide carbonique, les particules nouvellement formées de l'acide carbonique doivent être animées d'un mouvement moléculaire très violent, c'est-à-dire de mouvement thermique... Quand, par la suite, l'acide carbonique a cédé de la chaleur au milieu ambiant, tout le carbone et tout l'oxygène s'y retrouvent et aussi la force d'affinité de l'un et de l'autre, tout aussi puissante qu'avant. Mais cette force d'affinité ne se manifeste plus maintenant que par le fait qu'elle assure la cohésion solide des atomes de carbone et d'oxygène et ne permet pas leur dissociation. (Loc. cit. 169.)

Tout comme avant, Helmholtz insiste sur le fait qu'en chimie, comme en mécanique, la force ne consiste que dans *l'attraction* et qu'elle est donc précisément le contraire de ce qui, chez les autres physiciens, porte le nom d'énergie et est identique à la *répulsion*.

Nous n'avons donc plus maintenant les deux formes fondamentales simples de l'attraction et de la répulsion, mais tout une série de formes subordonnées dans lesquelles s'accomplit le processus du mouvement universel, qui se déroule et s'enroule dans les limites de l'opposition de l'attraction et de la répulsion. Mais ce n'est aucunement notre raison seule qui rassemble ces formes multiples du phénomène sous l'expression unique de mouvement. Au contraire, elles démontrent elles-mêmes en acte qu'elles sont les formes d'un seul et même mouvement, puisque, dans certaines conditions, elles se convertissent l'une en l'autre. Le mouvement mécanique des masses se transforme en chaleur, en électricité, en magnétisme ; la chaleur et l'électricité se transforment en dissociation chimique ; de son côté, le processus de combinaison chimique développe à son tour de la chaleur et de l'électricité et, grâce à cette dernière, du magnétisme; enfin la chaleur et l'électricité produisent à leur tour le mouvement mécanique des masses. Et cette conversion se fait de telle sorte qu'à une quantité déterminée d'une forme de

mouvement correspond une quantité exactement déterminée d'une autre forme de mouvement ; de plus, la forme de mouvement à laquelle est empruntée l'unité de mesure servant à évaluer cette quantité de mouvement n'a aucune importance, qu'elle serve à mesurer du mouvement de masses, de la chaleur, de la force dite électromotrice ou du mouvement transformé lors de processus chimiques.

Nous voici maintenant sur le terrain de la théorie de la « conservation de l'énergie », fondée en 1842 par J. R. Mayer⁸² et élaborée internationalement depuis avec un succès si éclatant. Nous avons maintenant à étudier les idées fondamentales avec lesquelles cette théorie opère aujourd'hui. Ce sont les idées de « force » ou d' « énergie » et de « travail ».

Nous avons vu plus haut déjà que la conception moderne, adoptée à peu près universellement aujourd'hui, entend par énergie la répulsion, tandis que chez Helmholtz, le terme de « force » exprime plus spécialement l'attraction. On pourrait voir là une différence formelle sans importance, puisque aussi bien attraction et répulsion se compensent dans l'univers et que, par suite, il semble indifférent que l'on pose tel ou tel côté du rapport comme positif ou négatif ; de même qu'en soi cela n'a aucune importance de compter à partir d'un point sur une ligne quelconque les abscisses positives vers la droite ou vers la gauche. Cependant ce n'est pas absolument le cas ici.

Tout d'abord, il ne s'agit pas ici de l'univers, mais de phénomènes qui se déroulent sur la terre et qui sont conditionnés par la position exactement déterminée de la terre dans le système solaire et par celle du système solaire dans l'univers. Or notre système solaire cède à chaque instant d'énormes quantités de mouvement à l'espace de l'univers, et c'est un mouvement d'une qualité bien définie : de la chaleur solaire, c'est-à-dire de la répulsion⁸³. Mais notre terre elle-même n'est vivifiée que par la chaleur solaire, et, en fin de compte, elle rayonne elle aussi dans l'espace universel la chaleur solaire reçue, après l'avoir transformée pour une part en d'autres formes de mouvement. Dans le système solaire, et en particulier sur la terre, l'attraction l'a donc emporté déjà largement sur la répulsion. Sans le mouvement de répulsion irradié vers nous par le soleil, tout mouvement devrait cesser sur la terre.

⁸² Dans ses *Conférences populaires*, II, p. 113, Helmholtz semble, en dehors de Mayer, de Joule et de Colding, s'attribuer aussi une certaine part dans la démonstration scientifique du principe cartésien de la constance quantitative du mouvement. « J'étais moi-même, sans rien savoir de Mayer et de Colding et en n'ayant connu les expériences de Joule qu'à la fin de mon travail, *entré dans la même voie** ; je m'efforçais surtout de découvrir tous les rapports existant entre les divers processus naturels auxquels il était impossible de conclure en partant de la méthode d'observation indiquée et je *publiais mes études en 1847** dans un opuscule sous le titre : *De la conservation de la force.* » Mais, dans cette oeuvre, il ne se trouve absolument rien de nouveau pour l'état de la science en 1847, si ce n'est le développement mathématique, d'ailleurs précieux, mentionné précédemment, démontrant que la « conservation de la force » et l'action centrale des forces agissant entre les divers corps d'un système ne sont que deux expressions différentes de la même chose, et, en outre, une formulation plus précise de la loi selon laquelle la somme des forces vives ou des forces de tension** dans un système mécanique donné est constante. Pour tout le reste elle était dépassée dès 1845 par le second traité de Mayer. Dès 1842, Mayer affirme « l'indestructibilité de la force » et « sur les rapports existant entre les divers processus naturels », de son nouveau point de vue, il sait dire en 1845 des choses beaucoup plus géniales qu'Helmholtz en 1847. (Note d'Engels.)

* Souligné par Engels. (N.R.)

** La force vive s'appelle aujourd'hui énergie cinétique ; la « force de tension », énergie potentielle. (N.R.)

⁸³ L'action répulsive exercée par la lumière a été étudiée, à partir de 1873, par Maxwell, Bartoli, Boltzmann, et surtout, vers 1900, par Lebedev, qui a calculé, en particulier, l'effet répulsif de la lumière solaire. (N.R.)

Si demain le soleil était refroidi, l'attraction sur terre resterait, toutes choses égales d'ailleurs, ce qu'elle est aujourd'hui. Une pierre de cent kilos continuerait, après comme avant, à la place où elle se trouve, à peser cent kilos. Mais le mouvement, tant des masses que des molécules et des atomes, arriverait à un état de repos absolu pour nos conceptions. C'est donc clair : pour les processus qui s'accomplissent aujourd'hui sur la terre, il n'est nullement indifférent de considérer l'attraction ou la répulsion comme le côté actif du mouvement, donc comme « force » ou comme « énergie ». Sur la terre actuelle, l'attraction, en l'emportant nettement sur la répulsion, est au contraire déjà devenue absolument passive; nous devons tout mouvement actif à l'apport de répulsion par le soleil⁸⁴. Et, par conséquent, l'école moderne, - bien qu'elle n'ait pas d'idée très nette sur la nature du rapport de mouvement, - a pourtant tout à fait raison, au fond et pour des processus terrestres, voire pour l'ensemble du système solaire, de concevoir l'énergie comme répulsion.

Certes, l'expression « énergie » n'exprime nullement d'une façon exacte l'ensemble du rapport de mouvement, en ce qu'elle n'en saisit qu'un aspect, l'action, mais non la réaction⁸⁵. D'autre part, elle laisse encore place à l'illusion que l'énergie est quelque chose d'extérieur à la matière, quelque chose qui lui est apporté du dehors. Mais elle est en tout cas préférable à l'expression « force ».

L'idée de force est, ainsi qu'on l'admet de tous côtés, depuis Hegel jusqu'à Helmholtz, empruntée à la manifestation de l'activité de l'organisme humain par rapport au milieu qui l'environne. Nous parlons de la force musculaire, de la force à élévation des bras, de la « force » de détente des jambes, de la « force » de digestion de l'estomac et de l'intestin, de la « force » de sensibilité des nerfs, de la « force » de sécrétion des glandes, etc. En d'autres termes, pour nous épargner la peine d'indiquer la cause véritable d'une transformation provoquée par une fonction de notre organisme, nous lui attribuons une cause fictive, une prétendue force correspondant à cette transformation. Ensuite nous étendons au monde extérieur cette méthode commode, et nous inventons autant de « forces » qu'il existe de phénomènes différents.

La science de la nature (à l'exception peut-être de la mécanique céleste et terrestre) se trouvait encore à ce stade d'ingénuité au temps de Hegel, qui a bien raison de charger à fond contre le procédé courant à l'époque d'inventer partout des forces (passage à citer)⁸⁶. De même dans un autre passage :

⁸⁴ Excepté toutefois l'activité propre de la « pyrosphère », ou partie ignée du globe terrestre (volcanisme), activité dont la nature est essentiellement nucléaire. (N.R.)

⁸⁵ L'énergie potentielle mutuelle de deux corps exprime cependant en physique classique l'action réciproque de ces deux corps. (N.R.)

⁸⁶ Selon toute probabilité, Engels a ici en vue la « Note » de Hegel au paragraphe: « Le fonds formel » dans la Grande Logique. (Trad. Jankélévitch, II, pp. 91-95.) Dans cette note, Hegel tourne en dérision le « mode d'explication formel d'après des raisons tautologiques ». Il écrit : « Cette explication se recommande justement par sa grande clarté et intelligibilité, car rien n'est plus clair et intelligent que de dire que la plante tire sa raison d'être de sa force végétative, c'est-à-dire de la force génératrice des plantes. » « Que si vous demandiez pourquoi tel homme se rend dans telle ville, et qu'on vous réponde que c'est parce que cette ville possède une force d'attraction, vous trouveriez certainement cette réponse absurde ; et cependant des réponses de ce genre ont cours dans la science. » « Les sciences, surtout les sciences physiques, abondent en tautologies de ce genre, au point qu'on dirait qu'elles constituent la prérogative de la science. » (O.G.I.Z., Obs.)

Il vaut mieux (dire) que l'aimant a une *âme* (pour s'exprimer comme Thalès) que dire qu'il a la force d'attirer; la force est un genre de propriété qu'on se représente comme *séparable de la matière*, comme un prédicat, l'âme par contre est *ce mouvement de soi-même, elle est la même chose que la nature de la matière*. (*Histoire de la philosophie, 1, p. 208*)⁸⁷.

Nous n'en prenons pas aujourd'hui autant à notre aise avec les forces qu'autrefois. Écoutons Helmholtz :

Lorsque nous connaissons complètement une loi de la nature, nous devons aussi exiger qu'elle soit valable sans exception... Ainsi la loi se présente-t-elle à nous comme une puissance objective, et en conséquence nous l'appelons *force*. Nous objectivons par exemple la loi de la réfraction de la lumière comme une force de réfraction des substances transparentes, la loi des affinités chimiques comme une force d'affinité des divers éléments chimiques entre eux. Nous parlons d'une force électrique de contact des métaux, d'une force d'adhérence, d'une force de capillarité, etc. Sous ces noms nous objectivons des lois qui n'embrassent d'abord que des séries assez réduites de processus naturels, *dont les conditions sont encore assez complexes*⁸⁸... La force n'est que la loi objectivée de l'action... La notion abstraite de force que nous introduisons n'ajoute plus que ceci: nous n'avons pas inventé arbitrairement cette loi, elle se présente comme une loi coercitive des phénomènes. Notre besoin de *comprendre* les phénomènes de la nature, c'est-à-dire de trouver leurs lois, revêt ainsi une autre forme d'expression : nous avons à découvrir les forces qui sont les causes des phénomènes. (*Loc. cit. p. 189-191. Conférence d'Innsbruck de 1869.*)

Premièrement, c'est en tout cas une étrange façon d'« objectiver » que d'introduire dans une loi de la nature déjà établie comme indépendante de notre subjectivité, donc déjà comme parfaitement *objective*, la représentation *Purement subjective* de force. Tout au plus un vieil hégélien de la plus stricte observance pourrait-il se permettre une chose semblable, mais non un néo-kantien comme Helmholtz. En lui substituant une force, on n'ajoute pas la moindre objectivité nouvelle à la loi une fois établie, ni à son objectivité, ni à celle de son action ; ce qu'on y ajoute, c'est notre *affirmation subjective* que cette loi agit grâce à une force provisoirement encore tout à fait inconnue. Mais le sens secret de cette substitution apparaît, dès qu'Helmholtz se met à nous donner des exemples : réfraction de la lumière, affinité chimique, électricité de contact, adhérence, capillarité, et qu'il ennoblit les lois qui régissent ces phénomènes en les élevant au rang « objectif » de *force*.

Sous ces noms nous objectivons des lois qui n'embrassent d'abord que des séries assez réduites de processus naturels dont les conditions *sont encore assez complexes*.

Et c'est ici précisément que l'« objectivation », qui est plutôt une « subjectivation », prend un sens: ce n'est pas parce que nous avons une connaissance parfaite de la loi, mais précisément parce que nous ne la connaissons *pas*, parce que nous n'y voyons *pas* encore clair dans les « conditions assez complexes » de ces phénomènes, que nous avons souvent recours au terme de force. Donc nous n'exprimons pas ainsi notre connaissance, mais *l'insuffisance* de notre connaissance

⁸⁷ *Geschichte der Philosophie, I. §. 208.* Les passages soulignés le sont par Engels. (N.R.)

⁸⁸ Souligné par Engels. (N.R.)

de la nature de la loi et de son mode d'action. En ce sens, comme expression abrégée d'une relation causale non encore découverte, comme expédient de langage, cela peut passer dans l'usage courant. Tout autre usage est à rejeter. C'est avec le même droit dont Helmholtz use pour expliquer des phénomènes physiques à l'aide d'une prétendue force de réfraction, de contact électrique, etc., que les scholastiques du Moyen Âge expliquaient les changements de température à l'aide d'une *vis calorifica* et d'une *vis frigifaciens*, et ils s'épargnaient de cette manière toute autre investigation dès phénomènes calorifiques.

Mais, même dans ce sens, le terme de force est malheureux. En effet, il exprime les phénomènes d'une manière unilatérale. Tous les processus naturels sont doubles, ils reposent tous sur le rapport d'au moins deux parties agissantes, l'action et la réaction. Or l'idée de force, du fait qu'elle tire son origine de l'action de l'organisme humain sur le monde extérieur, et ensuite de la mécanique terrestre, implique qu'une seule partie est active, opérante, mais que l'autre est passive, réceptive, et ainsi elle pose une extension, encore indémontrable, de la différence des sexes au domaine de la nature inanimée. La réaction de la deuxième partie, sur laquelle la force agit, apparaît tout au plus comme une réaction passive, comme une *résistance*. Certes cette conception peut s'admettre dans toute une série de domaines, même en dehors de la mécanique pure, à savoir là où il s'agit d'une simple transmission du mouvement et de son estimation quantitative. Mais déjà elle ne suffit plus pour les processus plus complexes de la physique, ainsi que le montrent précisément les propres exemples de Helmholtz. La force de réfraction de la lumière est aussi inhérente à la lumière qu'aux corps transparents. En ce qui concerne l'adhérence et la capillarité, la force se trouve certainement aussi bien dans la surface solide que dans le liquide. Pour l'électricité de contact, il est en tout cas certain que les *deux* métaux y contribuent, et la « force d'affinité chimique », si elle est quelque part, réside en tout cas dans les deux parties qui se combinent. Mais une force qui se compose de deux forces distinctes, une action qui n'appelle pas la réaction, mais l'implique et la porte en elle-même, n'est pas une force au sens de la mécanique terrestre, la seule science où l'on sache véritablement ce que signifie le mot force. Car les conditions fondamentales de la mécanique terrestre sont : 1° le refus d'étudier les causes de l'impulsion, c'est-à-dire la nature de la force considérée dans chaque cas ; 2° la conception du caractère unilatéral de la force à laquelle s'oppose en tous lieux une pesanteur toujours égale à elle-même, de telle sorte que, pour chaque espace parcouru par un corps terrestre qui tombe, le rayon de la terre est égal à ∞ ⁸⁹.

Mais continuons et voyons de quelle façon Helmholtz « objective » ses « forces a dans les lois de la nature.

Dans une leçon de 1854 (*loc. cit.*, p. 119)⁹⁰ il étudie « la réserve de force de travail »⁹¹ que contenait primitivement la nébuleuse d'où est sorti le système solaire. En fait cette nébuleuse avait reçu une réserve énorme de force de travail, ne fût-ce

⁸⁹ Le développement ultérieur de la physique a montré combien la critique d'Engels contre l'abus de la notion de force était profondément juste. La physique moderne met au premier plan le concept d'interaction, dont a disparu l'unilatéralité contre laquelle s'élève Engels. En outre, l'interaction s'exprime en termes d'énergie, c'est-à-dire de mouvement, de changement de forme du mouvement, et non plus en termes de force. (N.R.)

⁹⁰ Cette leçon s'intitule : « De l'action réciproque des forces de la nature. » (O.G.I.Z., Obs.)

⁹¹ C'est-à-dire d'énergie potentielle. (N.R.)

que sous la forme de la force universelle d'attraction de toutes ses parties entre elles.

Cela est incontestable. Mais il est aussi incontestable que toute cette réserve de pesanteur ou de gravitation existe encore intacte dans le système solaire actuel, à l'exception peut-être de la quantité minimale qui s'est perdue avec la matière qui, s'il se trouve, a été projetée sans retour dans l'espace de l'univers. Plus loin :

Les forces chimiques elles aussi devaient déjà exister, prêtes à agir; mais comme ces forces ne peuvent entrer en action qu'avec le contact le plus intime des diverses masses, il fallait que la condensation se produisît avant qu'elles commencent à jouer.

Si, comme Helmholtz (voir ci-dessus), nous concevons ces forces chimiques comme des forces d'affinité, donc comme attraction, il nous faut dire ici encore que la somme totale de ces forces d'affinité chimique continue à exister dans son intégralité à l'intérieur du système solaire.

Or Helmholtz indique, dans la même page, comme le résultat de son calcul « que seule la 454^e partie environ de la force mécanique primitive subsiste encore comme telle », - à savoir dans le système solaire. Comment les choses peuvent-elles s'accorder ? La force d'attraction, tant universelle que chimique, existe encore intacte dans le système solaire. Helmholtz n'indique pas d'autre source précise de force. Certes, d'après Helmholtz, ces forces ont fourni un énorme travail. Mais elles n'ont de ce fait ni augmenté, ni diminué. De chaque molécule dans le système solaire et du système solaire tout entier lui-même, nous pouvons dire, comme plus haut du poids de l'horloge : « Sa pesanteur n'est ni perdue, ni diminuée. » Il en est de tous les éléments chimiques comme plus haut du carbone et de l'oxygène : toute la quantité donnée de chacun d'eux demeure comme par le passé, et même « toute la force d'affinité, aussi puissante qu'avant ». Qu'avons-nous donc perdu et quelle « force » a donc fourni le travail énorme qui est 453 fois plus grand que celui que le système solaire peut encore fournir d'après ses calculs ? jusque-là Helmholtz ne nous donne pas de réponse. Mais plus loin il dit : « Nous ne savons pas s'il existait encore [dans la nébuleuse primitive] une autre *réserve de force sous forme de chaleur*⁹². »

Pardon. La chaleur est une « force » de répulsion, elle agit donc *en sens* opposé à celle de la pesanteur et de l'attraction chimique, eue est de signe -, si celles-ci sont affectées du signe +. Si donc Helmholtz a constitué sa réserve primitive de force avec de *l'attraction* universelle et chimique, une réserve de chaleur qui existerait - encore outre celle-ci ne devrait pas Être ajoutée à cette réserve de force, mais en être retranchée. Sinon la chaleur solaire devrait *renforcer* la force d'attraction de la terre, lorsque, - précisément *contre celle-ci*, - elle fait évaporer l'eau et s'élever la vapeur ; ou bien la chaleur d'un tube de métal incandescent, dans lequel on fait passer de la vapeur d'eau, devrait *renforcer* l'attraction chimique de l'oxygène et de l'hydrogène, alors qu'au contraire elle la fait cesser.

⁹² Souligné par Engels. (N.R.)

Ou, pour expliquer la chose sous une autre forme : admettons que la nébuleuse de rayon r , donc de volume $4\pi r^3/3$ ait la température t . Admettons par ailleurs qu'une seconde nébuleuse de même masse ait, à la température plus élevée T , le rayon plus grand R et le volume $4\pi R^3/3$. Il est évident que, dans la seconde nébuleuse, l'attraction, tant mécanique que physique et chimique, peut agir avec la même force que dans la première uniquement lorsque cette nébuleuse s'est contractée pour passer du rayon R au rayon r , c'est-à-dire que la différence de température $T - t$ a rayonné une quantité correspondante de chaleur dans l'espace de l'univers. La nébuleuse plus chaude se condensera donc plus tard que la froide, par conséquent, considérée du point de vue de Helmholtz, la chaleur, en tant qu'obstacle à la condensation, n'est pas un « plus », mais un « moins » de la « réserve de forces ». En admettant la possibilité dans la nébuleuse primitive d'une certaine quantité, sous forme de chaleur, de mouvement de répulsion qui s'ajouterait aux formes d'attraction du mouvement et augmenterait leur somme, Helmholtz commet une évidente erreur de calcul⁹³.

Affectons maintenant du même signe toute cette « réserve de forces », tant théoriquement possible qu'expérimentalement démontrable, afin qu'il soit possible de l'additionner. Comme provisoirement nous ne pouvons pas encore convertir la chaleur et remplacer sa répulsion par l'attraction équivalente, il nous faudra opérer ce changement de signe pour les deux formes d'attraction. Alors, au lieu de la force d'attraction universelle, au lieu de la force d'attraction chimique; et au lieu de la chaleur, qui au surplus existait déjà peut-être comme telle au début, nous avons simplement à poser la somme du mouvement de répulsion existant dans la nébuleuse au moment où elle s'est rendue indépendante, ou, comme on dit, de l'énergie. Et le calcul de Helmholtz concorde aussi avec cela, lorsqu'il veut calculer

le réchauffement qui devait naître de la condensation primitive supposée des corps célestes de notre système à partir d'une substance gazeuse diffuse.

En réduisant ainsi toute la « réserve de forces » à la chaleur, à la répulsion, il donne aussi la possibilité d'additionner la « réserve de force calorique » présumée. Alors le calcul exprime le fait que les 453/454e de toute l'énergie contenue primitivement dans la nébuleuse, c'est-à-dire de la répulsion, sont rayonnés dans l'espace sous forme de chaleur, ou plus exactement, que la somme de toute l'attraction dans le système solaire actuel est à la somme de toute la répulsion qui y existe encore comme 454 est à 1. Mais alors le calcul contredit exactement le texte de la conférence auquel il est joint en qualité de démonstration.

Or, si la notion de force, même chez un physicien comme Helmholtz, prête à une telle confusion d'idée, c'est la preuve qu'elle est somme toute scientifiquement inutilisable dans toutes les branches de recherches qui vont au delà de la mécanique mathématique. Dans la mécanique, on admet les causes du mouvement comme données, et on ne se préoccupe pas de leur origine, mais seulement de leurs effets. Donc si l'on désigne une cause de mouvement comme une force, cela ne porte pas

⁹³ Aujourd'hui la physique nucléaire pratique couramment le bilan des énergies attractives et des énergies répulsives à l'intérieur du noyau, bilan qui conditionne la stabilité et les transmutations du noyau. Cependant l'opposition entre mouvement attractif et mouvement répulsif n'a pas été jusqu'ici élevée à la hauteur d'un principe universel d'explication théorique par la physique, bien qu'il ouvre une voie féconde à la recherche. (N.R.)

préjudice à la mécanique en tant que telle ; mais l'on s'habitue à transposer ce terme en physique, en chimie, en biologie, et alors la confusion est inévitable Nous l'avons vu et nous le verrons souvent encore.

Nous traiterons de la notion de travail dans le chapitre suivant.

Par contre, j'ai toujours trouvé jusqu'ici que les concepts fondamentaux de ce domaine (c'est-à-dire « les concepts physiques fondamentaux de travail et leur caractère immuable ») semblent très difficiles à saisir pour les personnes qui ne sont pas passées par l'école de la mécanique mathématique, malgré tout leur zèle, leur intelligence et même un degré assez élevé de connaissances scientifiques. Il ne faut pas non plus méconnaître que ce sont des abstractions d'une sorte toute particulière. Leur intelligence n'a-t-elle pas été jusqu'à présenter quelque difficulté, même pour un esprit comme E. Kant, ainsi que le montre la polémique qu'il a soutenue sur cette question contre Leibniz.

Ainsi parle Helmholtz. (*Conférences scientifiques populaires*, II, préface ⁹⁵).

Ainsi nous nous risquons maintenant sur un terrain très dangereux, d'autant plus dangereux que nous ne pouvons guère nous permettre de conduire le lecteur « par l'école de la mécanique mathématique ». Mais peut-être apparaîtra-t-il que, là où il s'agit de concepts, la pensée dialectique conduit tout au moins à des résultats aussi féconds que le calcul mathématique.

Galilée découvrit d'une part la loi de la chute des corps, selon laquelle les espaces parcourus sont Proportionnels aux carrés des temps de chute. A côté de cela, il établit le principe qui, comme nous le verrons, ne correspond pas tout à fait à cette loi, selon lequel la quantité de mouvement d'un corps (son *impeto ou momento*) est déterminée par la masse et la vitesse, de telle sorte qu'à masse constante elle est proportionnelle à la vitesse. Descartes reconnut ce dernier principe et fit d'une façon générale du produit de la masse d'un corps en mouvement par sa vitesse la mesure de son mouvement.

Huyghens trouvait déjà que, dans le choc élastique, la somme des produits des masses par les carrés des vitesses est la même avant et après le choc, et qu'une loi analogue est valable pour divers autres cas de mouvement de corps liés entre eux dans un système.

Leibniz fut le premier à voir que la mesure cartésienne du mouvement est en contradiction avec la loi de la chute des corps. Par ailleurs, il était indéniable que, dans bien des cas, la loi de Descartes était exacte. Leibniz divise donc les forces motrices en forces inertes et en forces vives. Les forces inertes étaient les « pressions » ou « tractions » de corps en repos, leur mesure le produit de la masse par la vitesse avec laquelle le corps se déplaçait s'il passait du repos au mouvement ; par contre comme mesure de la force vive, du mouvement réel d'un corps, il adopta le produit de la masse par le carré de la vitesse. Et il déduisit directement de la loi de la chute des corps cette nouvelle mesure du mouvement.

⁹⁴ Ce titre a été donné par Engels sur la première page du manuscrit de ce chapitre. Celui-ci est tiré de la troisième liasse. Dans le sommaire de cette liasse, rédigé par Engels, ce chapitre s'intitule : « Deux mesures du mouvement ». Il a été vraisemblablement écrit en 1880 ou 1881. (O.G.I.Z., Obs.)

⁹⁵ H. HELMHOLTZ : *Populäre wissenschaftliche Vorträge*, zweites Heft, Braunschweig, 1871, Vorrede, VI, VII. (N.R.)

Il faut - ainsi concluait Leibniz - la même force pour élever d'un pied un poids de quatre livres que pour élever de quatre pieds un poids d'une livre; or les chemins parcourus sont proportionnels au carré de la vitesse, car, lorsqu'un corps est tombé d'une hauteur de quatre pieds, il a atteint une vitesse double de celle qu'il aurait en tombant d'un pied. Mais, en tombant, les corps acquièrent la force de remonter à la hauteur d'où ils sont tombés ; donc les forces sont proportionnelles au carré de la vitesse. (SUTER : *Histoire des mathématiques*, II, p. 367 ⁹⁶.)

Mais, plus loin, il démontra que la mesure du mouvement mv est en contradiction avec le principe cartésien de la constance de la quantité de mouvement, car, si cette mesure était réellement valable, la force (c'est-à-dire la quantité de mouvement) dans la nature augmenterait ou diminuerait constamment. Il esqua même un projet d'appareil (1690, *Acta eruditorum*) ⁹⁷ qui, si la mesure mv était exacte, devait fournir un mouvement perpétuel donnant constamment une force nouvelle, ce qui serait absurde. A notre époque, Helmholtz a souvent utilisé ce genre d'argumentation.

Les cartésiens protestèrent de toutes leurs forces, et une longue et célèbre querelle se déchaîna, à laquelle Kant prit part lui aussi avec sa première oeuvre (*Pensées sur l'estimation vraie des forces vives*, 1746) ⁹⁸, sans toutefois y voir clair. Les mathématiciens d'aujourd'hui considèrent avec un certain mépris cette querelle « stérile » qui

se poursuivit pendant plus de quarante ans et divisa les mathématiciens d'Europe en deux camps hostiles, jusqu'à ce qu'enfin d'Alembert, dans son *Traité de dynamique* (1743), mit fin en quelque sorte par un arrêt sans appel à cette *inutile querelle de mots* ⁹⁹, car ce n'était pas autre chose. (SUTER, *ibid.* p. 366.)

Or il semblerait tout de même qu'une controverse qui fut soulevée par un penseur comme Leibniz contre un penseur aussi grand que Descartes, et qui occupa un homme tel que Kant au point qu'il lui consacra sa première oeuvre, un volume assez épais, ne peut pas reposer exclusivement sur une inutile querelle de mots. Et effectivement, comment peut-on concilier le fait que le mouvement ait deux mesures contradictoires, qu'il soit proportionnel, dans un cas, à la vitesse, dans l'autre, au carré de la vitesse ? Suter en prend très à son aise avec cette question; il dit que les deux parties avaient à la fois raison et tort :

L'expression « force vive » s'est pourtant maintenue jusqu'à nos jours, mais *elle n'est plus considérée comme mesure de la force* ¹⁰⁰, elle est une simple désignation, admise une fois pour toutes, du produit de la masse par le demi-carré de la vitesse qui joue un rôle si important en mécanique (p. 38)

De cette façon, mv reste la mesure du mouvement et la force vive n'est qu'une autre expression pour $mv^2/2$, formule dont certes nous apprenons qu'elle est très

⁹⁶ SUTER : *Geschichte der mathematischen Wissenschaften*, Zurich, 1875. (N.R.)

⁹⁷ *Acta eruditorum* (Rapports des savants) est une revue qui parut à Leipzig de 1682 à 1782. (N.R.)

⁹⁸ E. KANT: *Gedanken von der wahren Schätzung der lebendigen Kräfte*, in *Gesammelte Schriften*, Bd. 1, 1754. (N.R.)

⁹⁹ Souligné par Engels. (N.R.)

¹⁰⁰ Souligné par Engels. (N.R.)

importante pour la mécanique, mais dont nous ne savons vraiment plus maintenant ce qu'elle signifie.

Cependant, prenons en main ce *Traité de dynamique* sauveur et examinons de plus près « l'arrêt sans appel » de d'Alembert : il se trouve dans la *Préface*. Dans le texte, nous dit-on, toute cette question ne se présente absolument pas, du fait de « l'inutilité parfaite dont elle est pour la mécanique¹⁰¹ ». Ceci est tout à fait juste pour la mécanique *purement mathématique*, dans laquelle, comme plus haut chez Suter, les désignations verbales ne sont que des expressions autres, des appellations pour des formules algébriques, appellations derrière lesquelles il vaut mieux ne rien se représenter du tout. Cependant, puisque des gens aussi importants s'étaient occupés de la question, il voulait tout de même, lui d'Alembert, l'étudier brièvement dans la *Préface*. Par force des corps en mouvement, on pouvait, pour penser clairement, n'entendre que leur propriété de triompher d'obstacles ou de leur résister. En conséquence il ne fallait mesurer la force ni par mv , ni par mv^2 , mais seulement par les obstacles et la résistance qu'ils opposent.

Or il existe trois sortes d'obstacles: 1^o les obstacles insurmontables qui anéantissent totalement le mouvement, et qui, pour cette raison déjà, ne peuvent entrer en ligne de compte ici; 2^o les obstacles dont la résistance suffit juste à supprimer le mouvement et qui le font d'une façon momentanée : c'est le cas de l'équilibre; 3^o les obstacles qui ne suppriment le mouvement que peu à peu: c'est le cas du mouvement retardé.

Or, tout le monde convient qu'il y a équilibre entre deux corps, quand les produits de leurs masses par leurs vitesses virtuelles, c'est-à-dire par les vitesses avec lesquelles ils tendent à se mouvoir, sont égaux de part et d'autre. Donc, dans l'équilibre, le produit de la masse par la vitesse, ou, ce qui est la même chose la quantité de mouvement peut représenter la force. Tout le monde convient aussi que dans le mouvement retardé, le nombre des obstacles vaincus est comme le carré de la vitesse, en sorte qu'un corps qui a fermé un ressort, par exemple avec une certaine vitesse, pourra avec une vitesse double fermer, ou tout à la fois, ou successivement, non pas deux, mais quatre ressorts semblables au premier, neuf avec une vitesse triple et ainsi du reste. D'où les partisans des forces vives [les Leibniziens] concluent que la force des corps qui se meuvent actuellement est en général comme le produit de la masse par le carré de la vitesse. Au fond quel inconvénient pourrait-il y avoir à ce que la mesure des forces fût différente dans l'équilibre et dans le mouvement retardé, puisque, si on veut ne raisonner que d'après des idées claires, on doit n'entendre par le mot *force* que l'effet produit en surmontant l'obstacle ou en lui résistant¹⁰² ? (*Préface*, pp. XIX-XX de l'édition originale.)

Mais d'Alembert est encore beaucoup trop philosophe pour ne pas remarquer qu'il ne sera pas quitte à si bon compte de la contradiction d'une double mesure pour une seule et même force. Aussi, après s'être au fond contenté de répéter ce que Leibniz avait déjà dit, - car son équilibre est tout à fait la même chose que les « pressions inertes » chez Leibniz, - il passe brusquement du côté des cartésiens, et il trouve l'échappatoire suivante : le produit mv peut aussi être considéré comme mesure des

¹⁰¹ En français dans le texte. (N.R.)

¹⁰² Toute cette citation est en français dans le texte. (N.R.)

forces dans le mouvement retardé

si dans ce dernier cas on mesure la force non par la quantité absolue des obstacles, mais par la somme des résistances de ces mêmes obstacles. Car on ne saurait douter que cette somme des résistances ne soit proportionnelle à la quantité du mouvement (mv)¹⁰³, puisque, de l'aveu de tout le monde, la quantité de mouvement que le corps perd à chaque instant est proportionnelle au produit de la résistance par la durée infiniment petite de l'instant et que la somme de ces produits est évidemment la résistance totale¹⁰⁴.

Cette dernière manière de calculer lui paraît plus naturelle, car un obstacle n'est tel qu'en tant qu'il résiste, et c'est, à proprement parler, la somme des résistances qui est l'obstacle vaincu ; d'ailleurs, en estimant ainsi la force, on a l'avantage d'avoir pour l'équilibre et pour le mouvement retardé une mesure commune¹⁰⁵ (p. xxi).

Pourtant, dit-il, chacun pourra considérer cela comme il voudra. Et après qu'il croit, comme Suter lui-même l'admet, avoir résolu la question par un procédé mathématique incorrect, il conclut son exposé par des remarques désagréables sur la confusion qui a régné chez ses prédécesseurs-et il affirme qu'après les observations qu'il vient de faire il n'y a plus possibilité que pour une discussion métaphysique tout à fait futile, ou même pour une querelle de mots plus indigne encore.

La proposition conciliatrice de d'Alembert aboutit au calcul suivant :

Une masse 1 avec une vitesse 1 ferme 1 ressort dans l'unité de temps.

Une masse 1 avec une vitesse 2 ferme 4 ressorts, mais a besoin de 2 unités de temps, donc ferme dans l'unité de temps 2 ressorts seulement.

Une masse 1 avec une vitesse 3 ferme 9 ressorts dans 3 unités de temps, donc ferme dans 1 unité de temps 3 ressorts seulement.

Cela signifie que, si nous divisons l'effet par le temps nécessaire à l'obtenir, nous revenons de mv^2 à mv .

C'est le même argument que Catelan¹⁰⁶, notamment, avait déjà utilisé auparavant contre Leibniz : un corps de vitesse 2 s'élève certes contre la pesanteur 4 fois plus haut qu'un corps de vitesse 1 ; mais il lui faut le double de temps ; par conséquent il faut diviser la quantité de mouvement par le temps, et elle est égale à 2, non à 4. Et, chose étrange, c'est aussi le point de vue de Suter qui a, il est vrai, enlevé tout sens logique à l'expression « force vive » pour ne lui laisser qu'un sens mathématique. Toutefois cela est naturel. Pour Suter, il s'agit de sauver la valeur de la formule mv comme unique mesure de la quantité de mouvement, et c'est pourquoi mv^2 est sacrifié sur le plan logique pour ressusciter transfiguré dans le ciel des

¹⁰³ Cette addition entre parenthèses est d'Engels. (N.R.)

¹⁰⁴ Toute la citation est en français dans le texte. (N.R.)

¹⁰⁵ Toute la citation est en français dans le texte. (N.R.)

¹⁰⁶ En 1686-1687, l'abbé Catelan publia dans les *Nouvelles de la République des Lettres* deux articles où il prenait contre Leibniz la défense de la mesure cartésienne du mouvement (mv). (N.R.)

mathématiques.

Il est en tout cas exact que l'argumentation de Catelan est un des points qui permet de passer de mv^2 à mv et, de ce fait, elle est d'importance.

Les mécaniciens, après d'Alembert, n'acceptèrent nullement sa décision sans appel, car son jugement final était en faveur de mv comme mesure du mouvement. Ils s'en tinrent à l'expression qu'il avait donnée pour la distinction déjà faite par Leibniz entre forces inertes et forces vives : ce qui vaut pour l'équilibre, donc pour la statique, c'est mv ; pour le mouvement entravé, donc pour la dynamique, c'est mv^2 . Quoique exacte dans l'ensemble, cette distinction n'a pourtant sous cette forme pas plus de sens logique que le distinguo bien connu du sous-officier prussien: en service, toujours « à moi », en dehors du service, toujours « moi »¹⁰⁷. On l'accepte en silence, c'est ainsi, nous ne pouvons rien y changer, et si, dans cette double mesure, il y a contradiction, qu'y pouvons-nous ?

Ainsi, par exemple, Thomson et Tait *Traité de philosophie naturelle*, Oxford, 1867¹⁰⁸, p. 162 : *La quantité de mouvement ou le moment d'un solide en mouvement sans rotation est proportionnel au produit de sa masse par sa vitesse. Une masse double ou une vitesse double correspondraient à une quantité double de mouvement.*

Et aussitôt après : *La vis viva ou l'énergie cinétique d'un corps en mouvement est proportionnelle au produit de la masse par le Carré de la vitesse.*

On rapproche les deux mesures contradictoires du mouvement sous cette forme tout à fait grossière, sans faire la moindre tentative pour expliquer la contradiction, ou même seulement pour la masquer. Il est interdit de penser dans le livre de ces deux Écossais, il n'est permis que de calculer. Rien d'étonnant à ce que l'un d'eux au moins, Tait, compte parmi les chrétiens les plus croyants de la croyante Écosse.

Dans les cours de Kirchhoff sur la mécanique mathématique, les formules mv et mv^2 ne se rencontrent pas du tout sous *cette forme*.

Peut-être Helmholtz va-t-il nous venir en aide. Dans son livre *Sur la conservation de la force*¹⁰⁹, il propose d'exprimer la force vive par $mv^2/2$ point sur lequel nous reviendrons. Puis, page 20 et suivantes, il fait une brève énumération des cas où le principe de la conservation de la force (donc $mv^2/2$) a été jusqu'ici utilisé et reconnu. On y trouve sous le numéro 2:

La transmission des mouvements par les corps solides et liquides incompressibles, dans la mesure où il n'y a pas frottement ou choc de substances non élastiques. Dans ces cas-là, notre principe général s'exprime ordinairement comme la règle selon laquelle un mouvement transmis ou modifié par des dispositifs mécaniques perd toujours exactement autant en intensité de force qu'il gagne en vitesse. Si nous

¹⁰⁷ Les Allemands ont, dans beaucoup de régions, et notamment en Prusse, de la peine à employer correctement les deux formes *mir* (à moi) et *mich* (moi). Le sous officier, incapable d'expliquer l'emploi de ces deux cas, avait trouvé une distinction commode ! (N.R.)

¹⁰⁸ W. THOMSON et A. G. TAIT: *A Treatise of Natural Philosophy*, Oxford, 1867. Par philosophie naturelle, il faut entendre ici physique théorique. (N.R.)

¹⁰⁹ HELMHOLTZ: *Ueber die Erhaltung der Kraft*, Berlin, 1847, p. 9. (N.R.)

nous représentons donc qu'une machine qui engendre de la force de travail d'une manière uniforme grâce à un processus quelconque, soulève un poids m avec une vitesse c , un autre dispositif mécanique pourra soulever le poids nm , mais seulement à la vitesse n/c , de telle sorte que, dans les deux cas, la quantité de force de tension produite dans la machine dans l'unité de temps sera représentée par mgc , for. mule ou g représente l'intensité de la pesanteur. (Loc. cit. p. 21.)

Ainsi, nous avons ici encore cette contradiction: une « intensité de force », qui augmente ou diminue proportionnellement à la vitesse, doit servir à prouver la conservation d'une intensité de force, qui augmente ou diminue proportionnellement au carré de la vitesse.

Bien sûr, nous voyons ici que mv et $mv^2/2$ servent à déterminer deux processus tout à fait différents, mais nous le savions depuis longtemps, mv^2 ne peut pas être $= mv$, à moins que $v = 1$. Il s'agit de nous faire comprendre pourquoi le mouvement a deux sortes de mesure, chose qui est aussi impossible en science que dans le commerce. Essayons donc d'y parvenir par une voie différente.

On mesure donc par mv « un mouvement transmis ou modifié par des dispositifs mécaniques » ; cette mesure est donc valable pour le levier et toutes ses formes dérivées, roue, vis, etc., bref pour tout mécanisme transmettant le mouvement. Or un raisonnement très simple et nullement neuf montre que, dans la mesure où mv est valable, mv^2 l'est aussi. Prenons un dispositif mécanique quelconque dans lequel les bras de levier soient réciproquement dans le rapport de 4 à 1, lequel, par conséquent, un poids de 1 kg. équilibre un poids de 4 kg. Par une très faible addition de force sur 1. un des bras de levier, nous élevons donc 1 kg. de 20 m. ; la même addition de force appliquée cette fois à l'autre bras élèvera 4 kg. de 5 m, le poids qui l'emporte s'abaissant dans le même temps que -l'autre s'élève. Masses et vitesse sont en raison inverse : mv , $1 \times 20 = m'v'$, 4×5 . Par contre si, après l'avoir élevé, nous laissons retomber librement chacun des poids au niveau primitif, le poids de 1 kg. atteint, après avoir parcouru une distance de 20 m, une vitesse de 20 m. (en prenant ici comme accélération de la pesanteur 10 m. en chiffre rond au lieu de 9 m, 81) ; par contre, le poids de 4 kg. atteint, après avoir parcouru une distance de 5 m., la vitesse de 10 m. ¹¹⁰

$$mv^2 = 1 \times 20 \times 20 = 400 \quad m'v'^2 = 4 \times 10 \times 10 = 400.$$

Par contre les temps de chute sont différents: les 4 kg. parcourent leurs 5 m. en 1 seconde, le kilo ses 20 m. en 2 secondes. On néglige évidemment ici le frottement et la résistance de l'air.

Mais, après que chacun des corps est tombé de sa hauteur, son mouvement a cessé. mv apparaît donc ici comme la mesure du mouvement mécanique simplement transmis, donc qui continue, mv^2 comme celle du mouvement mécanique disparu.

Continuons. Il en va de même dans le cas du choc de deux corps parfaitement élastiques : la somme du produit des masses par la vitesse et celle du produit des

¹¹⁰ Engels calcule la vitesse d'un corps en chute libre selon la formule $v = \sqrt{2gh}$, v étant la vitesse, g l'accélération de la pesanteur et h la hauteur d'où tombe le corps. (O.G.I.Z., Obs.)

masses par le carré de la vitesse restent constantes avant et après le choc. Les deux mesures ont ici la même validité..

Il n'en est pas de même dans le cas du choc de corps non élastiques. Ici, les manuels élémentaires courants (la mécanique supérieure ne s'occupe presque plus du tout de telles bagatelles) nous apprennent que la somme des mv est également la même avant et après le choc. Par contre, il se produirait une perte de force vive, car, si l'on retranche la somme des mv^2 après le choc de celle d'avant le choc, il y aurait un reste en tout cas positif ; la force vive aurait été diminuée de cette quantité (ou de sa moitié suivant la façon de voir) par la pénétration réciproque, ainsi que par le changement de forme réciproque des deux corps qui se heurtent. Cette dernière chose est claire et évidente. Il n'en va pas de même de la première affirmation suivant laquelle la somme des mv reste la même après le choc qu'avant. La force vive est, malgré Suter, du mouvement et, s'il s'en perd une partie, du mouvement se perd. Donc, ou bien mv exprime ici d'une façon inexacte la quantité de mouvement, ou bien l'affirmation précédente est fautive. D'une manière générale, tout ce théorème date d'une époque où l'on n'avait pas encore idée de la transformation du mouvement, où donc on n'admettait une disparition du mouvement mécanique que là où l'on ne pouvait pas faire autrement. Ainsi on prouve l'égalité de la somme des mv avant et après le choc par le fait que nulle part cette somme n'augmente ni ne diminue. Mais, si les corps perdent de la force vive du fait du frottement intérieur correspondant à leur absence d'élasticité, ils perdent aussi de la vitesse, et la somme des mv doit être plus petite après le choc qu'avant¹¹¹. Car il n'est pas possible de négliger le frottement intérieur dans le calcul des mv , alors qu'il fait apparaître si nettement son importance dans le calcul des mv^2 .

Cependant cela ne change rien, même si nous acceptons ce théorème et si nous calculons la vitesse après la chute en partant de la supposition que la somme des mv est demeurée la même, nous trouvons même alors que la somme des mv^2 a diminué. Ici donc, mv et mv^2 se trouvent en opposition, et cela relativement à la différence de mouvement mécanique réellement disparu. Et le calcul lui-même démontre que la somme des mv^2 exprime correctement la quantité de mouvement, mais la somme des mv l'exprime de façon inexacte.

Ce sont là à peu près tous les cas dans lesquels mv est employé en mécanique. Étudions maintenant quelques cas où l'on emploie mv^2 .

Quand un obus part du canon, il épuise sur sa trajectoire une quantité de mouvement qui est proportionnelle à mv^2 , qu'il frappe un but solide ou qu'il cesse de se mouvoir par suite de la résistance de l'air et de la pesanteur. Quand un train entre en collision avec un second train à l'arrêt, la puissance du choc et les dégâts qui en résultent sont proportionnels à son mv^2 . De même mv^2 s'applique au calcul de toute force mécanique nécessaire pour vaincre une résistance.

Mais que signifie cette formule commode, si familière aux mécaniciens : vaincre une résistance ?

Lorsqu'en soulevant un poids nous vainquons la résistance de la pesanteur, il disparaît une quantité de mouvement, une quantité de force mécanique égale à celle

¹¹¹ La somme des mv n'est la même après qu'avant le choc qu'à condition de tenir compte de la direction de la vitesse, en d'autres termes d'effectuer une somme géométrique et non une somme ordinaire. (N.R.)

qui peut être produite à nouveau par la chute directe ou indirecte du poids soulevé tombant de la hauteur qu'il a atteinte jusqu'à son niveau initial. Elle se mesure par le demi-produit de sa masse par le carré de la vitesse finale atteinte dans la chute, soit $\frac{mv^2}{2}$. Que s'est-il passé lors de l'élévation ?

Le mouvement mécanique ou la force mécanique ont disparu en tant que tels. Mais celle-ci n'a pas été anéantie: elle s'est transformée en force mécanique de tension, pour employer l'expression de Helmholtz, en énergie potentielle, comme disent les modernes, en ergal comme Clausius l'appelle, et à un moment quelconque, de n'importe quelle manière admissible en mécanique, elle peut être reconvertie en mouvement mécanique de quantité égale à celle qui avait été nécessaire pour la produire. L'énergie potentielle n'est que l'expression négative de la force vive, et inversement.

Un obus de 24 livres frappe à une vitesse de 400 m.- seconde la paroi métallique de 1 m. d'épaisseur d'un cuirassé et n'a dans ces conditions aucun effet visible sur le blindage du navire. Il a donc disparu un mouvement mécanique égal à $\frac{mv^2}{2}$, donc, étant donné que 24 livres = 12 kg., égal à $12 \times 400 \times 400 \times 1/2 = 960.000$ kilogrammes. Qu'est-il devenu ? Une partie insignifiante a servi à ébranler le blindage et à provoquer en lui un déplacement des molécules. Une autre partie a servi à faire exploser l'obus en éclats innombrables. Mais la plus grande partie s'est transformée en chaleur et a chauffé l'obus à blanc. Lorsque les Prussiens en 1864, lors de la traversée vers l'île d'Alsen, firent donner leur artillerie lourde contre les parois cuirassées du Rolf Krake¹¹², ils virent dans 4l'obscurité à chaque coup au but l'éclair de l'obus brusquement porté au rouge, et Whitworth avait prouvé auparavant déjà par des expériences que des obus explosifs contre des cuirassés n'ont pas besoin de fusée; le métal incandescent lui-même allume la charge explosive. Si l'on admet comme équivalent mécanique de l'unité de quantité de chaleur 424 kilogrammètres, à la quantité de mouvement mécanique considéré correspondent 2.264 unités calorifiques. La chaleur spécifique du fer est = 0,1140, c'est-à-dire que la quantité de chaleur qui élève de in centigrade la température de 1 kg. d'eau et qui sert d'unité calorifique suffit pour élever de 1° la température de $\frac{1}{0.1140} = 8,772$ kg. de fer. Les 2.264 unités calorifiques en question élèvent donc la température d'un kg. de fer de $8,772 \times 2264 = 19.860^\circ$, ou la température de 19.860 kg. de fer de 1°. Comme cette quantité de chaleur se répartit également sur le blindage du navire et sur l'obus qui le frappe, la température de celui-ci s'élèverait de $\frac{19.860^\circ}{2 \times 12} = 828^\circ$, ce qui donne déjà une jolie incandescence. Mais, comme la partie antérieure de l'obus, la partie qui est à l'impact reçoit en tout cas la plus grande partie de l'échauffement, à peu près deux fois plus que la partie postérieure; la première serait réchauffée de 1.104 degrés et la seconde de 552 degrés, ce qui suffirait entièrement à expliquer l'effet d'incandescence, même si nous en retranchons une partie considérable pour le travail mécanique réellement fourni à l'impact.

¹¹² Cuirassé danois, qui se trouvait dans la nuit du 29 juin 1864 sur les côtes de l'île d'Alsen et avait pour mission d'empêcher le passage des troupes prussiennes en direction de l'île. (O.G.I.Z., Obs.)

Dans le frottement il disparaît également: du mouvement mécanique, pour reparaître sous forme de chaleur. On sait qu'en mesurant avec le maximum de précision possible le deux phénomènes qui se correspondent réciproquement, Joule à Manchester et Colding à Copenhague réussirent les premiers à déterminer expérimentalement de façon approchée l'équivalent mécanique de la chaleur.

Les choses se passent de même lors de la production d'un courant électrique dans une machine électromagnétique au moyen de force mécanique, par exemple d'une machine à vapeur. La quantité des forces dites électromotrices ¹¹³, produite dans un temps donné est proportionnelle, - et, si elle est exprimée à l'aide de la même unité de mesure, égale, - à la quantité de mouvement mécanique dépensée dans le même temps. Nous pouvons imaginer que celui-ci, au lieu d'être produit par une machine à vapeur, est produit par un poids qui s'abaisse sous l'effet de la pesanteur. La force mécanique que celui-ci peut fournir est mesurée par la force vive qu'il acquerrait. s'il tombait en chute libre de la même hauteur, ou par la force nécessaire à le soulever à nouveau à la hauteur primitive, soit, dans les deux cas, par $mv^2/2$.

Nous trouvons ainsi que le mouvement mécanique possède certes une double mesure. Mais nous nous persuadons aussi que chacune de ces mesures est valable pour une série limitée et très définie de phénomènes. Si un mouvement mécanique déjà existant est transmis de telle sorte qu'il se conserve en tant que mouvement mécanique, il se transmet selon la formule du produit de la masse par la vitesse. Mais, s'il est transmis de telle sorte qu'il disparaisse en tant que mouvement mécanique, pour reparaître sous la forme d'énergie potentielle, de chaleur, d'électricité, etc., si. en un mot il est transformé en quelque autre forme de mouvement, la quantité de cette nouvelle forme de mouvement est proportionnelle au produit de la masse primitivement mise en mouvement par le carré (le la vitesse. En un mot, mv est du mouvement mécanique mesuré en mouvement mécanique ; $mv^2/2$ est du mouvement mécanique mesuré par sa faculté de se transformer en une certaine quantité d'une autre forme de mouvement. Et nous avons vu que ces deux mesures ne se contredisent cependant pas parce qu'elles sont de caractère différent ¹¹⁴.

Ainsi, il est donc évident que la querelle de Leibniz avec les Cartésiens n'était nullement une simple querelle de mots et que, au fond, « la décision sans appel » de d'Alembert ne résolvait rien du tout. D'Alembert aurait pu s'épargner ses tirades sur l'obscurité des conceptions de ses prédécesseurs, car il n'y voyait pas plus clair que ceux-ci. Et en fait tant qu'on ne savait pas ce que devient le mouvement mécanique apparemment détruit, on ne devait pas y voir clair. Et tant que les spécialistes de la mécanique mathématique restent, comme Suter, obstinément enfermés entre les quatre murs de leur science particulière, ils n'y voient pas plus clair que d'Alembert et ils sont obligés de nous payer de formules vides et contradictoires.

Mais comment la mécanique moderne exprime-t-elle cette transformation du

¹¹³ Voir notes 1, p. 115 et 2, p. 127 (N.R.)

¹¹⁴ Toute forme de mouvement inclut en effet du mouvement mécanique. Et lorsqu'il y a changement de forme du mouvement, la loi de conservation de la somme (géométrique) des mv s'applique à la transmission de la part mécanique du mouvement, tandis que la loi de conservation de l'énergie s'applique à la quantité totale de mouvement métamorphosé. Qu'il s'agisse du calcul de l'effet mécanique de la lumière sur une surface éclairée, de la collision d'un électron avec un photon ou de tout autre phénomène, les physiciens appliquent couramment la loi d'Engels. Mais aucun traité de physique n'a donné, jusqu'ici, en France, l'expression claire et directe de cette loi, ni, surtout, sa portée universelle. (N.R.)

mouvement mécanique en une autre forme de mouvement qui lui est quantitativement proportionnelle ? - Il a *fourni du travail*, et, qui plus est, telle et telle quantité de travail. Mais le concept de travail au sens physique n'est pas épuisé pour autant. Lorsque, comme c'est le cas dans la machine à vapeur ou dans toute machine thermique, de la chaleur est convertie en mouvement mécanique, c'est-à-dire que du mouvement moléculaire est transformé en mouvement de masses, lorsque la chaleur décompose une combinaison chimique, quand, dans la pile thermoélectrique, elle se convertit en électricité, quand un courant électrique dissocie les éléments constitutifs de l'eau à partir de l'acide sulfurique dilué, ou qu'inversement le mouvement libéré lors du processus chimique (le quelque élément galvanique (autrement dit l'énergie) prend la forme d'électricité et que celle-ci, en circuit fermé, se convertit à son tour en chaleur, dans tous ces phénomènes, la forme de mouvement initiale qui se convertit en une autre au cours du processus et grâce à lui, produit du travail et, qui plus est, une quantité de travail correspondant à sa propre quantité.

Le travail est donc le changement de forme du mouvement, considéré sous son aspect quantitatif.

Mais quoi ? Lorsqu'un poids soulevé reste tranquillement suspendu en l'air, son énergie potentielle pendant le repos est-elle aussi une forme de mouvement ? Bien entendu. Et même Tait en est arrivé à la conviction que l'énergie potentielle prendra dans la suite une forme de mouvement réel (*Nature*¹¹⁵, XIV, 459). Et en outre Kirchhoff va bien plus loin encore en disant (*Mécanique mathématique*, p. 32)¹¹⁶ : « Le repos est un cas Particulier du mouvement », prouvant ainsi qu'il n'est pas seulement capable de calculer, mais aussi de penser dialectiquement.

Ainsi, en examinant les deux mesures du mouvement mécanique, nous avons obtenu presque sans effort, accessoirement, le concept du travail, dont on nous disait qu'il était si difficile à saisir sans mécanique mathématique. Et, en tout cas, nous en savons plus maintenant à son sujet que nous n'en apprenons dans la conférence d'Helmholtz de 1862 sur la « conservation de la force », dans laquelle il s'est précisément fixé comme but d' « éclaircir le plus possible les concepts physiques fondamentaux de travail et leur caractère immuable ». Tout ce que nous y apprenons quant au travail, c'est qu'il est quelque chose qui s'exprime en livres-pieds ou encore en unités de quantité de chaleur et que le nombre de ces livres-pieds ou de ces unités de quantité de chaleur est invariable pour une certaine quantité de travail; que de plus, en dehors des forces mécaniques ou de la chaleur, les forces chimiques et électriques aussi peuvent fournir du travail, mais que toutes ces forces épuisent leur capacité de travail, dans la mesure où elles produisent réellement du travail. Et qu'il s'ensuit que la somme des quantités de forces susceptibles d'action dans l'ensemble du monde reste, malgré toutes les transformations qui ont lieu dans, la nature, éternellement et immuablement la même. Chez Helmholtz. le concept de travail n'est ni développé, ni même seulement défini¹¹⁷. Et c'est précisément la

¹¹⁵ Engels pense à l'article de Tait : « La force » publié dans la revue anglaise *Nature* du 21 septembre 1876. (O.G.I.Z., Obs.)

¹¹⁶ *Vorlesungen über mathematische Physik. Mechanik*, Leipzig, 1876. (N.R.)

¹¹⁷ Nous ne faisons pas un pas de plus si nous consultons Clerk Maxwell. Celui-ci dit (*Théorie de la chaleur*, 40^e édition, Londres, 1875)*, p. 87 : « Le travail est produit quand une résistance est vaincue » et p. 185 : « L'énergie

constance quantitative de la grandeur du mouvement qui l'empêche de voir que le changement qualitatif, le changement de forme est la condition fondamentale du travail physique. Et c'est ainsi qu'Helmholtz peut s'aventurer à prétendre :

Le frottement et le choc non élastique sont des processus dans lesquels du *travail mécanique est détruit*¹¹⁸ et, en compensation, de la chaleur engendrée. (Conf. pop., II, p. 166.)

C'est tout le contraire. Ici, il n'y a pas de travail mécanique *détruit* il y a du travail mécanique *accompli*. C'est le *mouvement* mécanique qui est *apparemment* détruit. Mais le mouvement mécanique ne peut jamais ni nulle part produire un millionième de kilogrammètre de travail, sans être apparemment détruit en tant que tel, sans se convertir en une autre forme de mouvement.

Or la capacité de travail contenue dans une quantité déterminée de mouvement mécanique s'appelle, comme nous l'avons vu, sa force vive et elle était mesurée jusqu'à ces derniers temps par mv^2 . Mais ici surgissait une nouvelle contradiction. Écoutons Helmholtz (*Conservation de la force*, p. 9) : il nous dit que la grandeur du travail peut s'exprimer par un poids m soulevé d'une hauteur h ; si nous représentons l'intensité de la pesanteur par g , elle est donc égale à mgh . Pour s'élever verticalement et librement à la hauteur h , m a besoin d'une vitesse $v = \sqrt{2gh}$, vitesse qu'il atteint de nouveau en tombant de cette même hauteur. Donc $mgh = \frac{mv^2}{2}$, et Helmholtz propose

de désigner immédiatement la grandeur $mv^2/2$ comme la quantité de force vive, grâce à quoi elle devient identique à la mesure de la grandeur du travail. Pour l'application qui a été faite jusqu'ici du concept de force vive... ce changement est sans importance, tandis que pour la suite il nous assurera des avantages essentiels.

C'est à peine croyable. Helmholtz en 1847 a une idée si peu claire de la question des relations réciproques entre la force vive et le travail qu'il ne remarque pas qu'il transforme l'ancienne mesure proportionnelle de la force vive en sa mesure absolue et qu'il n'a aucunement conscience de l'importante découverte qu'il a faite avec sa démarche hardie : il ne recommande son $mv^2/2$ plutôt que mv^2 que pour des raisons de commodité ! Et c'est pour ces raisons de commodité que les mécaniciens ont laissé $mv^2/2$ prendre droit de cité. Ce n'est que peu à peu qu'on a fait aussi la preuve mathématique de $mv^2/2$; on trouve la démonstration algébrique chez Naumann (*Chimie générale*, p. 7¹¹⁹, la démonstration analytique chez Clausius (*Théorie mécanique de la chaleur*, 2e éd., I, p. 18¹²⁰, laquelle est ensuite déduite et présentée différemment chez Kirchhoff (Loc. cit., p. 27).

Clerk Maxwell a donné (loc., cit., p. 88) une déduction algébrique élégante de $mv^2/2$

d'un corps est sa capacité de produire du travail. » C'est tout ce que nous apprenons sur ce point chez Maxwell à propos du travail. (*Note d'Engels.*)

* J. CLERK MAXWELL : *Theory of Heat*, 4th. ed., London, 1875. (N.R.)

¹¹⁸ Souligné par Engels. (N.R.)

¹¹⁹ Engels pense au livre de NAUMANN : *Handbuch der allgemeinen und physikalischen Chemie*, Heidelberg, 817. (O.G.I.Z., Obs.)

¹²⁰ CLAUDIUS : *Die mechanische Wärmetheorie*, 2. Aufl., II. Bd, Braunschweig, 1876, (N.R.)

en partant de mv , ce qui n'empêche pas nos deux Écossais Thomson et Tait de dire (loc. cit., p. 163): La vis viva, ou énergie cinétique d'un corps en mouvement, est proportionnelle à sa masse ainsi qu'au carré de sa vitesse. Si nous adoptons les mêmes unités de masse [et de vitesse] que précédemment (c'est-à-dire l'unité de masse se mouvant à la vitesse 1), il y a un avantage *particulier*¹²¹ à définir l'énergie cinétique comme le *demi*-produit de la masse par le carré de la vitesse.

Ainsi, les deux premiers mécaniciens d'Écosse ne sont pas trahis seulement par la pensée, mais par la faculté de calculer. L'avantage particulier, la commodité de la formule font figure d'argument décisif.

Pour nous, qui avons vu que la force vive n'est pas autre chose que la capacité pour une quantité de mouvement mécanique donné de produire du travail, il est évident que l'expression de la mesure mécanique de cette capacité de travail et celle du travail réellement fourni par elle doivent être égales entre elles; donc que, si $mv^2/2$ mesure le travail, la force vive doit avoir également $mv^2/2$ pour mesure. Mais c'est ainsi que les choses se passent dans la science. La mécanique théorique aboutit au concept de force vive, la mécanique pratique des ingénieurs aboutit à celui de travail et elle l'impose aux théoriciens. Et, à force de calculer, on a tellement perdu l'habitude de penser que pendant des années on ne reconnaît pas les liaisons de l'une et de l'autre chose, qu'on mesure l'une par mv^2 , l'autre par $mv^2/2$, acceptant finalement $mv^2/2$ pour les deux, non parce qu'on a compris le fond de l'affaire, mais pour la simplicité du calcul¹²².

¹²¹ Souligné par Engels. (N.R.)

¹²² Le mot « travail » et la notion correspondante viennent des ingénieurs anglais. Mais en anglais le travail pratique s'appelle *work*, le travail au sens économique *labour*. Aussi le travail physique est-il désigné par *work*, ce qui exclut toute possibilité de confusion avec le travail au sens économique. Ceci n'est pas le cas en allemand, et c'est pourquoi dans la littérature pseudo-scientifique moderne on a pu voir diverses applications étranges du travail au sens physique à des conditions de travail économiques et inversement. Or nous avons aussi le mot *Werk* qui, comme l'anglais *work*, est parfaitement propre à désigner le travail physique. Mais, comme l'économie est pour nos savants un domaine bien trop lointain, ils se décideront difficilement à l'introduire au lieu du mot *Arbeit* qui a déjà droit de cité, et, s'ils tentent de le faire, ce sera seulement lorsqu'il sera trop tard. Il n'y a que chez Clausius que l'on tente de conserver au moins l'expression *Werk* à côté de l'expression *Arbeit*. (Note d'Engels.)

THOMSON et TARR, Philo. naturelle, I, p. 191 (§ 276) ¹²⁴:

Sur tous les corps célestes qui ont, comme la terre, des parties de leur surface libre couvertes de masses liquides, il y a aussi, du fait du frottement qui ralentit le mouvement des marées, des résistances indirectes qui, tant que ces corps sont en mouvement relatif par rapport à des corps voisins, doivent continuer à soustraire de l'énergie à leurs mouvements relatifs ¹²⁵. Ainsi, si nous considérons tout d'abord l'action de la lune seule sur la terre avec ses océans, ses lacs et ses rivières, nous remarquons qu'elle doit tendre à rendre égales la période de rotation de la terre autour de son axe et la période de révolution des deux corps autour de leur centre d'inertie, car, tant que ces périodes sont différentes l'une de l'autre, l'action des marées à la surface de la terre doit continuer à retirer de l'énergie à leurs mouvements. Pour examiner la question plus en détail et éviter en même temps les complications inutiles, supposons que la lune représente un corps sphérique homogène. L'action et la réaction réciproque de la gravitation entre la masse de la lune et celle de la terre seront équivalentes à une force simple agissant en ligne droite et passant par le centre de la lune; et cette force *tend à ralentir la rotation de la terre tant que celle-ci s'accomplit en un temps Plus court que le mouvement de la lune autour de la terre* ¹²⁶. C'est pourquoi elle doit avoir une direction semblable à celle de la ligne MQ dans le diagramme qui représente, avec une énorme exagération nécessairement, son écart OQ du centre de la terre. Or la force s'exerçant sur la lune selon la droite MQ peut être considérée comme se composant d'une force s'exerçant selon la droite MO en direction du centre de la terre, sensiblement égale en grandeur à la force totale, et d'une force comparativement très petite s'exerçant selon MT, perpendiculaire à MO. Cette dernière force est très proche de la tangente à l'orbite de la lune, et elle s'exerce dans la direction de son mouvement. Si une telle force entrait brusquement en jeu, elle commencerait par accroître la vitesse de la lune; mais, au bout d'un certain temps, en vertu de cette accélération, la lune se serait éloignée de la terre à tel point que, se mouvant en opposition à l'attraction terrestre, elle devrait avoir perdu autant de vitesse qu'elle en a gagné par cette force tangentielle d'accélération. L'action d'une force tangentielle continue, s'exerçant dans la direction du mouvement, mais si petite qu'à chaque instant elle puisse provoquer seulement un faible écart du tracé de la forme circulaire de l'orbite, a pour résultat d'accroître graduellement la distance du satellite au corps central et d'obliger l'énergie cinétique perdue du mouvement à accomplir à son tour autant de travail contre l'attraction de la masse centrale qu'elle en a elle-même produit. On comprendra facilement ce qui se passe en se représentant que ce mouvement autour du corps central s'opère suivant une spirale se déroulant très graduellement vers l'extérieur. Si l'on admet que la force agit de façon inversement

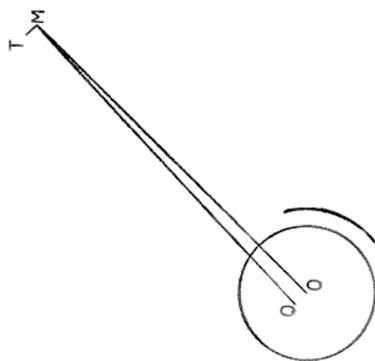
¹²³ Tiré de la troisième liasse. La première ligne de ce titre figure sur la page de titre placée par Engels en tête de ce chapitre, la seconde sur la première page du chapitre lui-même. L'époque de la rédaction est très vraisemblablement 1880 ou 1881. (O.G.I.Z., Obs.)

¹²⁴ Cf. note 2, page 96. (N.R.)

¹²⁵ Auparavant Thomson et Tait ont parlé des résistances directes au mouvement des corps, c'est-à-dire du type de celle exercée par l'air sur la trajectoire d'une balle de fusil. (O.G.I.Z., Obs.)

¹²⁶ Souligné par Engels. (N.R.)

proportionnelle au carré de la distance, la composante tangentielle de la force d'attraction s'exerçant contre le mouvement sera deux fois plus grande que la force tangentielle perturbatrice s'exerçant en direction du mouvement, et, par conséquent, la moitié du travail fourni contre la première sera accomplie par la dernière et l'autre moitié par l'énergie cinétique retirée au mouvement. L'effet intégral de l'action sur le mouvement de la lune de la cause particulière de perturbation que nous considérons maintenant sera très facile à trouver en utilisant le principe de la conservation de la somme des quantités de mouvement. Ainsi nous voyons qu'à tout instant il est gagné autant de moment de quantité de mouvement par les mouvements des centres d'inertie de la lune et de la terre par rapport à leur centre d'inertie commun qu'il en est perdu par la rotation de la terre autour de son axe. La somme des moments de quantité de mouvement des centres d'inertie de la lune et de la terre, en tant qu'elles se meuvent actuellement, est environ 4,45 fois plus grande que le moment actuel de quantité de mouvement de la rotation de la terre.



Le plan moyen du premier mouvement coïncide avec le plan de l'écliptique et par conséquent les axes des deux quantités de mouvement ont l'un par rapport à l'autre un angle moyen d'inclinaison de $23^{\circ} 27' 5''$, angle que nous pouvons prendre comme l'inclinaison réelle actuelle des deux axes, étant donné que nous négligeons l'influence du soleil sur le plan de l'orbite de la lune. Le moment résultant, ou total, de la quantité de mouvement est par conséquent 5,38 fois celui de la rotation présente de la terre et son axe a une inclinaison de $19^{\circ} 13'$ Par rapport à l'axe de la terre. Donc la tendance dernière des marées ¹²⁷ est de ramener la terre et la lune à une simple rotation uniforme avec ce moment résultant autour de cet axe résultant, comme si eues étaient deux parties d'un corps rigide : dans ce cas la distance de la lune augmenterait (approximativement) dans la proportion de 1 à 1,46, c'est-à-dire du rapport du carré du moment actuel de la quantité de mouvement des centres d'inertie au carré du moment total de quantité de mouvement; et la période de révolution augmenterait dans la proportion de 1 à 1,77, c'est-à-dire dans le rapport des cubes des mêmes quantités. Par conséquent, la distance de la terre à la lune augmenterait jusqu'à 347.100 milles et la période de révolution s'allongerait jusqu'à 48,36 jours. S'il n'y avait pas d'autre corps dans l'univers que la terre et la lune, ces deux corps continueraient à se mouvoir éternellement ainsi, décrivant une orbite circulaire autour de leur centre d'inertie commun, tandis que la terre tournerait autour de son axe dans le même temps, présentant toujours à la lune un seul et même côté, de sorte que tous les liquides à sa surface seraient en repos relatif par rapport à la partie solide du globe. Mais l'existence du soleil empêcherait un tel état de choses de devenir permanent. Il y aurait des marées solaires - deux flux et deux reflux - au

¹²⁷ Souligné par Engels. (N.R.)

cours de la révolution de la terre par rapport au soleil (en d'autres termes deux fois au cours de la journée solaire, ou ce qui revient au même, au cours du mois). Cela ne pourrait pas continuer sans perte d'énergie du fait du frottement des masses liquides¹²⁸. Il n'est pas facile de suivre le cours entier de la perturbation dans les mouvements de la terre et de la lune qui résulterait de cette cause, mais son résultat final devra être que la terre et le soleil se mettront à tourner autour de leur centre commun d'inertie, comme les parties d'un corps solide¹²⁹.

C'est en 1754 que, pour la première fois, Kant a émis l'idée que la rotation de la terre était ralentie par le frottement des marées et que cette action ne serait achevée que lorsque sa surface (celle de la terre) serait en repos relatif par rapport à la lune, c'est-à-dire lorsque la terre tournera autour de son axe dans le même temps que la lune met à tourner autour d'elle, en conséquence lorsque la terre lui présentera toujours le même côté¹³⁰.

Cependant il pensait que ce ralentissement avait pour seule origine le frottement des marées, donc la présence de masses liquides à la surface de la terre.

Si la terre était tout entière une masse solide, sans aucune masse liquide, ni l'attraction du soleil, ni celle de la lune ne pourraient changer en quoi que ce soit sa libre rotation autour de son axe ; car cette rotation entraîne avec une force égale les parties orientales, aussi bien que les parties occidentales du globe terrestre, et de ce fait n'est la cause d'aucune tendance ni vers un côté, ni vers l'autre ; par conséquent elle n'empêche aucunement la terre de poursuivre cette rotation en toute liberté, comme si elle n'éprouvait aucune influence extérieure¹³¹.

Kant pouvait se contenter de ce résultat. A l'époque, toutes les conditions scientifiques préalables qui eussent permis une compréhension plus approfondie de l'action de la lune sur la rotation de la terre faisaient défaut. N'a-t-il pas fallu près de cent ans pour que la théorie de Kant fût universellement reconnue et n'a-t-il pas fallu plus longtemps encore pour que l'on découvre que le flux et le reflux n'étaient que l'aspect *visible* de l'action de l'attraction du soleil et de la lune influençant la rotation de la terre ?

Cette conception plus générale des choses a été précisément développée par Thomson et Tait. Ce n'est pas seulement sur les masses liquides du globe terrestre, de sa surface, mais sur toute la masse terrestre en général que l'attraction du soleil et de la lune exerce une action qui freine la rotation de la terre. Tant que la période de rotation de la terre ne coïncide pas avec la période de révolution de la lune autour de la terre, l'attraction de la lune, - pour nous en tenir tout d'abord à celle-ci, - a pour effet de rapprocher de plus en plus les deux périodes l'une de l'autre. Si la période de rotation du corps central (relatif) était plus longue que le temps de révolution du satellite, la première serait peu à peu raccourcie ; si elle est plus courte, comme c'est le cas pour la terre par rapport à la lune, elle est allongée. Mais, ni dans le premier

¹²⁸ Souligné par Engels. (N.R.)

¹²⁹ Depuis, cette théorie a été amplement développée et on a pu trouver dans quelle proportion le frottement des marées allonge le jour. (N.R.)

¹³⁰ KANT: *Untersuchung der Fragt, ob die Erde in ihrer Umdrehung um die Achse... einige Veränderung seit den ersten Zeiten ihres Ursprungs erlitten hat.* (Édit. Hartenstein, tome I, p. 185.) (N.R.)

¹³¹ Loc. cit. pp. 182-183. (N.R.)

cas, il n'y a d'énergie cinétique créée à partir du néant, dans le second, il n'y en a d'anéanti. Dans le premier cas, le satellite se rapprocherait du corps Central, et son temps de révolution diminuerait; dans le second cas, il s'éloignerait de lui et verrait son temps de révolution allongé. Dans le premier cas, le satellite en se rapprochant du corps Central perd exactement autant d'énergie potentielle que le corps central gagne d'énergie cinétique en tournant plus rapidement autour de son axe ; dans le second, l'augmentation de la distance fait gagner au satellite exactement autant d'énergie potentielle que le corps central perd d'énergie cinétique de rotation. La somme totale de l'énergie dynamique (potentielle et cinétique) existant dans le système terre-lune reste inchangée; ce système est tout à fait conservateur ¹³².

On voit que cette théorie est entièrement indépendante de la structure physico-chimique des corps considérés. Elle découle des lois générales du mouvement des corps célestes libres, dont le lien est constitué par l'attraction, laquelle agit en raison directe des masses et en raison inverse du carré des distances. Elle a évidemment pris naissance comme une généralisation de la théorie kantienne du frottement des marées, et Thomson et Tait nous la présentent même ici comme le fondement mathématique de cette théorie. Mais en réalité, - bien que, chose curieuse, ses auteurs n'en aient absolument pas la moindre idée, -elle exclut le cas particulier du frottement des marées.

Le frottement est un freinage du mouvement des masses, et, pendant des siècles, il a été considéré comme destruction du mouvement des masses, c'est-à-dire destruction d'énergie cinétique. Nous savons maintenant que le frottement et le choc sont les deux formes de transformation de l'énergie cinétique en énergie moléculaire, en chaleur. Ainsi, dans chaque cas de frottement, il se perd donc de l'énergie cinétique en tant que telle, pour reparaître à nouveau, non pas comme énergie potentielle au sens de la dynamique, mais comme mouvement moléculaire sous la forme déterminée de chaleur. Par conséquent l'énergie cinétique perdue par frottement est tout d'abord *réellement perdue* pour les corrélations dynamiques du système considéré. Elle ne pourrait redevenir dynamiquement active que si de la forme de chaleur elle était transformée à nouveau en énergie cinétique.

Comment les choses se passent-elles donc dans le cas du frottement des marées? Il est évident qu'ici également toute l'énergie cinétique transmise par l'attraction de la lune aux masses liquides sur la surface de la terre est convertie en chaleur, soit par frottement les unes contre les autres des particules d'eau, du fait de la viscosité de l'eau, soit par frottement de l'eau sur l'écorce solide de la surface terrestre et par broyage des roches s'opposant au mouvement de la marée. De cette chaleur, seule est transformée à nouveau en énergie cinétique la partie infiniment petite qui

¹³² Il ne peut y avoir de doute qu'Engels avait raison en soulignant l'erreur de Thomson et Tait, disant que les changements dans la longueur du jour et du mois « ne pourraient pas continuer sans perte d'énergie du fait du frottement des masses liquides ». Nous savons maintenant qu'il y a des marées dans la terre aussi bien que dans l'océan. Mais Engels avait tort en supposant que la lune pouvait s'éloigner de la terre sans perte d'énergie pour le système terre-lune. Car, dans un tel système, le moment angulaire (le moment de la quantité de mouvement) demeure constant, à moins qu'il soit diminué ou augmenté par l'action des marées de quelque corps extérieur. Si la quantité de mouvement et l'énergie sont à la fois conservées, il ne peut se produire de ralentissement systématique. On le voit facilement dans le cas simplifié où l'on suppose que la lune gravite en cercle dans le plan de l'équateur terrestre. Dans ce cas, il n'y a que deux variables possibles, la longueur du jour et celle du mois. Mais, tant que le moment de la quantité de mouvement et l'énergie du système demeurent constants, nous avons deux équations pour déterminer ces quantités et, en conséquence, elles sont fixes. (N.R)

contribue à l'évaporation des eaux de la surface. Mais même cette quantité infiniment petite d'énergie cinétique, cédée à telle ou telle partie de la surface terrestre par l'ensemble du système terre-lune, reste tout d'abord soumise sur la surface de la terre aux conditions qui y règnent, et celles-ci réservent à toute énergie s'y trouvant en action un seul et même destin final : conversion dernière en chaleur et irradiation dans l'espace de l'univers.

Donc, dans la mesure où le frottement des marées freine incontestablement la rotation de la terre, l'énergie cinétique utilisée à cette fin est absolument perdue pour le système dynamique terre-lune. En conséquence, elle ne eut pas, à l'intérieur de ce système, apparaître à nouveau sous l'aspect d'énergie potentielle dynamique. En d'autres termes : de l'énergie cinétique utilisée par suite de l'attraction de la lune pour freiner la rotation de la terre, seule peut apparaître à nouveau intégralement sous l'aspect d'énergie potentielle dynamique, c'est-à-dire être compensée par une augmentation correspondante de la distance de la lune à la terre, la partie qui agit sur la *masse solide* du globe terrestre. Par contre, la partie qui agit sur les masses liquides de la terre ne peut avoir cet effet que dans la mesure où elle n'imprime pas à ces masses elles-mêmes un mouvement s'exerçant en direction opposée de celle de la rotation de la terre; car ce mouvement se convertit *intégralement* en chaleur, et il est en fin de compte perdu pour le système par voie de rayonnement.

Ce qui a été dit du frottement des marées à la surface de la terre est tout aussi valable pour le frottement des marées, parfois admis par hypothèse, d'un noyau liquide dont on suppose l'existence au centre de la terre.

Le curieux de l'affaire, c'est que Thomson et Tait ne remarquent pas que, pour fonder la théorie du frottement des marées, ils mettent sur pied une théorie qui part de la présupposition tacite que la terre est un corps *absolument rigide*, ce qui exclut toute possibilité de marée, et en conséquence aussi de frottement des marées.

Ainsi que nous l'avons vu, la disparition du mouvement mécanique, de la force vive s'effectue sous deux formes. La première est sa transformation en énergie mécanique potentielle par le moyen par exemple de l'élévation d'un poids. Cette forme a cette particularité non seulement de pouvoir se retransformer en mouvement mécanique, et même en mouvement mécanique possédant la même force vive que la force initiale, mais encore de n'être capable que de ce seul changement de forme. L'énergie mécanique potentielle ne peut jamais produire de la chaleur ou de l'électricité, à moins de se convertir auparavant en mouvement mécanique réel. C'est, pour employer l'expression de Clausius, un « processus réversible ».

La deuxième forme de disparition du mouvement mécanique a lieu dans le frottement et le choc - qui tous deux ne diffèrent qu'en degré. Le frottement peut être conçu comme une série de petits chocs successifs et contigus, le choc comme un frottement concentré en un moment du temps et en un lieu. Le frottement est du choc à l'état chronique, le choc du frottement à l'état aigu. Le mouvement mécanique qui disparaît ici disparaît *en tant que tel*. Il ne peut pas se restaurer immédiatement de lui-même. Le processus n'est pas directement réversible. Le mouvement mécanique s'est converti en des formes de mouvement qualitativement différentes, en chaleur, en électricité, formes du mouvement moléculaire.

Frottement et choc font donc passer du mouvement des masses, objet de la mécanique, au mouvement moléculaire, objet de la physique.

Lorsque nous avons défini ¹³⁴ la physique comme la mécanique du mouvement moléculaire, nous n'avons pas perdu de vue que cette expression n'embrasse nullement dans sa totalité le domaine de la physique d'aujourd'hui. Au contraire. Les vibrations de l'éther qui interviennent dans les phénomènes de la lumière et du rayonnement calorifique ne sont certainement pas des mouvements moléculaires au sens actuel du mot. Mais leurs effets terrestres touchent en premier lieu les molécules: la réfraction, la polarisation de la lumière, etc., sont déterminées par la structure moléculaire des corps considérés. De même, presque tous les savants les plus éminents considèrent aujourd'hui ¹³⁵ l'électricité comme un mouvement de particules d'éther et, sur la chaleur même, Clausius dit que au mouvement des atomes pondérables (il vaudrait mieux dire ici molécules)... l'éther contenu dans les corps participe lui aussi. (*Théorie mécanique de la chaleur*, 1, p. 22 ¹³⁶.)

Néanmoins, dans les phénomènes électriques et calorifiques, ce sont d'abord avant tout les mouvements moléculaires qui entrent en ligne de compte, et il ne peut en

¹³³ Tiré de la quatrième liasse. Le chapitre n'est pas terminé. Il a été écrit en 1881 ou au début de 1882, comme cela ressort de la référence (cf. p. 116) à la *Correspondance de Leibniz et de Papin*, publiée par Gerland à Berlin en 1881 (la préface de ce livre est datée du 31 décembre 1880). (O.G.I.Z., Obs.)

¹³⁴ Cf. *Anti-Dühring* (1re partie, ch. VII et plus haut les chapitres « La dialectique », « Les formes fondamentales du mouvement ». (N.R.)

¹³⁵ A cette époque, les idées de Faraday et de Maxwell étaient prédominantes (N.R.)

¹³⁶ Cf. note 2, page 104. (N.R.)

Être autrement, tant que nous n'en savons pas plus sur l'éther. Mais lorsque nous en serons au point de pouvoir exposer la mécanique de l'éther, elle embrassera certainement aussi mainte chose qui aujourd'hui est nécessairement rangée dans la physique ¹³⁷.

Nous parlerons plus loin des processus physiques dans lesquels la structure des molécules est transformée ou même détruite. Ils constituent la transition de la physique à la chimie. Ce n'est qu'avec le mouvement moléculaire que le changement de forme du mouvement atteint sa pleine liberté Tandis qu'aux frontières de la mécanique le mouvement des masses ne peut prendre que peu d'autres formes : électricité ou chaleur, nous avons ici un tableau tout autrement animé des changements de formes. La chaleur se convertit en électricité dans la pile thermoélectrique, s'identifie avec la lumière à un certain degré du rayonnement, produit derechef pour sa part du mouvement mécanique ; électricité et magnétisme, qui forment une sorte de couple jumeau comme la chaleur et la lumière, non seulement se convertissent l'un en l'autre, mais encore se convertissent en chaleur et lumière, et aussi en mouvement mécanique. Et cela selon des rapports de mesure si déterminés, que nous pouvons exprimer une quantité donnée de chacune de ces formes de mouvement avec chacune des autres formes, en kilogrammètres, en unités de chaleur, en volts ¹³⁸ et, de même, traduire chaque mesure en n'importe quelle autre.

La découverte pratique de la transformation du mouvement mécanique en chaleur est si antique que l'on pourrait la prendre comme point de départ de l'histoire de l'humanité ¹³⁹. Quels -que soient les progrès, - en ce qui concerne les inventions d'outils et la domestication des animaux ¹⁴⁰, -qui ont précédé la découverte du feu, c'est seulement en apprenant à produire le feu par frottement que les hommes contraignirent pour la première fois une force non organique de la nature à entrer à leur service. Et quelle impression profonde a produit sur l'humanité ce progrès gigantesque, d'une portée presque incommensurable. Les superstitions populaires le montrent aujourd'hui encore. L'invention du couteau de pierre, de ce premier outil, fut célèbre longtemps encore après l'introduction du bronze et du fer : tous les sacrifices religieux étaient accomplis à l'aide de couteaux de pierre. Selon la légende juive, Josué ordonna de circoncire les hommes nés dans le désert à l'aide de couteaux de pierre ; les Celtes et les Germains n'utilisaient que ceux-ci pour leurs sacrifices

¹³⁷ Le mot « a éther » est plutôt discrédité aujourd'hui parmi les physiciens français. Généralement, ils affirment que la découverte de la relativité a banni le concept d'éther hors de la physique. En fait, ce que la relativité a liquidé, c'est la conception mécaniste de l'éther, selon laquelle celui-ci serait un milieu, baignant tous les corps et corpuscules, figé dans un état utopique de repos absolu. La découverte d'Einstein a fait litière d'un état de repos absolu quelconque dans la nature, conformément d'ailleurs à la dialectique. Mais il n'en reste pas moins vrai que l'espace séparant par exemple les atomes et les molécules, appelé « vide » par les physiciens, est en réalité une forme de la matière, puisqu'il est peuplé de mouvements, d'énergie de qualité diverse : champs, ondes électromagnétiques, « fluctuations du vide », apparition et disparition incessante de paires d'électrons de signe contraire et, corrélativement, de photons de haute énergie, etc. Dans ces conditions, le mot « vide » ne convient guère pour nommer un tel espace, et il demeure licite d'employer avec Engels (et Lénine) le mot « éther », à condition de lui ôter toute trace de sa signification mécaniste ancienne. Dans un livre récent, A. Einstein et L. Infeld ont écrit : « Son histoire (de l'éther), loin d'être terminée, est continuée par la théorie de la relativité. » (N.R.)

¹³⁸ Aujourd'hui l'unité de mesure de l'énergie électrique n'est plus le volt mais le joule. L'appellation watt, pour l'unité de puissance, fut proposée en 1882 par Siemens. Engels en parle dans sa lettre à Marx du 23 novembre 1882 et y voit une confirmation de ses conclusions sur les deux mesures du mouvement. (N.R.)

¹³⁹ Les hommes préhistoriques les plus primitifs que nous connaissions possédaient effectivement le feu. (N.R.)

¹⁴⁰ En réalité l'usage du feu a précédé la domestication. (N.R.)

humains. Tout cela a disparu dans l'oubli depuis longtemps. Il n'en est pas de même du feu par frottement. Bien après que l'on eut connu d'autres manières de faire du feu, chez la plupart des peuples tout feu sacré devait être produit par frottement. Et aujourd'hui encore, chez la plupart des peuples d'Europe, la superstition populaire persiste (par exemple chez les Allemands, notre feu magique contre les maladies du bétail) qu'un feu de vertu surnaturelle ne peut être allumé que par frottement. Si bien que, jusqu'à nos jours, le souvenir reconnaissant de la première grande victoire de l'homme sur la nature survit encore - à demi inconscient - dans la superstition populaire, dans les restes des souvenirs mythologiques païens des peuples les plus cultivés du monde.

Cependant, dans le feu par frottement, le processus garde encore un caractère unilatéral. On transforme du mouvement mécanique en chaleur. Pour compléter ce processus, il faut le renverser, il faut convertir de la chaleur en mouvement. Ce n'est qu'alors qu'il sera satisfait à la dialectique du processus, que le processus se sera épuisé en un cycle, - du moins en première instance. Mais l'histoire a sa marche propre, et, si dialectiquement qu'elle s'accomplisse à la fin du compte, la dialectique doit fréquemment attendre assez longtemps l'histoire. Il faut sans doute mesurer par millénaires l'intervalle qui sépare la découverte du feu par frottement de l'invention par Héron d'Alexandrie (vers 130 avant notre ère) d'une machine à laquelle la vapeur qui s'en échappait imprimait un mouvement de rotation. Et de nouveau près de deux mille ans s'écoulèrent jusqu'à ce que fût construite la première machine à vapeur, le premier dispositif permettant de convertir de la chaleur en mouvement mécanique véritablement utilisable.

La machine à vapeur fut la première invention vraiment internationale, et ce fait marque à son tour un prodigieux progrès historique. C'est le Français Papin qui l'inventa, mais cela en Allemagne. L'Allemand Leibniz, qui comme toujours répandait autour de lui les idées géniales sans s'occuper de savoir à qui le mérite en serait attribué, Leibniz, ainsi que nous le savons maintenant par la correspondance de Papin (éditée par Gerland)¹⁴¹, lui donna l'idée essentielle : l'utilisation du cylindre et du piston. Des Anglais, Savery et Newcomen, inventèrent peu après des machines semblables; enfin, en introduisant le condenseur séparé, leur compatriote Watt amena la machine à vapeur en principe à son niveau actuel. Le cycle des inventions dans ce domaine était achevé : la conversion de la chaleur en mouvement mécanique était réalisée. Ce qui vint par la suite ne fut qu'amélioration de détail.

La pratique avait donc à sa manière résolu la question des rapports entre mouvement mécanique et chaleur. Elle avait tout d'abord fait passer du premier à la deuxième, puis de la seconde au premier. Mais où en était la théorie ?

La situation était assez affligeante. Bien que précisément, aux XVIIe et XVIIIe siècles, les innombrables récits de voyage fourmillent de descriptions de peuples sauvages ne connaissant pas d'autre façon de faire du feu que par frottement, les physiciens n'en furent pourtant presque pas touchés; pendant tout le XVIIIe siècle et pendant les premières dizaines d'années du XIXe, la machine à vapeur leur resta tout aussi indifférente. Ils se contentaient la plupart du temps d'enregistrer simplement les faits.

¹⁴¹ *Leibnizens und Huygens Briefwechsel mit Papin...* bearbeitet von E. Gerland, Berlin, 1881. (N.R.)

Enfin, dans les années 20 à 30. Sadi Carnot s'occupa de la question, et cela d'une manière très habile, puisque ses meilleurs calculs, présentés ensuite sous forme de graphiques géométriques par Clapeyron, ont gardé leur valeur jusqu'à ce jour et sont admis par Clausius et Clerk Maxwell. Carnot est allé presque

Jusqu'au fond de la question. Ce qui l'empêcha de la pénétrer entièrement ne fut pas le manque de faits matériels, ce fut seulement... une *théorie* préconçue et *fausse*. Et, à vrai dire, une théorie fausse qui n'avait pas été imposée aux physiciens par quelque philosophie maligne, mais une théorie qu'ils avaient subtilement élaborée avec leur propre conception naturaliste, si supérieure, à les entendre, à la conception métaphysique de la philosophie.

Au XVIIe siècle la chaleur passait, du moins en Angleterre, pour une propriété des corps, pour « un *mouvement* d'une sorte particulière dont la nature n'avait jamais été expliquée de façon satisfaisante ». C'est ainsi que Th. Thomson la définit deux ans avant la découverte de la théorie mécanique de la chaleur (*Esquisse des sciences de chaleur et d'électricité*, 2e édition, Londres, 1840)¹⁴². Mais, au XVIIIe siècle, on vit apparaître de plus en plus au premier plan l'idée que la chaleur était, comme la lumière, l'électricité, le magnétisme, une substance particulière et toutes ces substances particulières se distinguaient de la matière courante par le fait qu'elles n'avaient pas de poids, qu'elles étaient des impondérables.

¹⁴² *An Outline of the Sciences of Heat and Electricity*, 2nd ed. ; London, 1840. Le passage cité par Engels se trouve page 281. Le mot « mouvement » est souligné par Engels. (N.R.)

Comme la chaleur, mais d'une autre façon, l'électricité possède elle aussi un certain caractère d'ubiquité. Il ne peut guère se produire de changement sur la terre, sans qu'on puisse y prouver la présence de phénomènes électriques. Que de l'eau s'évapore, qu'une flamme brûle, que deux métaux différents ou de température différente, que du fer et une solution de sulfate de cuivre entrent en contact, etc., on voit apparaître, à côté des phénomènes physiques ou chimiques plus évidents et en même temps qu'eux, des processus électriques. Plus nous étudions avec précision les processus naturels les plus différents, plus nous rencontrons de traces d'électricité. Malgré cette ubiquité de l'électricité, malgré le fait que, depuis un demi-siècle, elle est de plus en plus contrainte à servir l'homme dans l'industrie, elle est précisément la forme de mouvement dont la nature reste entourée de la plus grande obscurité. La découverte du courant galvanique a environ vingt-cinq ans de moins que celle de l'oxygène et présente pour la théorie de l'électricité une importance au moins égale à la découverte de l'oxygène pour la chimie. Et pourtant quelle différence aujourd'hui encore entre les deux domaines ! En chimie, grâce surtout à la découverte par Dalton des poids atomiques, on voit de l'ordre, une stabilité relative des résultats acquis, une attaque systématique, organisée, ou à peu près, des domaines encore inexplorés, comparable au siège en règle d'une forteresse. Dans la théorie de l'électricité, nous avons devant nous un fatras chaotique de vieilles expériences peu sûres, qui ne sont ni définitivement confirmées, ni définitivement réfutées, un tâtonnement hésitant dans l'obscurité, une série incohérente d'études et d'expériences faites par de nombreux savants isolés qui donnent l'assaut au domaine inconnu en ordre dispersé, à la manière d'une horde de cavaliers nomades. Et, en effet, une découverte comme celle de Dalton, qui donne un centre à toute la science et une base solide à la recherche, reste encore à faire dans le domaine de l'électricité. C'est essentiellement cet état d'incohérence de la théorie de l'électricité qui, en rendant pour le moment impossible l'établissement d'une théorie générale, a pour résultat de faire régner dans ce domaine un empirisme étroit, cet empirisme qui s'interdit le plus possible de penser et qui, en conséquence, non seulement pense faux, mais n'est pas non plus capable de suivre fidèlement les faits ou même d'en faire un rapport fidèle et, de la sorte, se convertit en le contraire de l'empirisme véritable.

Si, en général, il est bon de recommander à MM. les savants, qui ne savent dire assez de mal des absurdes spéculations *a priori* de la philosophie de la nature en Allemagne, de lire non seulement les oeuvres théoriques qui lui sont contemporaines, mais encore les oeuvres postérieures des physiciens de l'école empirique, cela est particulièrement vrai pour la théorie de l'électricité. Prenons une oeuvre de 1840 : *Esquisse des sciences de la chaleur et de l'électricité* par Thomas

¹⁴³ Pour les faits, nous nous appuyons essentiellement dans ce chapitre sur *WIEDEMANN : Théorie du galvanisme et de l'électromagnétisme*, 2 vol. en trois parties 2e éd., Braunschweig, 1874.

Dans la *Nature*, 1882, 15 juin, on attire l'attention sur « cet admirable traité qui, dans son édition prochaine, avec son complément sur l'électromagnétisme, sera le plus grand traité expérimental existant »*. (*Note d'Engels.*)

* Engels a barré le premier paragraphe de cette note, mais s'est ravisé par la suite, et il a ajouté le second paragraphe. La référence à la revue anglaise *Nature* du 15 juin 1882 montre qu'il a écrit ce chapitre en 1882. La troisième édition du traité de Wiedemann : *Lehre vom Galvanismus und Elektromagnetismus*, a paru entre 1882 et 1885, donc après qu'Engels ait rédigé ce chapitre. Il est tiré de la 3e Liasse. Dans le sommaire de la 3e liasse composé par Engels, ce chapitre porte le titre « Électricité et magnétisme ». (O.G.I.Z., Obs.)

Thomson ¹⁴⁴. Le vieux Thomson était certes en son temps une autorité; en outre, il avait déjà à sa disposition une très importante partie des travaux du plus grand spécialiste de l'électricité jusqu'ici, Faraday. Et pourtant son livre contient des choses au moins aussi absurdes que la section correspondante de la philosophie de la nature de Hegel, bien plus ancienne en date. La description de l'étincelle électrique, par exemple, pourrait être la traduction directe du passage correspondant de Hegel. Tous deux énumèrent toutes les bizarreries que l'on voulait découvrir dans l'étincelle électrique avant de connaître sa nature véritable et sa riche diversité, bizarreries qui se sont maintenant révélées pour la plupart comme des cas particuliers ou des erreurs. Il y a mieux. A la page 446, Thomson raconte avec le plus grand sérieux les histoires de brigand de Dessaignes, selon lesquelles, lorsque le baromètre monte et le thermomètre descend, le verre, la résine, la soie, etc., trempés dans le mercure se chargent d'électricité négative, tandis que, lorsque le baromètre descend et que la température s'élève, ils ont des charges positives; l'or et plusieurs autres métaux se chargeraient en été d'électricité positive par réchauffement, et négative par refroidissement, tandis que ce serait le contraire en hiver; lorsque le baromètre serait haut et le vent au Nord, ils seraient fortement électrisés positivement lorsque la température s'élève, négativement lorsqu'elle s'abaisse, etc. Voilà qui suffit pour la façon dont sont traités les faits. Mais sur le plan de la spéculation, *a priori*, voici la théorie de l'étincelle électrique dont nous régale Thomson et qui ne vient pas d'un savant moindre que Faraday lui-même :

L'étincelle est une décharge ou un abaissement de l'état d'induction polarisée de nombreuses particules diélectriques, du fait d'une action particulière d'un petit nombre d'entre elles, qui occupent un espace très petit et très limité. Faraday admet que les quelques particules où se localise la décharge ne sont pas seulement dispersées, mais qu'elles entrent temporairement dans un état particulier extrêmement actif (*highly exalted*); c'est-à-dire que toutes les forces qui les environnent sont projetées successivement sur elles et que, grâce à celles-ci, elles acquièrent un état d'intensité correspondant qui égale peut-être l'intensité d'atomes qui se combinent chimiquement; elles déchargent alors ces forces comme les atomes déchargent les leurs, d'une manière inconnue jusqu'ici et c'est la fin de tout le processus (*and so the end of the whole*). L'effet dernier se présente exactement comme si une particule métallique avait pris la place de la particule qui se décharge, et il ne semble pas impossible que les principes d'action dans les deux cas se révèlent un jour identiques ¹⁴⁵.

J'ai, ajoute Thomson, donné l'explication de Faraday dans les termes mêmes où il la donne, parce que je ne les comprends pas tout à fait. Cela aura sans doute aussi été le cas d'autres gens, tout comme lorsqu'ils lisent chez Hegel que, dans l'étincelle électrique, la constitution matérielle particulière du corps sous tension n'entre pas encore dans le processus, mais qu'elle y est déterminée seulement de manière élémentaire comme une manifestation de l'âme et que l'électricité « est la colère

¹⁴⁴ Thomas THOMSON: *An Outline of the Sciences et Heat and Electricity*. Il s'agit de la seconde édition de cet ouvrage, la première datant de 1830. (O.G.I.Z., Obs.)

¹⁴⁵ On trouve cette citation de Faraday à la page 400 de la seconde édition du livre de Thomson. Elle est tirée du travail de Faraday: *Experimental Researches in Electricity*, 12th series, publié dans la revue londonienne: *Philosophical Transactions*, 1838, p. 105. La citation donnée chez Thomson n'est pas exacte. Dans la dernière phrase, Thomson a remplacé *as if a metallic wire had been put into the place of the discharging particles* » (comme si un conducteur métallique avait pris la place des particules qui se déchargent) par « *as if a metallic particle had been put into the place of the discharging particle* ». (O.G.I.Z., Obs.)

propre, l'emportement propre du corps », son « moi irrité » qui « apparaît dans chaque corps lorsqu'il est excité » (*Philosophie de la Nature*, § 324, appendice)¹⁴⁶. Et pourtant, chez Faraday et chez Hegel, l'idée fondamentale est la même. Tous deux répugnent à l'idée que l'électricité soit non pas un état de la matière, mais une matière particulière, distincte. Et comme apparemment l'électricité se présente dans l'étincelle comme indépendante, libre, isolée de tout substrat matériel étranger, et néanmoins saisissable par les sens, ils sont, dans l'état de la science d'alors, obligés de concevoir l'étincelle comme la forme fugitive, où se manifeste une « force » libérée momentanément de toute matière. Pour nous, l'énigme est certes résolue depuis que nous savons que, lors de la décharge de l'étincelle entre des électrodes de métal, des « particules métalliques » passent effectivement de l'autre côté, et donc que, en fait, « la constitution matérielle particulière du corps sous tension entre dans le processus¹⁴⁷ ». On sait que, comme la chaleur et la lumière, l'électricité et le magnétisme furent considérés au début comme des matières impondérables particulières. Comme on le sait, on en vint bientôt pour l'électricité à l'idée de deux matières opposées, de deux « fluides », un fluide positif et un fluide négatif, qui, à l'état normal, se neutralisent réciproquement jusqu'à ce qu'une prétendue « force de séparation électrique » les sépare. On pourrait alors charger deux corps, l'un d'électricité positive, l'autre d'électricité négative ; en les reliant par un troisième corps conducteur, l'équilibre s'établirait, selon les circonstances, soit brusquement, soit au moyen d'un courant continu. Le phénomène de compensation brusque semblait très simple et très évident, mais le courant présentait des difficultés. A l'hypothèse la plus simple, selon laquelle passait chaque fois dans le courant soit de l'électricité purement positive, soit de l'électricité purement négative, Fechner et, d'une façon plus développée, Weber opposèrent l'idée que, dans le circuit fermé, passaient chaque fois deux courants égaux d'électricité positive et négative, coulant l'un à côté de l'autre en direction opposée, dans des canaux situés entre les molécules pondérables des corps¹⁴⁸. Dans l'élaboration mathématique détaillée de cette théorie, Weber en arrive en fin de compte à multiplier une fonction ici sans importance par une grandeur $1/r$, laquelle signifie *le rapport... de l'unité d'électricité au milligramme*¹⁴⁹ (WIEDEMANN : *Théorie du galvanisme*, 2e éd., III, p. 569). Mais le rapport à une unité de poids ne peut-être lui-même qu'un rapport de poids. La passion du calcul mathématique avait donc déjà fait perdre à tel point à l'empirisme étroit l'habitude de penser qu'ici il rend déjà pondérable l'électricité impondérable et introduit son poids dans le calcul mathématique.

Les formules déduites par Weber n'étaient valables qu'à l'intérieur de certaines limites et, il y a quelques années encore, Helmholtz notamment, en partant de ces

¹⁴⁶ HEGEL : *Naturphilosophie*, in *Werke*, Bd VII, Berlin, 1842, P. 349. (N.R.)

¹⁴⁷ L'étincelle consiste essentiellement dans le passage de l'électricité à travers un gaz, plus généralement à travers un corps isolant. Elle ne saurait donc manifester l'électricité « libérée de toute matière ». Le développement ultérieur de la physique, - en premier lieu la découverte de l'électron, puis celle des autres corpuscules atomiques électrisés, - a confirmé la théorie d'Engels selon laquelle l'électricité est inséparable de la matière, dont elle n'est qu'une des formes de mouvement. (N.R.)

¹⁴⁸ L'on sait aujourd'hui que le courant électrique dans les métaux est un mouvement d'électrons (négatifs) libres, faiblement liés aux atomes et circulant dans les intervalles entre ces derniers, lesquels sont relativement fixes et électrisés positivement. Dans les solutions acides, basiques et salines et dans les gaz, le courant est un mouvement d'« ions », c'est-à-dire d'agréments chimiques électrisés les uns positivement, les autres négativement. Ils résultent de la rupture des molécules avec perte ou capture d'électrons liés et circulent à travers le liquide ou le gaz, lesquels restent, dans leur ensemble, électriquement neutres. (N.R.)

¹⁴⁹ Souligné par Engels. (N.R.)

formules, a abouti par le calcul à des résultats qui sont en contradiction avec le principe de la conservation de l'énergie. A l'hypothèse du double courant de sens contraire de Weber, C. Neumann a opposé en 1871 cette autre que seule une des deux électricités, l'électricité positive par exemple, passe dans le courant, tandis que l'autre, la négative, reste fermement liée à, la masse du corps. A ce propos nous trouvons chez Wiedemann cette remarque :

On pourrait unir cette hypothèse avec celle de Weber si, au double courant des masses électriques $\pm \frac{1}{2} e$ coulant en sens contraire que suppose Weber, on ajoutait encore un *courant sans action externe d'électricité neutre*¹⁵⁰ qui entraînerait avec lui les quantités d'électricité $\pm \frac{1}{2} e$ dans le sens du courant positif, (III, p. 577.)

Cette affirmation est à nouveau caractéristique de l'empirisme étroit. Pour que, somme toute, l'électricité coule, on la décompose en électricité positive et négative. Mais toutes les tentatives pour expliquer le courant à partir de ces deux matières se heurtent à des difficultés. Et cela concerne au même titre tant l'hypothèse selon laquelle une seule de ces matières est chaque fois présente dans le courant, que celle où les deux coulent simultanément en sens opposé, que finalement la troisième aussi, qui veut qu'une matière coule et que l'autre soit en repos. Si nous nous arrêtons à cette dernière hypothèse, comment nous expliquerons-nous cette notion inexplicable, que l'électricité négative qui est tout de même assez mobile dans la machine électrique et dans la bouteille de Leyde, soit, dans le courant, solidement fixée à la masse du corps ? Très simplement. A côté du courant positif + e, qui parcourt le fil vers la droite, et du courant négatif - e, qui le parcourt vers la gauche, nous ferons encore passer un courant d'électricité neutre $\pm \frac{1}{2} e$ vers la droite. Ainsi nous commençons par admettre ne les deux électricités ne peuvent somme toute couler que dans le cas où elles sont séparées l'une de l'autre, et, pour expliquer les phénomènes qui se produisent à l'occasion du courant des deux électricités séparées, nous admettons qu'elles peuvent aussi couler sans être séparées. Nous commençons par faire une hypothèse pour expliquer un phénomène déterminé, et, à la première difficulté rencontrée, nous en faisons une seconde qui annule directement la première. Comment faudrait-il que la philosophie soit faite pour que ces messieurs aient le moindre droit de s'en plaindre ?

Cependant, à côté de cette conception qui faisait de l'électricité une espèce particulière de matière, on en vit bientôt apparaître une seconde, selon laquelle elle était un simple état du corps, une « force », ou, comme nous dirions aujourd'hui, une forme particulière du mouvement. Nous avons vu plus haut que Hegel et plus tard Faraday partageaient cette manière de voir. Après que la découverte de l'équivalent mécanique de la chaleur eut définitivement éliminé l'idée d'une « substance calorique » particulière, et que l'on eut démontré que la chaleur est un mouvement moléculaire, la démarche suivante fut de traiter également l'électricité selon la méthode nouvelle et d'essayer de déterminer son équivalent mécanique. On y réussit pleinement. En particulier les expériences de joule, Favre et Raoult permirent d'établir non seulement l'équivalent mécanique et thermique de ce qu'on appelait la « force électromotrice » du courant galvanique, mais encore son équivalence parfaite avec l'énergie libérée par les processus chimiques dans la pile galvanique et l'énergie

¹⁵⁰ Souligné par Engels. (N.R.)

consommée par eux dans la cuve électrolytique. De ce fait, l'hypothèse que l'électricité était un fluide matériel particulier devenait de plus en plus insoutenable.

Toutefois, l'analogie entre la chaleur et l'électricité n'était cependant pas parfaite. Le courant galvanique continuait à se différencier sur des points très importants de la conductibilité calorifique. On ne pouvait toujours pas dire ce qui se mouvait dans les corps chargés d'électricité. L'hypothèse d'une simple vibration moléculaire, comme dans le cas de la chaleur, se révélait insuffisante ici. Étant donné l'énorme vitesse de l'électricité, qui dépassait encore celle de la lumière ¹⁵¹, il était difficile de se défaire de l'idée que c'était quelque chose de matériel qui se mouvait ici entre les molécules des corps. C'est alors qu'apparaissent les théories les plus modernes, celles de Clerk Maxwell (1864), Hankel (1865), Reynard (1870) et Edlund (1872), qui s'accordent avec l'hypothèse exprimée pour la première fois dès 1846 par Faraday à titre de suggestion : l'électricité serait un mouvement d'un milieu élastique emplissant tout l'espace et par suite pénétrant tous les corps, milieu dont les particules discrètes se repousseraient en raison inverse du carré de la distance ; en d'autres termes, l'électricité serait un mouvement des particules d'éther et les molécules des corps participeraient à ce mouvement. Sur le caractère de ce mouvement, les diverses théories sont en désaccord ; celles de Maxwell, Hankel et Reynard, s'appuyant sur les recherches récentes sur les mouvements en tourbillons, l'expliquent également, chacune à sa manière, par des tourbillons. Et nous voyons ainsi les tourbillons du vieux Descartes remis en honneur dans des domaines toujours nouveaux de la science. Nous nous abstenons d'entrer dans le détail de ces théories. Elles s'écartent beaucoup les unes des autres et connaîtront certainement beaucoup de bouleversements encore. Mais on remarque dans leur conception fondamentale commune un progrès décisif : l'électricité serait un mouvement, réagissant sur les molécules des corps, des particules de l'éther lumineux qui pénètre toute matière pondérable. Cette manière de voir réconcilie entre elles les deux précédentes. D'après elle, ce qui se meut lors des phénomènes électriques, est réellement quelque chose de matériel, différent de la matière pondérable. Mais cet élément matériel n'est pas l'électricité elle-même. Elle s'avère au contraire être en fait une forme du mouvement, bien qu'elle ne soit pas une forme du mouvement immédiat, direct de la matière pondérable. L'hypothèse de l'éther, d'une part montre la voie qui permet de dépasser l'hypothèse primitive grossière des deux fluides électriques opposés, d'autre part, elle donne l'espoir d'expliquer *ce qu'est* le substrat matériel proprement dit du mouvement électrique, *ce qu'est* la chose dont le mouvement provoque les phénomènes électriques ¹⁵².

La théorie de l'éther a déjà eu un succès incontestable. On sait qu'il y a au moins un point où l'électricité modifie directement le mouvement de la lumière: elle fait tourner son plan de polarisation. Clerk Maxwell, appuyé sur sa théorie mentionnée plus haut, a calculé que la constante diélectrique spécifique d'un corps est égale au carré de son indice de réfraction. Or Boltzmann a étudié différents corps non conducteurs du point de vue de leur constante diélectrique et il a trouvé que pour le soufre, la

¹⁵¹ C'est seulement après les expériences de Hertz (1888) que fut établie définitivement l'égalité entre la vitesse de la lumière et la vitesse de propagation des ondes électromagnétiques. (N.R.)

¹⁵² Le développement de la physique atomique, depuis 1900, a permis de préciser cet important problème de la physique théorique. L'électricité a pour substrat matériel à la fois les corpuscules électrisés tels que les électrons, le proton, etc., résultant de la décomposition des atomes, et le champ (l'éther) qui environne ces corpuscules. Chacun de ceux-ci est solidaire du champ et échange sans cesse du mouvement avec lui. (N.R.)

colophane et la paraffine, la racine carrée de ce coefficient était égale à leur indice de réfraction. L'écart le plus élevé - pour le soufre - n'était que de 4 %. De cette façon, la théorie de l'éther, de Maxwell spécialement, était confirmée expérimentalement.

Toutefois, il faudra encore beaucoup de temps et beaucoup de travail avant que, à l'aide de nouvelles séries d'expériences, on ait réussi à dégager de ces hypothèses contradictoires un noyau solide. Jusque-là, ou même peut-être jusqu'à ce que la théorie de l'éther ait été évincée par une théorie toute nouvelle, la théorie de l'électricité se trouve dans cette situation désagréable d'être obligée d'utiliser une terminologie dont elle reconnaît elle-même qu'elle est fautive. Celle-ci repose encore tout entière sur la notion des deux fluides électriques. Elle parle encore sans la moindre gêne de « masse électrique coulant dans les corps », d'une séparation des électricités dans chaque molécule », etc. C'est là un mail qui, comme on l'a dit, est pour l'essentiel la conséquence nécessaire de l'état actuel de transition de la science ; mais aussi, étant donné l'empirisme étroit qui règne précisément dans cette branche de la recherche, il contribue beaucoup à maintenir la confusion de pensée qui y a régné jusqu'ici.

Quant à la contradiction entre l'électricité dite statique, ou électricité de frottement, et l'électricité dynamique, ou galvanisme, on peut la considérer comme résolue depuis que l'on a appris à produire des courants continus à l'aide de la machine électrique, et qu'à l'inverse on a appris, à l'aide du courant galvanique, à produire de l'électricité dite statique, à charger des bouteilles de Leyde, etc. Nous laissons ici la sous-variété de l'électricité statique, ainsi que le magnétisme, reconnu maintenant lui aussi comme une variété d'électricité. C'est en tout cas dans la théorie du courant galvanique qu'il faudra chercher l'explication théorique des phénomènes qui s'y rattachent, et c'est pourquoi nous nous en tiendrons de préférence à celle-là.

On peut produire un courant continu par divers moyens. Le mouvement mécanique des masses ne produit *directement*, par frottement, d'abord que de l'électricité statique ; il ne produit un courant continu qu'au prix d'un grand gaspillage d'énergie ; pour être converti au moins en majeure partie en mouvement électrique, il lui faut l'intervention du magnétisme, comme dans les machines électromagnétiques connues de Gramme, Siemens et autres. La chaleur peut se convertir directement en courant électrique, comme en particulier au point de contact de deux métaux différents. L'énergie libérée par l'action chimique, qui, dans les circonstances ordinaires, apparaît sous forme de chaleur, se convertit dans des conditions déterminées en mouvement électrique. Inversement, celui-ci se convertit en toute autre forme de mouvement dès que les conditions appropriées sont données : en mouvement de masses (dans une faible mesure, directement dans les attractions et les répulsions électrostatiques, sur une grande échelle dans les moteurs électromagnétiques, derechef grâce à l'intervention du magnétisme) ; en chaleur - partout dans le circuit fermé, à condition que n'interviennent pas d'autres transformations ; en énergie chimique - dans les cuves électrolytiques et les voltamètres intercalés dans le circuit fermé, où le courant dissocie des combinaisons sur lesquelles on ne peut rien par d'autres moyens.

Dans toutes ces conversions, c'est la loi de l'équivalence quantitative du mouvement dans toutes ses transformations qui joue, ou, comme le dit Wiedemann,

selon la loi de la conservation de la force, le travail mécanique utilisé de n'importe quelle façon pour produire le courant doit être équivalent au travail nécessaire pour produire tous les effets du courant [tome II, ch. II, p. 472].

Lors de la conversion du mouvement de masses ou de chaleur en électricité ¹⁵³, il ne se présente pas ici de difficultés; il est prouvé que ce qu'on appelle la « force électromotrice » ¹⁵⁴ est, dans le premier cas, égale au travail dépensé pour produire ce mouvement, dans le second cas, à chaque point de contact de la pile thermoélectrique, directement proportionnelle à sa température absolue. (WIEDEMANN, III, P. 482.) c'est-à-dire encore une fois à la quantité de chaleur existant à chaque point de contact, mesurée en unités absolues. On a prouvé que la même loi joue effectivement aussi pour l'électricité produite à l'aide de l'énergie chimique. Mais ici la chose n'est pas aussi simple, du moins du point de vue de la théorie ayant cours de notre temps. C'est pourquoi nous allons nous y arrêter un peu.

L'une des plus belles séries d'expériences sur les changements de forme du mouvement qu'il est possible d'obtenir à l'aide d'une pile galvanique est celle de Favre (1857-1858) ¹⁵⁵. Il place dans un calorimètre une pile de Smee de cinq éléments; dans un second, il met un petit moteur électromagnétique, dont l'axe et la poulie sortent librement à toute fin d'utilisation mécanique. Chaque fois que dans la pile il se dégage 1 gr. d'hydrogène ou que se dissolvent 32,6 gr. de zinc (l'ancien équivalent chimique du zinc exprimé en grammes, égal à la moitié du poids atomique admis aujourd'hui de 65,2), on enregistre les résultats suivants :

A. - La pile dans le calorimètre étant en circuit fermé, à l'exclusion du moteur : production de chaleur de 18.682 ou 18.674 unités.

B. - La pile et la machine étant en circuit, mais celle-ci étant bloquée : chaleur dans la pile : 16.448, dans la machine 2.219, soit en tout 18.667 unités.

C. - Comme en B, mais la machine se meut, sans toutefois soulever de poids : chaleur dans la pile : 13.888, dans la machine 4.769, en tout 18.657 unités.

D. - Comme en C, mais la machine soulève un poids et produit de ce fait un travail mécanique égal à 131,24 kgm. : chaleur dans la pile, 15.427, dans la machine, 2.947, en tout 18.374 unités : perte par rapport aux 18.682 unités ci-dessus = 308 unités calorifiques. Mais le travail mécanique accompli de 131,24 kgm., multiplié par 1.000 (pour convertir en kilogrammes les grammes du résultat chimique) et divisés par l'équivalent mécanique de la chaleur, soit 423,5 kgm. ¹⁵⁶ donne 309 unités calorifiques, donc exactement la perte ci-dessus, comme équivalent calorifique du travail mécanique accompli.

¹⁵³ J'utilise le mot « électricité » au sens du mouvement électrique avec le même droit qui fait qu'on utilise aussi la désignation générale de « chaleur » pour désigner cette forme de mouvement qui se révèle à nos sens comme chaleur. Cela peut d'autant moins soulever d'objections qu'ici est exclue à l'avance toute possibilité de confusion éventuelle avec l'état de *tension* de l'électricité. (Note d'Engels.)

¹⁵⁴ En 1880, la notion de « force électromotrice » était encore assez confuse. De nos jours, la force électromotrice est la quantité d'énergie transformable en énergie mécanique ou chimique et correspondant à la circulation d'une unité de « quantité d'électricité ». L'évaluation qu'en donne ici Engels est correcte, à condition de préciser : par unité de quantité d'électricité ayant traversé le circuit. (N.R.)

¹⁵⁵ Engels expose les expériences de Favre d'après le livre de Wiedemann (tome II, Ch. II, pp. 521-522). (O.G.I.Z., Obs.)

¹⁵⁶ Actuellement, sur la base d'études plus précises, l'équivalent mécanique de la chaleur admis est = 426,9 kgm. (O.G.I.Z., Obs.)

L'équivalence du mouvement dans toutes ses transformations est donc prouvée d'une manière péremptoire également pour le mouvement électrique, - dans la limite des sources d'erreurs inévitables. Et, de même, il est démontré que la « force électromotrice » de la pile galvanique n'est pas autre chose que de l'énergie chimique convertie en électricité, et que la pile elle-même n'est pas autre chose qu'un dispositif, un appareil qui transforme l'énergie chimique libérée en électricité, tout comme la machine à vapeur convertit en mouvement mécanique la chaleur qui lui est fournie, sans que, dans l'un et l'autre cas, le dispositif de transformation apporte par lui-même une énergie nouvelle.

Mais ici, eu égard aux conceptions traditionnelles, il surgit une difficulté. Celles-ci attribuent à la pile, en vertu des rapports de contact qui ont lieu en elle entre les liquides et les métaux, une « *force de séparation électrique* » proportionnelle à la force électromotrice, donc représentant pour une pile donnée une quantité déterminée d'énergie. Or quel est le rapport de cette source d'énergie inhérente selon la conception traditionnelle à la pile en tant que telle, même sans effet chimique, quel est le rapport de cette force de séparation électrique à l'énergie libérée par l'action chimique ? Et, si elle est une source d'énergie indépendante de l'action chimique, d'où vient l'énergie qu'elle fournit ?

Cette question, sous une forme plus ou moins obscure, constitue le point en litige entre la théorie du contact, fondée par Volta et la théorie chimique du courant galvanique apparue aussitôt après.

La théorie du contact expliquait le courant par les tensions électriques prenant naissance dans la pile du fait du contact des métaux avec un ou plusieurs liquides, - ou même seulement du contact des liquides entre eux, - et du fait de leur, égalisation, - ou de celle des électricités ainsi séparées et opposées, - dans le circuit fermé. Les transformations chimiques qui pouvaient se produire à cette occasion, la pure théorie du contact les tenait pour absolument secondaires. Par contre, dès 1805, Ritter affirme qu'un courant ne pouvait prendre naissance que si les excitateurs avaient déjà une action chimique l'un sur l'autre *avant* la fermeture du circuit. Dans l'ensemble, Wiedemann (I, p. 784) résume cette théorie chimique ancienne de la façon suivante : D'après elle l'électricité dite de contact ne peut apparaître que si, simultanément, se manifeste une action réciproque chimique réelle des corps en contact ou tout au moins une perturbation de l'équilibre chimique, même si elle n'est pas directement liée à des processus chimiques, une « tendance à l'action chimique » entre ces corps.

On le voit : la question de la source d'énergie du courant n'est posée par les deux parties que d'une façon tout à fait indirecte, et il ne pouvait guère en être autrement à l'époque. Volta et ses successeurs trouvaient tout à fait normal que le simple contact de corps hétérogènes puisse engendrer un courant continu, donc fournir un travail déterminé sans contrepartie. Ritter et ses partisans comprenaient tout aussi peu comment il se fait que l'action chimique mette la pile en mesure de produire le courant et le travail de celui-ci. Mais si, pour la théorie chimique, ce point est depuis longtemps éclairci par Joule, Favre, Raoult et d'autres, c'est le contraire qui se produit pour la théorie du contact. Dans la mesure où elle s'est maintenue, elle en est toujours, pour l'essentiel, à son point de départ. C'est ainsi que, dans la théorie actuelle de l'électricité, continuent à subsister des idées qui datent d'une époque

révolue, d'une époque où l'on devait se contenter d'indiquer pour un effet quelconque la première cause venue qui apparaissait se produisant à la surface, même si à ce propos on faisait naître le mouvement du néant; - c'est ainsi que subsistent des idées qui sont en contradiction directe avec le principe de la conservation de l'énergie. Et si ensuite ces idées auxquelles on a enlevé leurs côtés les plus choquants sont affaiblies, édulcorées, châtrées, embellies, cela n'arrange pas les choses : la confusion n'en est que pire.

Comme nous l'avons vu, même l'ancienne théorie chimique du courant déclare que les rapports de contact de la pile sont absolument nécessaires pour créer le courant : elle se contente d'affirmer que ces contacts ne donneront jamais naissance à un courant sans action chimique simultanée, et il est même évident, aujourd'hui encore, que ce sont précisément les dispositifs de contact de la pile qui constituent l'appareil grâce auquel de l'énergie chimique libérée se transforme en électricité, et que c'est de ces dispositifs de contact qu'il dépend essentiellement que de l'énergie chimique se convertisse en mouvement électrique et en quelle quantité.

En empiriste étroit qu'il est, Wiedemann chercher à sauver de la vieille théorie du contact ce qu'on peut en sauver. Suivons-le dans ses efforts :

Bien que l'effet de contact de corps chimiquement indifférents, (dit Wiedemann, I, p. 799) par exemple des métaux, ne soit, comme on le croyait avant, ni *nécessaire à la théorie de la pile**, ni non plus démontré par le fait que *Ohm* en a tiré sa loi (ce qu'il était possible de faire sans cette hypothèse) et que *Fechner*, qui a confirmé expérimentalement cette loi, défendait également la théorie du contact, on ne saurait néanmoins nier l'excitation électrique par le contact des *métaux** ; *cela* n'est pas possible, du moins d'après les expériences dont nous disposons aujourd'hui; même si les résultats qu'on peut obtenir au point de vue quantitatif sont toujours entachés à cet égard de quelque incertitude inévitable, étant donné l'impossibilité où l'on se trouve de maintenir absolument propres. les surfaces des corps en contact.

On voit que la théorie du contact est devenue très modeste. Elle accorde qu'elle n'est pas absolument indispensable pour expliquer le courant, et que, de plus, elle n'est prouvée ni théoriquement par *Ohm*, ni expérimentalement par *Fechner*. Elle accorde même que les prétendues expériences fondamentales sur lesquelles elle peut seulement encore s'appuyer ne peuvent toujours fournir, au point de vue quantitatif, que des résultats incertains et, en fin de compte, elle n'exige plus de nous que la reconnaissance du fait que, somme toute, le contact - fût-ce des *métaux* seulement! - peut engendrer du mouvement électrique. Si la théorie du contact en restait seulement là, il n'y aurait rien à y objecter. En vérité, il faut bien admettre sans réserve qu'au contact de deux métaux se produisent des phénomènes électriques grâce auxquels on peut faire palpiter une cuisse de grenouille préparée, charger un électroscope et provoquer d'autres mouvements. Une seule question se pose en premier : d'où vient l'énergie nécessaire ?

Pour répondre à cette question, il nous faudra, d'après Wiedemann (I, p. 14) recourir à *peu près* aux considérations *suivantes** : si l'on rapproche l'une de l'autre jusqu'à une faible distance les plaques de métal A et B, elles s'attirent en vertu des forces d'adhérence. Quand elles se touchent, elles perdent la force vive du mouvement qui

* Souligné par Engels (N.R.)

leur était imprimée par cette attraction. (Si nous admettons que les molécules des métaux sont en état de vibration permanente, il *pourrait** aussi se produire une modification de leurs vibrations accompagnée d'une perte de force vive, lorsque, dans le contact des métaux hétérogènes, es molécules, dont les vibrations ne sont pas en concordance de phase, se touchent.) La force vive perdue se convertit *en grande partie** en chaleur. Mais *une petite partie** de celle-ci est utilisée pour répartir autrement les électricités qui jusque-là n'étaient pas séparées. Ainsi que nous l'avons mentionné plus haut, les corps rapprochés se chargent de quantités égales d'électricité positive et négative, *peut-être** du fait d'une force d'attraction inégale pour les deux électricités.

La modestie de la théorie du contact va sans cesse croissant. On commence par reconnaître que l'énorme force de séparation électrique, qui doit par la suite fournir un travail si gigantesque, ne possède en elle-même aucune énergie propre, et même qu'elle ne peut fonctionner tant qu'elle ne reçoit pas un apport d'énergie de l'extérieur. Et ensuite on lui assigne une source d'énergie tout à fait minuscule, la force vive de l'adhérence, qui n'agit qu'à des distances à peine mesurables et fait parcourir aux corps un chemin à peine appréciable. Mais peu importe : il est indéniable qu'elle existe, et tout aussi indéniable qu'elle disparaît avec le contact. Mais même cette source minime fournit encore trop d'énergie pour cette fin : une *grande Partie* se convertit en chaleur et ce n'est qu'une *petite* partie qui sert à faire naître la force de séparation électrique. Bien qu'il soit notoire qu'il se présente assez de cas dans la nature où des impulsions extrêmement minimes produisent des effets extrêmement puissants, Wiedemann semble toutefois sentir lui-même que sa source d'énergie, qui coule à peine encore goutte à goutte, peut difficilement suffire, et il cherche la possibilité d'une deuxième source dans l'hypothèse d'une interférence des vibrations moléculaires des deux métaux sur les surfaces de contact. Abstraction faite d'autres difficultés que nous rencontrons ici, Grove et Gassiot ont démontré que, pour produire l'électricité, le contact électrique n'est même pas nécessaire, comme Wiedemann lui-même nous le raconte une page plus haut. Bref, plus nous la considérons, et plus nous voyons tarir la source d'où la force de séparation électrique puise son énergie.

Et pourtant, nous ne connaissons jusqu'ici presque pas d'autre source d'énergie pour l'excitation électrique lors du contact des métaux. D'après Naumann (*Chimie générale et physique*, Heidelberg, :1877, p. 675), les forces électromotrices de contact convertissent la chaleur en électricité. [Il trouve] naturel de supposer que la capacité qu'ont ces forces de produire du mouvement électrique repose sur la quantité existante de chaleur, ou, en d'autres termes, est fonction de la température, ce dont Le Roux, dit-il, a apporté la démonstration expérimentale. Ici encore nous nous mouvons tout à fait dans le vague. La loi de la série voltaïque des métaux nous interdit de régler la question en revenant aux processus chimiques qui se produisent sans cesse dans une faible mesure sur les surfaces de contact, lesquelles sont constamment recouvertes d'une couche mince, pour nous à peu près impossible à dissocier, d'air et d'eau impure, c'est-à-dire qu'elle nous interdit d'expliquer l'excitation électrique par la présence entre les surfaces de contact d'un électrolyte actif et invisible. Un électrolyte devrait produire en circuit fermé un courant continu ; l'électricité du pur -contact métallique disparaît au contraire dès qu'on ferme le circuit. Ici précisément nous arrivons au point essentiel : cette « force de séparation électrique », que Wiedemann lui-même a d'abord limitée aux seuls métaux, déclarée

incapable de travail sans apport d'énergie étrangère, puis réduite exclusivement à une source d'énergie vraiment microscopique, rend-elle possible la formation d'un courant continu par le contact de corps chimiquement indifférents, et, si elle la rend possible, de quelle manière ?

Dans la série voltaïque, les métaux sont rangés dans un ordre tel que chacun est électriquement négatif à l'égard de celui qui le précède, et positif à l'égard de celui qui le suit. Donc si nous accolons à la suite, dans cet ordre, une série de pièces de métal, par exemple, du zinc, de l'étain, du fer, du cuivre, du platine, nous pourrions obtenir aux deux bouts des tensions électriques. Mais si nous mettons cette série de métaux en circuit fermé, de sorte que le zinc et le platine soient en contact, la tension est compensée aussitôt et elle disparaît. Dans un circuit fermé de corps faisant partie de la série voltaïque, la formation d'un courant d'électricité continue n'est donc pas possible. [WIEDEMANN, loc. cit. I, p. 45.]

Wiedemann appuie encore cette affirmation par les considérations théoriques suivantes :

En fait, si un courant électrique continu se présentait dans le circuit, il produirait dans les conducteurs métalliques eux-mêmes de la chaleur qui ne serait supprimée que par refroidissement de leurs points de contact. Cela amènerait en tout cas une répartition inégale de la chaleur ; le courant pourrait également, sans aucun apport de l'extérieur, actionner de façon durable un moteur électromagnétique et fournir ainsi du travail, ce qui est impossible, car dans le cas d'une liaison fixe des métaux, par exemple par soudure, il ne peut plus se produire, même aux points de contact, des changements qui compensent ce travail. [Ibid. pp. 44-45.]

Et, ne se contentant pas de démontrer théoriquement et expérimentalement que l'électricité de contact des métaux ne peut à elle seule produire la moindre électricité, Wiedemann se trouvera dans la nécessité, comme nous le verrons, de mettre sur pied une hypothèse particulière pour éliminer son efficacité, même là où elle pourrait éventuellement se manifester sous la forme de courant.

Essayons donc un autre moyen pour parvenir de l'électricité de contact au courant. Imaginons avec Wiedemann deux métaux, tels qu'une tige de zinc et une tige de cuivre, soudés par un de leurs bouts, mais reliés à leur extrémité libre par un troisième corps, qui *n'aurait pas* d'action électromotrice par rapport aux deux métaux, mais ne ferait que conduire les électricités contraires rassemblées à leur surface, de sorte qu'elles se compenseraient dans celui-ci. Dans ce cas, la force de séparation électrique reconstituerait sans cesse la différence de potentiel primitive et l'on verrait de la sorte apparaître dans le circuit un courant continu d'électricité qui pourrait fournir un travail sans contrepartie, ce qui est derechef impossible. - En conséquence il ne peut y avoir aucun corps qui ne fasse que conduire l'électricité, sans activité électromotrice vis-à-vis des autres corps. [Ibid. p. 45.]

Nous ne sommes pas plus avancés : l'impossibilité de créer le mouvement nous barre à nouveau la route. A l'aide du contact de corps chimiquement indifférents, donc avec l'électricité de contact proprement dite, nous n'arriverons jamais à produire un courant. Faisons donc encore une fois demi-tour et essayons une troisième voie que Wiedemann nous montre :

Plongeons enfin une plaque de zinc et une plaque de cuivre dans un liquide contenant une combinaison dite *binaire*, c'est-à-dire qui peut se décomposer en deux éléments chimiquement différents se saturant complètement l'un l'autre, par exemple une solution d'acide chlorhydrique (H + Cl), etc. Dans ce cas, selon le § 27, le zinc se charge d'électricité négative et le cuivre d'électricité positive. Si l'on réunit les métaux, ces électricités s'égalisent réciproquement à travers le point de contact par où passe donc *un courant d'électricité positive* du cuivre au zinc. Comme la force de séparation électrique qui apparaît lors du contact de ces métaux *transporte* aussi l'électricité positive *dans le même sens*, les effets des forces de séparation électrique *ne se suppriment pas* réciproquement comme dans un circuit métallique fermé. *De la sorte il naît ici un courant continu d'électricité positive* qui passe en circuit fermé du cuivre au zinc à travers son point de contact avec celui-ci et du zinc au cuivre à travers le liquide. ,us reviendrons bientôt (§ 24 sq.) à la question de savoir dans quelle mesure les diverses forces de séparation électrique existant dans le circuit contribuent réellement à la formation de ce courant. - Une combinaison de conducteurs qui fournit un pareil « courant galvanique », nous l'appelons un élément galvanique ou pile galvanique p. 45.)¹⁵⁷.

Ainsi le miracle serait réalisé. Grâce à la simple force de séparation électrique du contact qui (Wiedemann le dit lui-même) ne peut agir sans apport d'énergie de l'extérieur, un courant continu serait engendré ici. Et si, pour l'expliquer, nous ne disposons de rien d'autre que du passage ci-dessus de Wiedemann, cela resterait effectivement un authentique miracle. Qu'apprenons-nous ici sur le processus qui nous intéresse ?

1. Si nous plongeons du zinc et du cuivre dans un liquide contenant une combinaison dite *binaire*, selon le paragraphe 27 le zinc se charge négativement, le cuivre positivement. Or, tout le paragraphe 27 ne souffle pas mot d'une combinaison binaire. Il décrit seulement un élément voltaïque simple, composé d'une plaque de zinc et d'une plaque de cuivre entre lesquelles se trouve un disque d'étoffe humecté d'un liquide *acide* et il étudie ensuite, sans mentionner de quelconques processus chimiques, les charges d'électricité *Étatique* des deux métaux qui en résultent. Donc la combinaison dite *binaire* est introduite ici en contrebande, par la porte de derrière.

2. Le rôle de cette combinaison binaire reste absolument mystérieux. Le fait qu'elle « peut se décomposer en deux éléments chimiques qui seaturent complètement l'un l'autre » (qui seaturent complètement, après qu'ils sont décomposés ? !) pourrait en vérité nous apprendre quelque chose tout au plus si *elle se décomposait effectivement*. Mais il n'y a pas un mot à ce sujet, et il nous faut donc admettre pour le moment, qu'elle *ne se décompose pas*, comme par exemple dans le cas de la paraffine.

3. Après que, dans le liquide, le zinc s'est donc chargé d'électricité négative et le cuivre d'électricité positive, nous les mettons en contact (en dehors du liquide). Aussitôt, ces électricités s'égalisent réciproquement à travers le point de contact par où passe *donc*, du cuivre au zinc, un courant d'électricité positive.

¹⁵⁷ Tous les passages soulignés dans cette citation le sont par Engels. (N.R.)

Encore une fois, nous n'apprenons pas pourquoi il passe seulement un courant d'électricité « positive » dans l'un des sens, et non pas aussi un courant d'électricité « négative » dans le sens opposé. Nous n'apprenons absolument pas ce que devient l'électricité négative qui, jusqu'ici, était tout de même aussi nécessaire que l'électricité positive : l'action de la force de séparation électrique consistait précisément en ce qu'elle les opposait librement l'une à l'autre. La voilà maintenant soudain éliminée, en quelque sorte escamotée, et il semble qu'il n'existe que de l'électricité positive.

Mais ensuite, p. 51, on nous dit exactement le contraire, puisqu'ici « *deux électricités s'unissent* ¹⁵⁸ en un courant ». Il y coule donc aussi bien de l'électricité négative que de l'électricité positive ! Qui nous aidera à sortir de cette confusion ?

4. Comme la force de séparation électrique qui apparaît lors du contact de ces métaux transporte aussi l'électricité positive dans la même sens, les effets des forces de séparation électrique ne se suppriment pas réciproquement, comme dans un circuit métallique fermé. De la sorte, il naît ici un courant continu, etc. - Voilà qui est un peu fort. Car, comme nous le verrons quelques pages plus loin (p. 52), Wiedemann nous démontre que lors de la formation du courant continu ... la force de séparation électrique au point de contact des métaux ... *doit* être inactive ¹⁵⁹; que non seulement il y a courant, même si, au lieu de transporter l'électricité positive dans le même sens, elle agit en direction opposée au sens du courant, mais encore que, même dans ce cas, elle n'est pas compensée par une partie déterminée de la force de séparation électrique de la pile, donc elle est une fois de plus inactive. Comment Wiedemann peut-il par conséquent faire contribuer, p. 45, à la formation. du courant une force de séparation électrique comme facteur nécessaire, pour nier, p. 52, son action pour la durée du courant et par-dessus le marché à l'aide d'une hypothèse établie spécialement à cet effet ?

5. De la sorte, il naît ici un courant continu d'électricité positive qui passe en circuit fermé du cuivre au zinc à travers son point de contact avec celui-ci, et du zinc au cuivre à travers le liquide. Mais, avec un semblable courant continu d'électricité « de la chaleur serait produite par lui dans les conducteurs eux-mêmes », il pourrait également « actionner un moteur électromagnétique et fournir ainsi du travail », ce qui est toutefois impossible sans apport d'énergie. Wiedemann ne nous ayant pas trahi jusqu'ici par une seule syllabe si un tel apport d'énergie a lieu et d'où il vient, le courant continu reste, comme par le passé, une chose tout aussi impossible que dans les deux cas étudiés précédemment.

Personne n'en a plus conscience que Wiedemann. C'est pourquoi il juge bon de passer aussi vite que possible sur les nombreux points délicats de cette étrange explication de la formation du courant pour entretenir son lecteur pendant quelques pages de toutes sortes de petites histoires élémentaires sur les effets thermiques, chimiques, magnétiques et physiologiques de ce courant toujours mystérieux, tombant même exceptionnellement dans un ton tout à fait populaire Puis il continue tout d'un coup (p. 49) :

¹⁵⁸ Souligné par Engels. (N.R.)

¹⁵⁹ Tous les passages soulignés dans cette citation le sont par Engels. (N.R.)

Il nous faut étudier maintenant de quelle manière les forces de séparation électrique agissent dans un circuit fermé composé de deux métaux et d'un liquide, par exemple de zinc, de cuivre et d'acide chlorhydrique.

Nous savons que les éléments composant la combinaison binaire (HCl) contenue dans le liquide se séparent du fait du passage du courant, de telle sorte que l'un d'eux (H) est libéré sur le cuivre et qu'une quantité équivalente de l'autre (Cl) est libérée sur le zinc, tandis que cette dernière se combine avec une quantité équivalente de zinc pour former ZnCl¹⁶⁰.

Nous savons ! Si nous savons cela, ce n'est certainement pas du fait de Wiedemann, qui, comme nous l'avons vu, n'a pas laissé échapper jusqu'ici un traître mot de ce processus. Et en outre, si nous savons quelque chose de ce processus, c'est qu'il ne procède pas de la manière décrite par Wiedemann.

Quand, à l'aide d'hydrogène et de chlore gazeux, il se forme une molécule d'HCl, une quantité d'énergie = 22.000 unités calorifiques est libérée (Julius Thomsen). Pour arracher à nouveau le chlore à sa combinaison avec l'hydrogène, il faut donc apporter de l'extérieur pour chaque molécule la même quantité d'énergie. D'où la pile tire-t-elle cette énergie ? L'exposé de Wiedemann ne nous le dit pas. Tâchons donc de nous tirer d'affaire nous-même.

Lorsque le chlore se combine avec du zinc pour former du chlorure de zinc, il se dégage une quantité d'énergie considérablement plus grande qu'il n'est nécessaire pour séparer le chlore de l'hydrogène. (Zn. Cl.) dégagent 97.210 unités de quantité de chaleur, 2 (H,Cl) 44.000 unités (J. Thomsen). Et cela rend explicable ce qui se passe dans la pile. Donc l'hydrogène ne se dégage pas tout simplement sur le cuivre, comme Wiedemann le raconte, et le chlore sur le zinc « tandis que », ultérieurement et par hasard, le zinc et le chlore se combinent. Au contraire: la combinaison du zinc et du chlore est la condition fondamentale la plus essentielle de tout le processus, et tant qu'elle ne s'opère pas, c'est en vain qu'on attendra le dégagement d'hydrogène sur le cuivre.

L'excédent de l'énergie, libérée lors de la formation d'une molécule de ZnCl₂ sur celle qui est utilisée pour dégager deux atomes H de deux molécules HCl se convertit donc dans la pile en mouvement électrique et fournit la totalité de la « force électromotrice » qui apparaît dans le courant. Ce n'est donc pas une mystérieuse « force de séparation électrique » qui, sans source d'énergie démontrée jusqu'ici, détache l'un de l'autre l'hydrogène et le chlore, c'est l'ensemble du processus chimique qui s'opère dans la pile¹⁶¹ qui fournit à toutes les « forces de séparation électrique » et « forces électromotrices » du circuit l'énergie nécessaire à leur existence.

Constatons donc pour le moment que la *deuxième* explication que Wiedemann donne du courant nous fait tout aussi peu avancer que la première, et allons plus loin dans notre texte. [Tome I, pp. 49-51.]

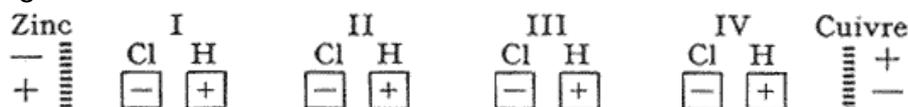
¹⁶⁰ Tous les passages soulignés dans cette citation le sont par Engels. (N.R.)

¹⁶¹ C'est bien en effet la réaction d'ensemble $Zn + 2 ClH \rightarrow ZnCl + 2 H$ qui fournit l'énergie électrique dans la pile. (N.R.)

* Souligné par Engels (N.R.)

Ce processus montre que le rôle du corps binaire entre les métaux ne se limite pas seulement à une simple attraction prédominante de toute sa masse à l'égard de telle ou telle électricité, comme c'est le cas pour les métaux, mais qu'il s'y ajoute une action particulière de ses éléments composants. Comme l'élément Cl se dégage là où le courant d'électricité positive pénètre dans le liquide, l'élément H là où entre l'électricité négative, *nous admettons** que, dans la combinaison HCl, chaque équivalent Cl est chargé d'une quantité déterminée d'électricité négative qui détermine son attraction par l'électricité positive. Il est l'élément électronégatif de la combinaison. De même l'équivalent H doit être chargé d'électricité positive et constituer l'élément électropositif de la combinaison. Ces charges pourraient* se constituer lors de la combinaison H et Cl tout à fait comme lors du contact du zinc et du cuivre. Comme la combinaison HCl n'a pas par elle-même de charge électrique, *nous devons admettre** sous ce rapport que dans celle-ci les atomes de l'élément positif et ceux de l'élément négatif contiennent des quantités égales d'électricité positive et négative.

Si nous plongeons maintenant dans une solution d'acide chlorhydrique une plaque de zinc et une plaque de cuivre, *nous pouvons supposer** que le zinc exercera une attraction plus forte sur l'élément électriquement négatif (Cl) que sur l'élément électriquement positif (H) de cette solution. En conséquence les molécules d'acide chlorhydrique qui sont au contact du zinc se disposeraient* de façon à tourner leurs éléments électriquement négatifs vers le zinc, les éléments électriquement positifs vers le cuivre. Étant donné que les éléments ainsi rangés agissent par leur attraction électrique sur les éléments des molécules suivantes d'HCl, toute la série des molécules entre la plaque de zinc et la plaque de cuivre s'ordonne comme dans la fig.



Si le second métal agissait sur l'hydrogène positif comme le zinc agit sur le chlore négatif, cela favoriserait la disposition indiquée. S'il agissait en sens opposé, mais avec une action plus faible, la direction de cette disposition resterait tout au moins inchangée.

Grâce à l'action inductrice de l'électricité négative de l'élément électriquement négatif Cl en contact avec le zinc, l'électricité serait* répartie de telle façon sur le zinc que les parties de celui-ci qui sont à proximité immédiate du chlore de l'atome¹⁶² d'acide le plus proche se chargeraient positivement, les parties plus éloignées négativement. De même sur le cuivre, l'électricité négative serait accumulée à proximité immédiate de l'élément électriquement positif (H) de l'atome d'acide chlorhydrique proche, l'électricité positive serait repoussée vers les parties plus éloignées.

*Ensuite** l'électricité positive dans le zinc se *combinerait** avec l'électricité négative de l'atome Cl le plus proche et ce dernier lui-même se *combinerait** avec le zinc [pour former $ZnCl_2$ qui n'est pas chargé d'électricité]¹⁶³. L'atome positif H qui était

¹⁶² Dans la suite de ce passage, Wiedemann dit les « atomes de l'acide chlorhydrique » pour les molécules de cet acide. (O.G.I.Z., Obs.)

¹⁶³ Chez Engels, le passage entre crochets a sauté. (O.G.I.Z., Obs.)

* Souligné par Engels (N.R.)

précédemment combiné avec cet atome Cl *s'unirait** avec l'atome Cl tourné vers lui du second atome HCl, tandis que les électricités contenues dans ces atomes se combineraient ; de même l'H du second atome HCl se *combinerait** avec Cl du troisième atome et ainsi de suite, jusqu'à ce qu'enfin soit libéré sur le cuivre un atome H, dont l'électricité positive s'unirait avec l'électricité négative répartie sur le cuivre, de sorte qu'il disparaîtrait dans l'état neutre, non chargé d'électricité. [Ce processus] se répéterait jusqu'à ce que la répulsion des électricités accumulées dans les plaques sur celles des éléments d'acide chlorhydrique tournés vers elles équilibre exactement l'attraction de ces derniers par les métaux. Mais si l'on réunit les plaques de métal par un conducteur, les électricités libres des plaques de métal s'unissent entre elles et les processus précédemment mentionnés peuvent se reproduire. *De cette façon* * naîtrait un courant continu d'électricité. -Il est évident que cela entraîne une perte continue de force vive, du fait que les éléments de la combinaison binaire qui vont vers les métaux se meuvent avec une certaine vitesse en direction des métaux et ensuite entrent en état de repos, soit qu'ils constituent une combinaison (ZnCl₂), soit qu'ils échappent librement (H). (Remarque [de Wiedemann] : étant donné que le gain de force vive résultant de la séparation des éléments Cl et H est compensé à son tour par la force vive perdue du fait de leur réunion avec les éléments des atomes les plus proches, on peut négliger l'influence de ce processus.) Cette perte de force vive est équivalente à la quantité de chaleur qui est libérée lors du processus chimique qui se produit visiblement, c'est-à-dire, pour l'essentiel lors de la décomposition d'un équivalent de zinc dans la solution acide. Le travail employé à la répartition des électricités doit être équivalent à cette valeur. Si, par conséquent, les électricités se réunissent en un courant, il doit, pendant la décomposition d'un équivalent de zinc et le dégagement d'un équivalent H hors du liquide, apparaître dans le circuit fermé un travail, soit sous forme de chaleur, soit sous forme d'un travail fourni à l'extérieur qui est également équivalent à la quantité de chaleur dégagée correspondant à ce processus chimique.

« Nous admettons - nous pourrions - nous devons admettre - nous pourrions supposer - serait réparti - se chargeraient », etc. Ce ne sont que conjectures et verbes au conditionnel, où l'on peut seulement pécher avec certitude trois présents de l'indicatif: premièrement la combinaison du zinc avec le chlore est *maintenant* reconnue comme condition du dégagement d'hydrogène; deuxièmement, comme nous l'apprenons tout à fait à la fin, et pour ainsi dire accessoirement, l'énergie libérée au cours de ce processus est la source, et qui plus est la source exclusive, de toute l'énergie exigée pour la formation du courant, et troisièmement, cette explication de la formation du courant contredit tout aussi directement les deux explications données précédemment, que celles-ci se contredisent elles-mêmes réciproquement.

Il est dit *plus loin* : En conséquence, la formation du courant continu peut être *uniquement et seulement** l'effet de la force de séparation électrique qui provient de l'attraction inégale et de la polarisation des atomes de la combinaison binaire dans le liquide excitateur de la pile par les électrodes métalliques ; la force de séparation électrique *doit, par contre, être inactive** au point de contact des métaux où ne peuvent plus se présenter de changements mécaniques. La proportionnalité complète, mentionnée ci-dessus, de la totalité de la force de séparation électrique (et

* Souligné par Engels (N.R.)

de la force électromotrice) dans le circuit fermé avec l'équivalent calorique des processus chimiques que nous avons mentionné démontre que la force de séparation électrique de contact, quand elle agit disons *en sens opposé** à l'excitation électromotrice des métaux par le liquide (comme lorsqu'on plonge du zinc et du plomb dans une solution de cyanure de potassium) n'est pas compensée par une partie déterminée de la force de séparation au point de contact des métaux avec le liquide. Il faut donc qu'elle soit neutralisée d'une autre manière. Cela se passerait de la façon la plus simple si l'on admet qu'au contact du liquide excitateur avec les métaux la force électromotrice est engendrée de deux manières : d'abord par une attraction des masses* du liquide en tant que tout sur telle ou telle électricité ; ensuite par l'attraction inégale des métaux sur les parties composantes* du liquide chargées d'électricités contraires... Par suite de la première attraction inégale (des masses) sur les électricités, les liquides se comporteraient tout à fait selon la loi de la série voltaïque des métaux dans un circuit fermé... Il se ferait une neutralisation complète, jusqu'au zéro, des forces de séparation électrique (et des forces électromotrices) ; la deuxième action (chimique*) fournirait seule* par contre la force de séparation électrique nécessaire à la formation du courant et la force électromotrice correspondante. (I, pp. 52-53.)

De la sorte, le dernier reste de la théorie du contact serait sans encombre écarté des explications de la formation du courant et, du même coup aussi, le dernier reste de la première explication donnée par Wiedemann, p. 45, On accorde enfin sans réserve que la pile galvanique est un simple appareil servant à convertir de l'énergie chimique libérée en mouvement électrique, en prétendue force de séparation électrique et en force électromotrice, exactement comme la machine à vapeur est un appareil servant à convertir de l'énergie calorifique en mouvement mécanique. Dans un cas comme dans l'autre, l'appareil fournit les conditions de la libération de l'énergie et de sa transformation ultérieure, mais il ne fournit par lui-même aucune énergie. Cela une fois établi, il nous reste encore à étudier d'un peu plus près l'explication du courant par Wiedemann dans sa troisième version : comment sont représentées les conversions d'énergie dans le circuit fermé ?

Il serait évident, dit-il, que dans la pile il se produit une perte constante de force vive, du fait que les éléments de la combinaison binaire se dirigent vers les métaux se meuvent en direction de ceux-ci avec une certaine vitesse et parviennent à l'état de repos, soit en formant une combinaison ($ZnCl_2$), soit en se dégageant librement (H). Cette perte est équivalente à la quantité de chaleur qui est libérée lors du processus chimique qui se produit visiblement dans la solution acide, c'est-à-dire, essentiellement lors de la décomposition d'un équivalent de zinc.

Premièrement, si le processus se déroule d'une manière Pure, il n'y a pas la moindre chaleur libérée dans la pile lors de la décomposition du zinc ; l'énergie libérée se transforme précisément en électricité et ce n'est qu'à partir de cette dernière, du fait de la résistance de tout le circuit fermé, qu'elle est convertie par la suite en chaleur.

Deuxièmement, la force vive est le demi-produit de la masse par le carré de la vitesse. La thèse ci-dessus se formulerait donc : l'énergie libérée lors de la

* Souligné par Engels (N.R.)

décomposition d'un équivalent de zinc dans la solution acide égale à tant de calories est en même temps égale au demi-produit de la masse des ions par le carré de la vitesse avec laquelle ils se dirigent vers les métaux. Ainsi formulée, cette thèse est évidemment fautive : la force vive qui apparaît dans le mouvement des ions est bien loin d'être égale à l'énergie libérée par le processus chimique¹⁶⁴. Mais si elle l'était, il n'y aurait pas de courant possible, car dans le reste du circuit, il ne resterait pas d'énergie pour le courant. C'est pourquoi Wiedemann glisse encore cette remarque, lie les ions parviennent à l'état de repos « soit en formant une combinaison, soit en se dégageant librement ». Mais si la perte de force vive doit inclure aussi les conversions d'énergie qui s'opèrent lors de ces deux processus, alors nous sommes définitivement embourbés. Car ce sont ces deux processus pris ensemble auxquels nous devons toute l'énergie libérée, de sorte qu'il ne peut absolument pas être question ici d'une *perte* de force vive, mais tout au plus d'un *gain*.

Par conséquent, il est évident qu'en écrivant cette phrase même, Wiedemann ne s'est rien représenté de précis ; la « perte de force vive » n'est bien plutôt que le *deus ex machina* qui lui rend possible le bond fatidique de la vieille théorie du contact à l'explication chimique de la production du courant. En fait, la perte de force vive a maintenant rempli son rôle et l'on s'en débarrasse ; désormais, c'est le processus chimique dans la pile qui passe indiscutablement pour la seule source d'énergie dans la formation du courant et le seul souci qui reste encore à notre auteur, est de savoir comment il écartera également encore du courant d'une façon décente le dernier reste de l'excitation électrique due au contact de corps chimiquement indifférents, c'est-à-dire la force de séparation qui agit au point de contact des deux métaux.

Quand on lit de quelle façon, rapportée ci-dessus, Wiedemann explique la formation du courant, on croit avoir sous les yeux un échantillon de cette apologétique que les théologiens, croyants ou à demi-croyants opposaient, il y a près de quarante ans, à la critique philologique et historique de la Bible par Strauss, Wilke, Bruno Bauer et consorts. La méthode est tout à fait la même, et il faut qu'elle le soit. Car, dans l'un et l'autre cas, il s'agit de sauver la *vieille tradition* devant la science qui pense. L'empirisme exclusif, qui se permet tout au plus de penser sous la forme du calcul mathématique, s' imagine qu'il opère seulement avec des faits indéniables. Mais, en réalité, il opère principalement avec des idées traditionnelles, avec les produits en grande partie dépassés de la pensée de ses devanciers, comme l'électricité positive et négative, la force de séparation électrique, la théorie du contact. Ces idées traditionnelles lui servent de base pour des calculs mathématiques à l'infini, au cours desquels la rigueur de la formulation mathématique lui fait agréablement oublier la

¹⁶⁴ Récemment, F. Kohlrausch (*Wiedemanns Annalen*, VI [Leipzig 1879] 206) a calculé qu'il fallait des « forces énormes » pour déplacer les ions dans la solution aqueuse. Pour faire franchir à un mg une distance d'1 mm., il faudrait une force de traction, pour H = 32.500 kg., pour Cl = 5.200 kg., soit pour HCl = 37.700 kg. Même si ces chiffres sont absolument justes, ils n'infirmes pas ce qui a été dit plus haut. Mais le calcul comporte des facteurs hypothétiques inévitables jusqu'ici dans le domaine de l'électricité et il lui faut donc le contrôle de l'expérience*. Celui-ci semble possible. D'abord ces « forces énormes » doivent paraître sous forme de quantité déterminée de chaleur, là où elle sont consommées, c'est-à-dire, dans le cas ci-dessus, dans la pile. Deuxièmement l'énergie consommée par elles doit être inférieure à celle qui est fournie par les processus chimiques de la pile, et cela d'une quantité déterminée. Troisièmement, cette différence doit être consommée dans le reste du circuit et on doit pouvoir la constater là aussi quantitativement. Ce n'est qu'après leur confirmation par ce contrôle que les déterminations chiffrées de Kohlrausch peuvent avoir une valeur définitive. La constatation de ces grandeurs apparaît plus réalisable encore dans la cuve électrolytique. (Nok d'Engels).

* L'hypothèse de Kohlrausch s'est avérée inexacte. Des forces peu importantes suffisent à déplacer les ions. Engels avait donc tout à fait raison d'être sceptique. Voir note a p. 156. (N.R.)

nature hypothétique des prémisses. Et cette sorte d'empirisme est aussi sceptique à l'égard des résultats de la pensée contemporaine qu'il est crédule à l'égard de ceux de la pensée de ses devanciers. Même les faits constatés expérimentalement sont progressivement devenus pour lui inséparables de leurs interprétations traditionnelles ; le phénomène électrique le plus simple est falsifié quand on le représente, par exemple, en y introduisant en contrebande les deux électricités; cet empirisme n'est plus capable de décrire honnêtement les faits, car l'interprétation traditionnelle se glisse dans la description. En un mot, nous avons ici dans le domaine de la théorie de l'électricité une tradition aussi développée que dans celui de la théologie. Et comme dans l'un et l'autre domaine les résultats de la recherche moderne, la constatation de faits jusqu'ici inconnus ou contestés et les conclusions théoriques qui en découlent nécessairement réfutent impitoyablement la vieille tradition, ses défenseurs tombent dans le pire embarras. Ils sont obligés d'avoir recours à toutes sortes de subterfuges, de faux-fuyants insoutenables, de maquillage de contradictions inconciliables, et, de ce fait, ils tombent eux-mêmes dans un dédale de contradictions sans issue. C'est cette foi dans toute la vieille théorie de l'électricité qui embarrasse ici Wiedemann dans la plus inextricable contradiction avec lui-même, simplement parce qu'il tente désespérément de concilier en rationaliste la vieille explication du courant par « force de contact » avec l'explication moderne par libération d'énergie chimique.

On objectera peut-être que la critique donnée plus haut de la façon dont Wiedemann explique la formation du courant repose sur une querelle de mots; sans doute Wiedemann s'exprimerait au début avec un peu de négligence et d'imprécision, mais, en fin de compte, il donnerait tout de même l'exposé exact, concordant avec le principe de la conservation de l'énergie, et ainsi il se rachèterait. En réponse à cela donnons un autre exemple, sa description de ce qui se passe dans la pile : zinc, acide sulfurique dilué, cuivre.

Si l'on réunit les deux plaques par un fil, il naît un courant galvanique... Du fait du *processus électrolytique**, il se dégage à partir de l'eau* de la solution d'acide sulfurique un équivalent d'hydrogène qui s'échappe en bulles sur le cuivre. Il se forme sur le zinc un équivalent d'oxygène qui oxyde le zinc pour en faire de l'oxyde de zinc, lequel se dissout dans l'acide environnant pour donner de l'oxyde de zinc sulfaté. (I, p. 593.)

Pour séparer de l'eau l'hydrogène et l'oxygène, il faut pour chaque molécule d'eau une énergie de 68.924 unités de quantité de chaleur. Or d'où vient l'énergie dans la pile considérée ? « Du processus électrolytique. » Et où le processus électrolytique la prend-il ? Pas de réponse.

Or Wiedemann nous raconte plus loin, non pas une fois, mais au moins deux fois (I, pp. 472 et 614) que, d'une manière générale, « selon des expériences récentes, [dans l'électrolyse] ce n'est pas l'eau elle-même qui est décomposée », mais dans le cas qui nous intéresse, l'acide sulfurique SO_4H_2 , qui se divise d'une part en H_2 , d'autre part en $\text{SO}_3 + \text{O}$, tandis que dans certaines circonstances H_2 et O peuvent s'échapper sous forme de gaz. Mais voilà qui change toute la nature du processus. H_2 de SO_4H_2 est directement remplacé par le zinc bivalent et forme du sulfate de zinc

* Souligné par Engels (N.R.)

ZnSO₄. Il reste d'une part H₂, de l'autre SO₃ + O. Les deux gaz s'échappent dans la proportion où ils forment de l'eau ¹⁶⁵, SO₃ se combine avec l'eau de la solution H₂O pour former à nouveau SO₄H₂, c'est-à-dire de l'acide sulfurique. Or, lors de la formation de ZnSO₄, il se développe une quantité d'énergie qui ne suffit pas seulement pour éliminer et libérer l'hydrogène de l'acide sulfurique, mais laisse encore un excédent considérable qui, dans le cas qui nous intéresse, est utilisé pour former le courant. Le zinc n'attend donc pas que le processus électrolytique mette à sa disposition l'oxygène libre pour s'oxyder d'abord et se dissoudre ensuite dans l'acide. Au contraire, il entre directement dans le processus qui ne peut, somme toute, se réaliser que grâce à cette intervention du zinc ¹⁶⁶.

Nous voyons ici comment des notions chimiques désuètes viennent au secours des notions périmées de contact. D'après la conception moderne, un sel est un acide dans lequel l'hydrogène est remplacé par un métal. Le phénomène à étudier ici con conception : l'élimination directe de l'hydrogène de l'acide par le zinc explique parfaitement la transformation d'énergie qui se produit ici. La conception ancienne, que suit Wiedemann, tient un sel pour la combinaison d'un oxyde métallique avec un acide et parle en conséquence d'oxyde de zinc sulfaté au lieu de sulfate de zinc. Mais pour pouvoir passer, dans notre pile, du zinc et de l'acide sulfurique à l'oxyde de zinc sulfaté, il faut d'abord que le zinc soit oxydé. Pour oxyder assez rapidement le zinc, il faut que nous ayons de l'oxygène libre. Pour avoir de l'oxygène libre, il nous faut admettre, - étant donné que sur le cuivre - apparaît de l'hydrogène, - que l'eau est décomposée. Pour décomposer de l'eau, nous avons besoin d'une puissante énergie. Comment l'obtenir ? Simplement « par le processus électrolytique », qui, à son tour, ne peut entrer en jeu tant que le produit chimique qui en résulte finalement, « l'oxyde de zinc sulfaté », n'a pas commencé à se former. Le fils engendre sa mère.

Donc, ici aussi, chez Wiedemann, tout le processus est totalement renversé et mis sur la tête ; et ceci parce que Wiedemann met dans le même sac sans autre forme de procès l'électrolyse active et passive, deux processus directement opposés, et les considère tout bonnement comme l'électrolyse.

Jusqu'ici nous avons seulement étudié ce qui se passe dans la pile, c'est-à-dire le processus au cours duquel un excédent d'énergie est libéré par l'action chimique et converti en électricité par le dispositif de la pile. Or on sait que ce processus peut aussi être renversé: l'électricité du courant continu dégagée dans la pile à partir de l'énergie chimique peut à son tour être retransformée en énergie chimique dans une cuve électrolytique intercalée dans le circuit. Les deux processus sont évidemment opposés l'un à l'autre; si nous considérons le premier comme chimico-électrique, le second est électrochimique. Tous deux peuvent se dérouler dans le même circuit fermé, sur les mêmes corps. Ainsi, une pile composée d'éléments gazeux dont le courant est produit par la combinaison en eau d'hydrogène et d'oxygène, peut fournir dans une cuve électrolytique mise en circuit les gaz hydrogène et oxygène dans les proportions où ils forment de l'eau. La manière courante de considérer les choses rassemble ces deux processus opposés sous une seule expression : électrolyse, et ne fait même pas la distinction entre une électrolyse active et une électrolyse passive, entre un liquide excitateur et un électrolyte passif. C'est ainsi que

¹⁶⁵ En réalité, il n'y a pas dégagement d'oxygène, mais d'hydrogène seulement dans cette pile. (N.R.)

¹⁶⁶ C'est là l'essentiel, et le jugement d'Engels est, par conséquent, fondamentalement juste. (N.R.)

Wiedemann traite de l'électrolyse en général pendant 143 pages et ajoute ensuite, à la fin, quelques remarques sur « l'électrolyse dans la pile », remarques dont, de surcroît, les processus se déroulant dans les piles réelles n'occupent que la plus faible partie des 17 pages de cette section. Même dans « la théorie de l'électrolyse » qui vient ensuite, cette opposition entre pile et cuve électrolytique n'est même pas mentionnée, et quiconque chercherait dans le chapitre suivant: « L'influence de l'électrolyse sur la résistance des conducteurs et la force électromotrice dans le circuit fermé », la moindre prise en considération des conversions d'énergie qui se produisent dans le circuit, celui-là serait amèrement déçu.

Considérons maintenant le « processus électrolytique » irrésistible qui, sans apport visible d'énergie, peut séparer H₂ de O, et qui, dans les sections du livre qui nous intéressent maintenant, jouent le même rôle que précédemment la mystérieuse « force de séparation électrique ».

A côté du processus *Primaire, purement électrolytique* * de séparation des ions, il se présente encore une foule de processus *secondaires** tout à fait indépendants du premier, *Purement chimiques**, du fait de l'action des ions dégagés par le courant. Cette action peut s'exercer sur la substance des électrodes et sur le corps décomposé, et, dans les solutions, sur le solvant. (I, p. 48.)

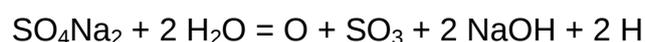
Revenons à notre pile de tout à l'heure : zinc et cuivre dans une solution d'acide sulfurique. Ici, d'après les propres termes de Wiedemann, les ions dégagés sont H₂ et O provenant de l'eau. En conséquence, l'oxydation du zinc et la formation de SO₄Zn est pour lui un processus secondaire, indépendant du processus électrolytique, purement chimique, bien que ce soit seulement grâce à lui que le premier processus devienne possible. Or, considérons dans le détail la confusion qui résulte nécessairement de cette perversion du cours réel des choses.

Tenons-nous-en, pour commencer, aux processus dits secondaires dans la cuve électrolytique dont Wiedemann nous donne quelques exemples ¹⁶⁷ (pp. 481-482).

I. Électrolyse de SO₄Na₂ dilué dans l'eau.

Celui-ci se décompose en 1 équivalent SO₃ + O... et 1 équivalent Na... mais ce dernier réagit sur l'eau de la solution et en dégage un équivalent H, tandis qu'il se forme un équivalent de soude [NaOH] qui se dissout dans l'eau environnante.

L'équation s'écrit de la façon suivante



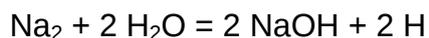
Dans cet exemple, on pourrait en effet considérer la décomposition



* Souligné par Engels. (N.R.)

¹⁶⁷ Remarquons une fois pour toutes que Wiedemann utilise partout les anciennes valeurs chimiques d'équivalents et il écrit HO, ZnCl, etc. Dans mes équations j'utilise partout les poids atomiques actuels et j'écris donc H₂O₂, ZnCl₂, etc. (Note d'Engels).

comme un processus primaire, électrochimique, et la transformation ultérieure



comme un processus secondaire purement chimique. Mais ce processus secondaire se produit directement sur l'électrode même où apparaît l'hydrogène ; en conséquence la quantité d'énergie très importante dégagée à cette occasion (111.810 unités caloriques pour Na, O, H, aq. d'après Julius Thomsen) est convertie, en majeure partie du moins, en électricité, et seule une partie est transformée directement en chaleur dans la cuve. Cependant la même chose peut aussi arriver avec l'énergie chimique libérée directement ou de façon primaire dans la pile. Mais la quantité d'énergie devenue ainsi disponible et convertie en électricité, se soustrait de celle que le courant doit fournir pour la décomposition continue de SO_4Na_2 . Si la transformation du sodium en oxyde hydraté apparaissait au premier moment de tout le processus comme un processus secondaire, dès le second moment, elle devient un facteur essentiel de l'ensemble du processus et cesse de ce fait d'être secondaire.

Or il se produit encore un troisième processus dans cette cuve électrolytique : dans le cas où il ne constitue pas une combinaison avec le métal de l'électrode positive, ce qui dégagerait à nouveau de l'énergie, SO_3 se combine avec H_2O pour former SO_4H_2 , de l'acide sulfurique. Mais cette transformation ne se passe pas nécessairement sur l'électrode même, et, en conséquence, la quantité d'énergie libérée à cette occasion (21.320 unités caloriques d'après J. Thomsen) se convertit entièrement ou en majeure partie en chaleur dans la cuve elle-même et donne en plus une très petite partie de l'électricité au courant. Le seul processus réellement secondaire qui se déroule dans cette cuve, n'est donc pas même mentionné par Wiedemann.

II. Si l'on soumet à l'électrolyse une solution de sulfate de cuivre [$\text{SO}_4\text{Cu} + 5\text{H}_2\text{O}$] entre une électrode positive de cuivre et une électrode négative de platine, alors, - tandis qu'il se décompose en même temps une solution d'acide sulfurique dans le même circuit, - il se dégage sur l'électrode négative de platine un équivalent de cuivre pour un équivalent d'eau décomposée ; sur l'électrode positive devrait apparaître un équivalent SO_4 ; mais ce dernier se combine avec le cuivre de l'électrode pour former un équivalent SO_4Cu , qui se dissout dans l'eau de la solution de l'électrolyse. [I, pp. 481]

Voici comment, dans le langage chimique moderne, il nous faut nous représenter le processus : sur le platine, précipitation de Cu ; le SO_4 libéré, qui ne peut subsister isolément se décompose en $\text{SO}_2 + \text{O}$, ce dernier s'échappant librement ; SO_3 emprunte à l'eau de la solution H_2O et forme SO_4H_2 , qui se combine à nouveau, avec dégagement de H_2 , au cuivre de l'électrode pour former SO_4Cu . Nous avons ici à vrai dire trois processus: 1. séparation de Cu et de SO_4 ; 2. $\text{SO}_3 + \text{O} + \text{H}_2\text{O} = \text{SO}_4\text{H}_2 + \text{O}$; 3. $\text{SO}_4\text{H}_2 + \text{Cu} = \text{H}_2 + \text{SO}_4\text{Cu}$ ¹⁶⁸. On pourrait très bien considérer le premier processus comme primaire, les deux autres comme secondaires. Mais si nous posons la question des conversions d'énergie qui se produisent ici, nous voyons que

¹⁶⁸ En réalité, il n'y a pas de dégagement de H ni de O. Plus simplement, à la surface de l'électrode en cuivre, $\text{SO}_4 + \text{Cu} \rightarrow \text{SO}_4\text{Cu}$. Une telle électrolyse, en gros, n'emprunte pas d'énergie au courant et ne correspond à la production d'aucune énergie chimique. (N.R.)

le premier processus est entièrement compensé par une partie du troisième : la séparation du cuivre de SO_4 est compensée par leur réunion à l'autre électrode. Si nous faisons abstraction de l'énergie qui est nécessaire pour faire passer le cuivre d'une électrode à l'autre, ainsi de la perte d'énergie inévitable (indéterminable de façon exacte) dans la pile du fait de la conversion en chaleur, nous avons précisément ici le cas où le processus prétendu primaire ne retire aucune énergie au courant. Le courant fournit de l'énergie exclusivement pour permettre la séparation (indirecte qui plus est) de H_2 et de O , qui s'avère être le résultat chimique réel de tout le processus... c'est-à-dire pour réaliser un processus *secondaire* ou même tertiaire.

Dans les deux processus ci-dessus, comme aussi dans d'autres cas, la distinction entre processus primaires et secondaires est, sans contredit, relativement justifiée. Les deux fois, il apparaît que, entre autre, de l'eau aussi est décomposée, et que les éléments de l'eau se dégagent aux électrodes opposées. Comme, d'après les expériences les plus récentes, l'eau absolument pure est aussi proche que possible de l'idéal du non-conducteur, donc également du non-électrolyte, il est important de montrer que, dans ces cas et dans des cas semblables, ce n'est pas l'eau qui est directement décomposée électrochimiquement, mais que les éléments de l'eau sont dégagés de l'acide, à la formation duquel l'eau de la solution doit toutefois contribuer ici.

III. Si l'on soumet simultanément à l'électrolyse dans deux tubes en U... de l'acide chlorhydrique [$\text{HCl} + 8\text{H}_2\text{O}$]... et que l'on utilise dans un tube une électrode positive de zinc et dans l'autre une électrode positive de cuivre, il se dissout dans le premier tube une quantité de zinc 32,53, dans le second une quantité de cuivre $2 \times 31,7$, [I, p. 482]

Laissons pour le moment le cuivre de côté et tenons-nous-en au zinc. Pour Wiedemann, c'est la décomposition d' HCl qui est ici le processus primaire, la dissolution de Zn le processus secondaire.

Ainsi, d'après cette manière de voir, le courant apporte de l'extérieur à la cuve électrolytique l'énergie nécessaire à la séparation d' H et de Cl , et, une fois cette séparation opérée, Cl s'unit avec Zn , ce qui libère une quantité d'énergie qui se soustrait de la quantité nécessaire à la séparation d' H et de Cl ; le courant n'a donc qu'à apporter la différence. jusqu'ici tout va bien; mais si nous regardons d'un peu plus près les deux quantités d'énergie, nous trouvons que l'énergie libérée lors de la formation de ZnCl_2 est plus *grande* que l'énergie consommée pour dissocier 2HCl ; c'est-à-dire que non seulement le courant n'a pas besoin d'apporter de l'énergie, mais qu'au contraire il *en reçoit*. Nous n'avons plus à faire à un électrolyte passif, mais à un liquide excitateur, non plus à une cuve électrolytique, mais à une *pile* qui renforce d'un nouvel élément le générateur de courant ; le processus que nous devons considérer comme secondaire devient absolument primaire, il devient la source d'énergie de l'ensemble du processus et le rend indépendant de l'apport de courant du générateur.

Nous voyons nettement ici quelle est la source de toute la confusion qui règne dans l'exposé théorique de Wiedemann. Wiedemann part de l'électrolyse, sans s'occuper de savoir si elle est active ou passive, s'il a affaire à une pile ou à une cuve électrolytique : « Un médocastre est un médocastre », comme disait le vieux

commandant au docteur en philosophie engagé volontaire ¹⁶⁹. Et comme l'électrolyse est bien plus facile à étudier dans la cuve électrolytique, que dans la pile, il part effectivement de la cuve électrolytique, fait des processus qui s'y accomplissent, de leur division partiellement justifiée en primaires et en secondaires, le critère des processus exactement inversés qui s'accomplissent dans la pile, ne remarque même pas, comment, à son insu, la cuve électrolytique se change en pile. C'est pourquoi il peut poser le principe: « L'affinité chimique des corps dissociés pour les électrodes est sans influence sur le processus proprement électrolytique » (I, p. 471), principe qui, sous cette forme absolue, est totalement faux comme nous 1 avons vu. D'où ensuite sa triple théorie de la formation du courant: d'abord la vieille théorie traditionnelle, au moyen du pur contact; deuxièmement la théorie basée sur la force de séparation électrique, déjà conçue plus abstraitement, et qui, d'une manière inexplicable, se procure ou procure au « processus électrolytique » l'énergie nécessaire pour dissocier dans la pile H et Cl et former en outre un courant; enfin la théorie moderne, chimico-électrique qui montre que la source de toute l'énergie est la somme algébrique de toutes les actions chimiques dans la pile. De même qu'il ne remarque pas que la seconde explication annule la première, de même il n'a pas la moindre idée que la troisième, pour sa part, jette la seconde pardessus bord. Au contraire, le principe de la conservation de l'énergie est ajouté, de façon tout extérieure, à la vieille théorie transmise par la routine, comme on raccroche un nouveau théorème de géométrie aux précédents. Il ne soupçonne pas que ce principe oblige à une révision de toute la manière de voir traditionnelle, dans ce domaine de la science de la nature comme dans tous les autres. C'est pourquoi Wiedemann se borne à le constater simplement à l'occasion de l'explication du courant; puis il met tranquillement de côté pour ne le ressortir qu'à la fin du livre, dans le chapitre sur les effets du courant. Même dans la théorie de l'excitation électrique par contact (1,781 sqq.), le principe de la conservation de l'énergie ne joue absolument aucun rôle, eu égard à l'essentiel, et, l'on n'y recourt qu'à l'occasion, pour éclairer les points accessoires; il est et il reste un « processus secondaire ».

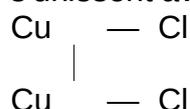
Revenons à l'exemple III ci-dessus. Dans cet exemple, le même courant provoquait l'électrolyse d'acide chlorhydrique dans deux tubes en U, mais dans l'un on utilisait du zinc, dans l'autre du cuivre comme électrode positive. Selon la loi fondamentale de l'électrolyse de Faraday, le même courant galvanique décompose dans chaque cuve des quantités équivalentes de l'électrolyte et les quantités des corps dégagés sur les deux électrodes sont l'une à l'autre comme leurs équivalents (I, p. 470). Or il s'est trouvé que, dans le cas qui nous intéresse, il s'est dissous dans le premier tube la quantité de zinc 32,53, et dans l'autre la quantité de cuivre 2 x 31,7.

Cependant - continue Wiedemann - ceci n'est pas une preuve de l'équivalence de ces valeurs. On ne les observe qu'avec des courants très faibles accompagnés de la formation de chlorure de zinc... d'une part de chlorure de cuivre d'autre part. Avec des courants plus intenses, pour la même quantité de zinc dissoute, la quantité de cuivre dissous tomberait à 31,7... avec formation de quantités croissantes de chlore.

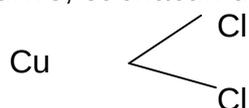
On sait que le zinc ne forme qu'une combinaison avec le chlore, du chlorure de zinc, $ZnCl_2$; le cuivre par contre en forme deux, le chlorure cuivrique, $CuCl_2$, et le chlorure

¹⁶⁹ Le vieux commandant, entendant dire d'un engagé volontaire qu'il était docteur en philosophie et ne voulant pas comprendre qu'il y a une différence entre un docteur en philosophie et un docteur en médecine, disait: « Pour moi c'est pareil un médocastre est un médocastre. » (Pflasierkasten ist Pflasterkasten). (O.G.I.Z. Obs.)

cuireux, Cu_2Cl_2 . La marche du phénomène est donc la suivante : pour deux atomes de chlore, le courant faible détache de l'électrode deux atomes de cuivre, qui restent liés entre eux par *une* de leurs deux unités de valence, tandis que leurs deux unités de valence libres s'unissent avec deux atomes de chlore :



Si par contre le courant se renforce, il détache complètement l'un de l'autre les atomes de cuivre, et chacun d'eux séparément se lie avec deux atomes de chlore ¹⁷⁰:



Avec des courants d'intensité moyenne, les deux combinaisons se forment à côté l'une de l'autre. C'est donc purement l'intensité du courant qui détermine la formation de l'une ou de l'autre combinaison et, en conséquence, le processus est essentiellement *électrochimique*, si toutefois ce mot a un sens. Malgré tout, Wiedemann déclare expressément que c'est un processus secondaire, donc non pas électrochimique, mais purement chimique.

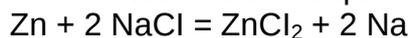
L'expérience ci-dessus est de Renault (1867) et fait partie de toute une série d'expériences semblables, dans lesquelles le même courant passé dans un tube en U à travers une solution de sel de cuisine (électrode positive de zinc) et dans une autre cuve à travers différents électrolytes, avec divers métaux comme électrode positive. Dans ce cas, les quantités des autres métaux dissous pour un équivalent de zinc diffèrent beaucoup les unes des autres, et Wiedemann donne les résultats de toute la série d'expériences, résultats qui toutefois sont en fait évidents chimiquement et ne peuvent pas être autrement. Ainsi par exemple, il n'y avait pour un équivalent de zinc que 2/3 d'équivalent d'or dissous dans l'acide chlorhydrique. Cela ne peut paraître surprenant que dans le cas où, comme Wiedemann, on s'en tient aux anciens poids d'équivalence et où l'on écrit pour le chlorure de zinc ZnCl , formule dans laquelle le chlore et le zinc n'apparaissent dans le chlorure qu'avec *une* unité de valence. En réalité, le chlorure contient, pour un atome de zinc, deux atomes de chlore (ZnCl_2) et dès que nous connaissons cette formule, nous voyons aussitôt que, dans la détermination des équivalences ci-dessus, c'est l'atome de Cl qui doit être pris comme unité, et non l'atome de Zn. Or la formule du chlorure d'or est AuCl_3 ; il est évident en ce cas que 3ZnCl_2 contiennent autant de chlore que 2AuCl_3 , et en conséquence tous les processus dans la pile ou dans la cuve (qu'ils soient primaires, secondaires ou tertiaires) seront contraints de ne pas transformer plus ni moins de 2/3 de parties de poids ¹⁷¹ d'or en chlorure d'or pour une partie de poids de zinc transformée en chlorure de zinc. Cette règle a une valeur absolue, à moins que l'on puisse produire aussi la combinaison AuCl par voie galvanique, auquel cas il faudrait que pour un équivalent de zinc soient dissous deux équivalents d'or, et évidemment il se produirait alors les mêmes variations selon l'intensité du courant que ci-dessus dans le cas du cuivre et du chlore. La valeur des expériences de Renault consiste en ce qu'elles montrent comment la loi de Faraday est confirmée par des faits qui semblent la contredire. Mais on ne voit pas ce qu'elles peuvent apporter pour éclairer les processus secondaires dans l'électrolyse.

¹⁷⁰ On attribue aujourd'hui au chlorure cuivreux la formule ClCu et non Cl_2Cu_2 . (N.R.)

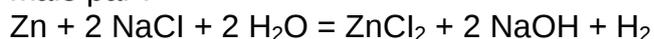
¹⁷¹ Ici Engels emploie l'expression « partie de poids » (Gewichtsteil) mais il s'agit comme auparavant d'équivalents. (O.G.I.Z., Obs.)

Le troisième exemple de Wiedemann nous ramenait déjà de la cuve électrolytique à la pile. Et, effectivement, c'est la pile qui présente de beaucoup le plus d'intérêt, dès que l'on étudie les processus électrolytiques du point de vue des conversions d'énergie qui les accompagnent. Ainsi, il n'est pas rare que nous rencontrions des piles dans lesquelles les processus chimico-électriques semblent être en contradiction directe avec la loi de la conservation de l'énergie et aller à l'encontre des lois de l'affinité chimique.

D'après les mesures de Poggendorff, la pile : zinc, solution concentrée de sel marin, platine donne un courant d'intensité 134,6¹⁷². Par conséquent, nous avons ici une quantité d'électricité tout à fait respectable, un tiers de plus que dans la pile de Daniell. D'où vient l'énergie qui apparaît ici sous forme d'électricité ? Le processus « primaire » est le déplacement du sodium hors de sa combinaison avec le chlore par le zinc. Mais dans la chimie courante, ce n'est pas le zinc qui déplace le sodium, mais inversement le sodium qui chasse le zinc des combinaisons avec le chlore et autres. Le processus « primaire », loin de pouvoir céder au courant la quantité d'énergie ci-dessus, a, au contraire, lui-même besoin d'un apport d'énergie de l'extérieur pour s'accomplir. Avec ce seul processus « primaire » nous voilà donc à nouveau embourbés. Regardons par conséquent comment les choses se passent en réalité. Nous trouvons que la conversion qui a lieu ici ne s'exprime pas par :



mais par :



En d'autres termes le sodium n'est pas dégagé librement sur l'électrode négative, mais donne un hydroxyde, comme plus haut dans l'exemple I. [pp. 144-145] Pour calculer les conversions d'énergie qui ont lieu à cette occasion, les formules de Julius Thomsen nous donnent tout au moins des points d'appui. D'après ces formules, nous avons la quantité suivante d'énergie libérée lors des combinaisons

$$(\text{Zn}, \text{Cl}_2) = 97.210$$

$$(\text{Zn}, \text{Cl}_2, \text{aqua}) = 15.630;$$

soit en tout pour la solution de chlorure de zinc = 112.840 unités de quantité de chaleur
 $2 (\text{Na}, \text{O}, \text{H}, \text{aqua}) = 223.620$ unités de quantité de chaleur, ce qui, avec les précédent, donne = 336.460 unités de quantité de chaleur.

D'où il nous faut déduire la quantité d'énergie consommée dans les dissociations:

$$2 (\text{Na}, \text{Cl}, \text{aq.}) = 193.020 \text{ unités de quantité de chaleur}$$

$$2 (\text{H}_2, \text{O}) = 136.720 \text{ unités de quantité de chaleur}$$

soit au total... 329.740 unités de quantité de chaleur

L'excédent d'énergie libérée est donc = 6.720 unités de quantité de chaleur.

Cette quantité est manifestement faible pour l'intensité du courant obtenue par Poggendorff ; mais elle suffit pour expliquer d'une part que le sodium se sépare du chlore, d'autre part la formation du courant en général.

Nous avons ici un exemple frappant du fait que la distinction entre processus primaires et processus secondaires est absolument relative et nous conduit à l'absurde dès que nous la prenons pour absolue. Le processus électrolytique

¹⁷² Dans un circuit de résistance donnée, naturellement. (N.R.)

primaire, pris isolément, non seulement ne peut produire de courant, mais il ne peut même pas s'accomplir. C'est seulement le processus secondaire, qu'on prétend purement chimique, qui permet le primaire et qui fournit en outre tout l'excédent d'énergie nécessaire à la formation du courant. Il s'est donc effectivement révélé comme le processus primaire, et l'autre comme le processus secondaire. Lorsque Hegel tournait dialectiquement en leur contraire les différences et les oppositions fixes, qu'avaient inventées les métaphysiciens et les savants pensant en métaphysiciens, on l'accusait d'avoir dénaturé leurs paroles. Mais si la nature procède avec ces différences et ces contradictions tout comme le vieil Hegel, ne serait-il pas temps d'étudier la chose d'un peu plus près ?

On peut à juste titre considérer comme secondaires des processus qui s'accomplissent, certes, *en vertu du* processus chimico-électrique de la pile ou du processus électrochimique de la cuve électrolytique, mais indépendamment et séparément de ceux-ci, qui ont donc lieu à quelque distance des électrodes. Les conversions d'énergie qui se produisent lors de ces processus secondaires n'entrent pas non plus par conséquent dans le processus électrique; elles ne lui retirent pas directement de l'énergie, ni ne lui en fournissent. De tels processus se présentent très fréquemment dans la cuve électrolytique ; nous en avons eu ci-dessus (no 1) un exemple avec la formation d'acide sulfurique lors de l'électrolyse du sulfate de soude. Ils ont toutefois moins d'intérêt ici. Par contre, leur intervention dans la pile a une plus grande importance pratique. Car, s'ils n'ajoutent pas ni ne retirent directement de l'énergie au processus chimico-électrique, ils modifient cependant la quantité totale d'énergie disponible présente dans la pile et l'affectent par là indirectement.

C'est ici qu'il faut ranger, outre les transformations chimiques additionnelles de type courant, les phénomènes qui apparaissent quand les ions sont dégagés sur les électrodes dans un état autre que celui dans lequel ils apparaissent librement d'ordinaire et qu'ils passent à cet état seulement après s'être éloignés des électrodes. Les ions peuvent en même temps prendre une autre densité ou un autre état d'agrégation. Mais ils peuvent aussi, au point de vue de leur structure moléculaire, subir d'importantes transformations et c'est le cas le plus intéressant. Dans tous ces cas, à ces transformations chimiques ou physiques secondaires des ions qui se produisent à une certaine distance des électrodes correspond à une variation analogue de chaleur; la plupart du temps, il y a libération de chaleur, dans divers cas, il y a consommation. Cette variation de chaleur se limite évidemment d'abord à l'endroit où elle intervient; le liquide de la pile ou de la cuve électrolytique se réchauffe ou se refroidit, le reste du circuit n'en est pas affecté. C'est pourquoi cette chaleur s'appelle la chaleur *locale*. L'énergie chimique libérée disponible pour être convertie en électricité est donc augmentée ou diminuée de l'équivalent de cette chaleur positive ou négative produite dans la pile. D'après Favre, dans une pile au peroxyde d'hydrogène et à acide chlorhydrique, les 2/3 du total de l'énergie libérée étaient consommés sous forme de chaleur locale ; la pile de Grove par contre se refroidissait considérablement après la fermeture du circuit et lui apportait donc de l'énergie de l'extérieur par absorption de chaleur. Nous voyons ainsi que même ces processus secondaires réagissent sur le processus primaire. De quelque façon que nous abordions la question, la distinction entre les processus primaires et secondaires reste purement relative et disparaît régulièrement dans l'action réciproque des uns sur les autres. Si l'on oublie cela, si l'on traite ces oppositions relatives comme des oppositions absolues, on finit par s'enfermer sans recours dans

les contradictions, comme nous l'avons vu plus haut.

On sait que lors du dégagement de gaz par électrolyse, les électrodes de métal se couvrent d'une mince couche de gaz ; par suite, l'intensité du courant diminue, jusqu'à ce que les électrodes soient saturées de gaz, sur quoi le courant affaibli redevient constant. Favre et Silbermann ont montré que dans une telle cuve électrolytique on voit également naître de la chaleur locale; celle-ci ne peut provenir que du fait que les gaz ne sont pas libérés sur les électrodes dans l'état où ils se manifestent d'ordinaire, mais qu'après s'être séparés des électrodes, ils ne peuvent être ramenés à leur état habituel que par un autre processus lié à un dégagement de chaleur. Mais dans quel état les gaz sont-ils dégagés sur les électrodes ? On ne peut à ce sujet s'exprimer avec plus de prudence que ne le fait Wiedemann. Il l'appelle un « certain » état, un état « allotropique », un état « actif », et souvent enfin, dans le cas de l'oxygène, un « état d'ozonisation ». Dans le cas d'hydrogène, il parle encore avec bien plus de mystère. A l'occasion, on sent percer l'opinion que l'ozone et le peroxyde d'hydrogène sont les formes dans lesquelles se réalise cet état « actif ». Cependant, l'ozone obsède notre auteur à tel point qu'il en vient même à expliquer les propriétés extrêmement électronégatives de certains peroxydes par le fait qu'ils « contiennent peut-être une partie de l'oxygène à l'état d'ozonisation » ! (I, p. 57) ¹⁷³. Certainement, lors de ce qu'on appelle la décomposition de l'eau, il se forme aussi bien de l'ozone que du peroxyde d'hydrogène, mais en petites quantités seulement. Nous n'avons aucune raison de supposer que, dans le cas présent, la chaleur locale soit conditionnée par le fait que des quantités plus ou moins importantes des deux combinaisons ci-dessus soient d'abord produites, puis décomposées. Nous ne connaissons pas la chaleur de formation de l'ozone, O₃, à partir des atomes *libres* d'oxygène. Celle du peroxyde d'hydrogène à partir de H₂O (liquide) + O est, d'après Berthelot = 21.480; la naissance de cette combinaison en quantités importantes déterminerait donc un fort supplément d'énergie (environ 30 % de l'énergie nécessaire à la dissociation de H₂ et de O), qui devrait pourtant sauter aux yeux ou pouvoir être prouvé. Enfin l'ozone et le peroxyde d'hydrogène expliqueraient seulement les phénomènes se rapportant à l'oxygène (si nous ne tenons pas compte des inversions de courant, qui amèneraient la rencontre des deux gaz sur les mêmes électrodes), mais non ceux se rapportant à l'hydrogène. Et pourtant, celui-ci s'échappe aussi dans un état « actif », et en vérité de telle sorte que dans la combinaison : solution de nitrate de potasse entre électrodes de platine, il se lie directement avec l'azote dégagé de l'acide pour former de l'ammoniaque.

En réalité, toutes ces difficultés et ces cas problématiques n'existent pas. Dégager des corps « à l'état actif » n'est pas un monopole du processus électrolytique. Toute décomposition chimique en fait autant. Elle précipite le corps chimique libéré d'abord sous la forme d'atomes libres O, H, N, etc., qui ne peuvent s'unir qu'après leur libération pour former des molécules O₂, H₂, N₂, etc. et cèdent lors de cette combinaison une quantité d'énergie déterminée, qu'il n'est toutefois pas encore possible d'établir ¹⁷⁴ et qui apparaît sous forme de chaleur. Or pendant l'instant infiniment court où les atomes sont libres, ils sont les porteurs de toute la quantité d'énergie dont ils peuvent somme toute se charger; en possession de leur maximum

¹⁷³ Souligné par Engels (N.R.)

¹⁷⁴ Cette quantité d'énergie est maintenant non seulement déterminée, mais utilisée. Ainsi, si l'hydrogène a été au préalable dissocié en atomes (hydrogène atomique), on obtient une température beaucoup *plus* élevée avec la flamme du chalumeau oxyhydrique. (N.R.)

d'énergie, ils sont libres d'entrer dans toute combinaison qui s'offre à eux. Ils sont donc « à l'état actif » par rapport aux molécules O₂, H₂, N₂, qui ont déjà cédé une partie de cette énergie et ne peuvent entrer dans une combinaison avec d'autres corps sans que leur soit apportée à nouveau de l'extérieur cette quantité d'énergie cédée. Nous n'avons donc pas du tout besoin de recourir d'abord à l'ozone et au peroxyde d'hydrogène, qui ne sont eux-mêmes que des produits de cet état actif. Même sans pile, nous pouvons entreprendre, simplement par voie chimique, par exemple la formation d'ammoniaque que nous venons de mentionner lors de l'électrolyse du nitrate de potasse : il suffit que nous ajoutions de l'acide azotique ou une solution de nitrate à un liquide dans lequel de l'hydrogène est libéré par des processus chimiques. L'état actif de l'hydrogène est le même dans es deux cas. Mais ce qu'il y a d'intéressant dans le processus électrolytique, c'est qu'ici l'existence infiniment courte d'atomes libres devient pour ainsi dire saisissable. Le processus se divise en deux phases: l'électrolyse fournit les atomes libres sur les électrodes, mais leur combinaison en molécules n'a lieu qu'à quelque distance des électrodes. Si infiniment petite que soit cette distance du point de vue des rapports entre masses, elle suffit pourtant pour empêcher, en majeure partie du moins, l'utilisation pour le processus électrique de l'énergie libérée à l'occasion de la formation des molécules, et pour déterminer ainsi sa conversion en chaleur - la chaleur locale dans la pile. Par là, on a cependant constaté que les éléments ont été dégagés à l'état d'atomes libres et ont subsisté un moment dans la pile en qualité d'atomes libres. Ce fait que dans la chimie pure nous ne pouvons établir que par raisonnement nous est prouvé ici expérimentalement, dans la mesure où cela est possible sans perception sensible des atomes et des molécules. Et c'est en cela que réside la haute signification scientifique de la chaleur dite locale de la pile ¹⁷⁵.

La transformation de l'énergie chimique en électricité au moyen de la pile galvanique est un processus sur la marche duquel nous ne savons pour ainsi dire rien et sur lequel nous n'en apprendrons davantage que lorsque le *modus operandi* ¹⁷⁶ du mouvement électrique lui-même sera mieux connu.

On attribue à la pile une « force de séparation électrique » qui est déterminée pour chaque pile particulière. Comme nous l'avons vu dès le début, Wiedemann admet que cette force de séparation électrique n'est pas une forme déterminée de l'énergie. Au contraire elle n'est au début rien d'autre que la capacité, la propriété d'une pile de convertir en électricité, dans l'unité de temps, une quantité définie d'énergie chimique libérée. Cette énergie chimique elle-même ne prend jamais, dans tout le cours du processus, la forme de la «force de séparation électrique », mais au contraire tout de suite et directement celle de ce qu'on appelle « la force électromotrice », c'est-à-dire du mouvement électrique. Si, dans la vie courante, on parle de la force d'une machine à vapeur, en ce sens qu'elle est en mesure de convertir dans l'unité de temps une quantité déterminée de chaleur en mouvement des masses, ce n'est pas une raison pour introduire aussi dans la science cette confusion des notions. On pourrait donc tout aussi bien parler des forces différentes d'un pistolet, d'une carabine, d'un fusil à canon lisse, ou d'un fusil à projectile long, parce qu'à égalité de

¹⁷⁵ L'explication que donne Engels du caractère « actif » des gaz dégagés dans l'électrolyse, - ces gaz sont à l'état d'atomes séparés et non de molécules, - les exemples chimiques qu'il cite à l'appui, les bilans énergétiques qu'il établit, tout cela est parfaitement correct et devenu aujourd'hui classique. Mais, en 1880, ce n'était pas très clair, même pour les spécialistes de l'électricité, ce qui souligne le génie d'Engels. (N.R.)

¹⁷⁶ Le mode d'action. (N.R.)

charge de poudre et de poids du projectile, ils tirent à des distances différentes. Mais ici l'absurdité d'une pareille façon de s'exprimer saute nettement aux yeux. Tout le monde sait que c'est l'allumage de la charge de poudre qui met la balle en mouvement, et que la portée différente de l'arme est seulement déterminée par le gaspillage plus ou moins grand d'énergie suivant la longueur du canon, le jeu ¹⁷⁷ de la balle et sa forme. Or il en va de même pour la force de la vapeur et la force de séparation électrique. Deux machines à vapeur, - toutes choses égales d'ailleurs, c'est-à-dire en posant comme égale la quantité d'énergie libérée dans l'une et dans l'autre pour des intervalles de temps égaux, -ou deux piles galvaniques satisfaisant aux mêmes conditions, se distinguent seulement, en ce qui concerne le travail fourni, par le gaspillage plus ou moins grand d'énergie qui se produit en elles. Et si dans toutes les années la technique des armes à feu s'est tirée d'affaire jusqu'ici sans avoir à admettre une force de tir particulière des fusils, la science de l'électricité n'a aucune excuse pour admettre une « force de séparation électrique » analogue à cette force de tir force qui ne recèle pas la moindre énergie, et qui est donc également incapable de fournir par elle-même le moindre millionième d'un milligramme-millimètre de travail.

Il en va de même de la seconde forme de cette « force de séparation électrique », de la « force électrique de contact des métaux » mentionnée par Helmholtz. Elle n'est pas autre chose que la propriété des métaux de convertir en électricité, du fait de leur contact, d'autres sortes d'énergie existante. Elle est donc également une force qui ne contient pas la moindre parcelle d'énergie.

Admettons avec Wiedemann que la source d'énergie de l'électricité de contact réside dans la force vive du mouvement d'adhérence: dans ce cas cette énergie existe d'abord sous forme de ce mouvement des masses et, lorsqu'il disparaît, elle se convertit aussitôt en mouvement électrique, sans adopter, fût-ce pour un moment, la forme de « force électrique de contact ».

Et maintenant, on nous affirme de surcroît que la force électromotrice, c'est-à-dire l'énergie chimique reparaissant sous forme de mouvement électrique, serait proportionnelle à cette « force de séparation électrique », qui *non seulement* ne contient aucune énergie, mais qui, de par son concept même, ne Peut absolument pas en contenir ! Cette proportionnalité entre la non-énergie et l'énergie fait manifestement partie de ces mathématiques dans lesquelles figurent le « rapport de l'unité d'électricité au milligramme ». Mais derrière la forme absurde qui ne doit son existence qu'au fait qu'une simple propriété est conçue comme une force mystique, se cache une tautologie toute simple : la capacité d'une pile déterminée de convertir en électricité de l'énergie chimique libérée est mesurée.. par quoi ? Eh bien, par la quantité d'énergie reparaissant dans le circuit sous forme d'électricité par rapport à l'énergie chimique consommée dans la pile. C'est tout ¹⁷⁸.

Pour arriver à une force de séparation électrique, il faut prendre au sérieux l'expédient des deux fluides électriques. Pour -faire passer ceux-ci de leur neutralité à leur polarité, donc pour les dissocier l'un de l'autre, il faut une certaine quantité d'énergie... la force de séparation électrique. Une fois séparées l'une de l'autre, les

¹⁷⁷ Il s'agit de la différence entre le diamètre intérieur du canon du fusil et le diamètre du projectile. (O.G.I.Z., Obs.)

¹⁷⁸ Voir note 1, p. 88 (N.R.)

deux électricités peuvent céder à nouveau la même quantité d'énergie en se réunissant: la force électromotrice. Mais, comme de nos jours, personne, pas même Wiedemann, ne considère les deux électricités comme des choses ayant une existence effective, s'étendre sur une pareille façon de se représenter les choses signifierait écrire pour un public défunt ¹⁷⁹.

L'erreur fondamentale de la théorie du contact consiste en ce qu'elle ne peut se séparer de l'idée que la force de contact, ou force de séparation électrique, serait une source *d'énergie*, ce qui était toutefois difficile, une fois que l'on avait transformé en force la simple propriété d'un appareil de permettre la *transformation de l'énergie* ; car il faut précisément qu'une *force* soit une forme déterminée de l'énergie. C'est parce que Wiedemann n'arrive pas à se débarrasser de cette notion obscure de force, bien que par ailleurs se soit imposée à lui la notion moderne de l'impossibilité de détruire ou de créer de l'énergie, qu'il tombe dans cette absurde explication numéro 1 du courant et dans toutes les contradictions que nous avons montrées ensuite.

Si l'expression « force de séparation électrique » est directement absurde, l'autre, « force électromotrice » ¹⁸⁰, est pour le moins superflue. Nous avons eu des moteurs thermiques bien avant d'avoir des moteurs électriques, et cependant la théorie de la chaleur se tire fort bien d'affaire sans force thermomotrice particulière. De même que la simple expression de chaleur englobe tous les phénomènes de mouvement qui font partie de cette forme d'énergie, de même l'expression *électricité* peut en faire autant dans son domaine. Par surcroît, beaucoup de formes d'action de l'électricité ne sont pas directement « motrices »: l'aimantation du fer, la décomposition chimique, la conversion en chaleur. Et enfin, dans la science de la nature, même dans la mécanique, c'est toujours un progrès lorsqu'on se débarrasse quelque part du mot force.

Nous avons vu que Wiedemann n'acceptait pas sans une certaine répugnance l'explication chimique des processus dans la pile. Cette répugnance le poursuit constamment; partout où il peut mettre quelque chose sur le dos de la théorie dite chimique, on peut être sûr qu'il le fait. C'est ainsi qu'il remarque: « Il n'est absolument pas démontré que la force électromotrice soit proportionnelle à l'intensité de l'action chimique. » (I, 791.) Très certainement cette proportionnalité ne se rencontre pas dans chaque cas; mais là où elle ne se trouve pas, c'est seulement la preuve que la pile est mal construite et qu'il se produit en elle du gaspillage d'énergie. Et c'est pourquoi le même Wiedemann a tout à fait raison, quand, dans

¹⁷⁹ Le développement ultérieur de la physique a conduit à la découverte de corpuscules électrisés en sens contraire (électron et proton, par exemple). Ils représentent la forme moderne des « deux fluides ». Le rapprochement ou l'éloignement de deux corpuscules de signe adverse dans leur champ mutuel (dans le « vide ») fournit ou exige respectivement de l'énergie. Mais, au sein d'un liquide isolant tel que l'eau, les acides, bases ou sels qui y sont dissous se décomposent spontanément en ions, du seul fait de la dissolution, sans qu'aucune force étrangère ait à intervenir. Ainsi, quand on dissout du sel marin dans de l'eau, il se met spontanément à l'état d'ions Cl⁻ et Na⁺ électrisés en sens contraire, de sorte que lors de l'électrolyse aucune « force de séparation électrique » n'est nécessaire, et Engels a raison de la rejeter. Cependant une énergie de séparation électrique intervient lorsque les ions sont plongés, non dans un liquide isolant, mais dans le « vide », comme c'est le cas pour les ions des gaz dont le mouvement constitue le courant électrique passant à travers les gaz. (N.R.)

¹⁸⁰ Cette dénomination, conservée par tradition jusqu'à nos jours, est effectivement incorrecte de l'avis de tous les physiciens. (N.R.)

ses déductions théoriques, il ne prend absolument pas en considération des circonstances accessoires de cette sorte qui altèrent la pureté du processus, mais assure tout net que la force électromotrice d'un élément est égale à l'équivalent mécanique de l'action chimique que produit en lui, dans l'unité de temps, l'unité d'intensité de courant.

Dans un autre passage il est dit :

Qu'en outre dans la pile acide-alcali, la combinaison de l'acide et de l'alcali ne soit pas la cause de la formation du courant, c'est ce qui découle des expériences § 61 (Becquerel et Fechner), § 260 (Dubois-Reymond), et § 261 (Worm-Müller), selon lesquelles, dans certains cas, lorsque l'acide et l'alcali ne sont pas en quantités équivalentes, il n'y a pas de courant, ainsi que de l'expérience citée au § 62 (Henrici), selon laquelle la force électromotrice est produite de la même manière, que l'on intercale ou non une solution de salpêtre entre la solution de potasse caustique et l'acide azotique (I, 791) ¹⁸¹.

La question de savoir si la combinaison de l'acide et de l'alcali est une cause de la formation du courant occupe très sérieusement notre auteur. Sous cette forme, il est très facile d'y répondre. La combinaison d'acide et d'alcali est tout d'abord la cause de la formation d'un sel accompagnée de libération d'énergie. Que cette énergie doive prendre en totalité ou en partie la forme d'électricité, dépend des circonstances dans lesquelles elle est libérée. Dans la pile composée par exemple d'acide azotique et d'une solution de potasse caustique entre électrodes de platine, il en sera du moins partiellement ainsi, cependant qu'il est indifférent pour la *formation* du courant que l'on intercale ou non une solution de salpêtre entre l'acide et l'alcali, cela pouvant tout au plus ralentir la formation du sel, mais non l'empêcher. Mais si l'on constitue une pile du type Worm-Müller, à laquelle Wiedemann se réfère constamment, où l'acide et la solution d'alcali se trouvent au milieu et qu'aux deux bouts il y ait une solution de leur sel, et cela avec la même concentration que la solution qui se forme dans la pile, il est évident qu'il ne peut y avoir naissance de courant, car du fait des éléments situés aux extrémités, - comme il se forme partout des corps identiques, - *il ne peut y avoir aucune formation d'ions*. On a donc empêché la conversion de l'énergie libérée en électricité aussi directement que si l'on n'avait pas fermé le circuit; il n'y a donc pas lieu de s'étonner de ne pas obtenir de courant. Or, que l'acide et l'alcali en général puissent produire un courant, c'est ce que montre la pile : charbon, acide sulfurique (solution au 1 / 10) potasse (solution au 1 / 10), charbon, qui a, d'après Raoult, un courant d'intensité 73 ¹⁸²; et que, avec une disposition appropriée de la pile, ils puissent fournir une intensité de courant correspondant à la grande quantité d'énergie libérée lors de leur combinaison, c'est ce qui résulte du fait que les piles les plus puissantes que l'on connaisse reposent presque exclusivement sur la formation de sels d'alcali, par exemple Wheatstone : platine, chlorure de platine, amalgame de potassium, courant d'intensité 230 ; peroxyde de plomb, solution d'acide sulfurique, amalgame de potassium = 326 ; peroxyde de manganèse au lieu de peroxyde de plomb = 280; cependant chaque fois qu'au lieu de l'amalgame de potassium on utilisait de l'amalgame zinc, l'intensité du courant tombait presque exactement de 100. De même dans la pile : peroxyde de manganèse solide, solution de permanganate de potassium, solution de potasse

¹⁸¹ Dans cette citation, tous les noms entre parenthèses ont été ajoutés par Engels. (N.R.)

¹⁸² Pour toutes les indications d'intensité de courant qui suivent, la pile de Daniell est posée = 100. (*Note d'Engels.*)

caustique, potassium, Beetz a obtenu l'intensité de courant 302 ; en outre : platine, solution d'acide sulfurique, potassium = 293,8; Joule : platine, acide azotique, solution de potasse caustique, amalgame de potassium = 302. La « cause » de ces formations de courants exceptionnellement intenses est sans aucun doute la combinaison d'acide et d'alcali ou de métal alcalin, et la grande quantité d'énergie libérée dans ce cas.

Quelques pages plus loin, nous lisons de nouveau chez Wiedemann :

Cependant il faut prendre bien garde de ne pas considérer directement l'équivalent-travail de l'action chimique totale apparaissant au point de contact des métaux hétérogènes comme la mesure de la force électromotrice dans le circuit fermé. Lorsque, par exemple dans la pile acide-alcali (iterum Crispinus!) * de Becquerel, ces deux corps se combinent, lorsque dans la pile : platine, salpêtre fondu, charbon, le charbon brûle, lorsque dans une pile ordinaire: cuivre, zinc impur, acide sulfurique dilué, le zinc se dissout rapidement avec formation de courants locaux, une grande partie du travail fourni (il faudrait dire de l'énergie libérée) lors de ces processus chimiques est ... convertie en chaleur et elle est donc perdue pour le courant total. (l. p. 798.)

Tous ces processus se ramènent à la perte d'énergie dans la pile; ils ne concernent pas le fait que le mouvement électrique a pour origine de l'énergie chimique transformée, mais seulement la quantité de l'énergie transformée.

Les électriciens ont consacré un temps et une peine infinis à composer les piles les plus diverses et à mesurer leur « force électromotrice ». Les matériaux expérimentaux accumulés de ce fait contiennent beaucoup de choses précieuses, mais certainement plus encore de choses sans valeur. Quelle valeur scientifique ont par exemple des expériences scientifiques dans lesquelles on utilise pour électrolyte l' « eau », qui comme F. Kohlrausch l'a maintenant démontré, est le plus mauvais conducteur, donc aussi le plus mauvais électrolyte¹⁸³, dans lesquelles par conséquent ce n'est pas l'eau qui permet le processus, mais ses impuretés inconnues ? Et pourtant, plus de la moitié des expériences de Fechner reposent sur une telle utilisation de l'eau, même son *experimentum crucis*¹⁸⁴, à l'aide de laquelle il voulait établir de manière inébranlable la théorie du contact sur les ruines de la théorie chimique. Comme cela apparaît déjà ici, dans toutes les expériences en général, à l'exception d'un petit nombre, on ne prend pour ainsi dire pas en considération les processus chimiques dans la pile, qui sont cependant la source de la force dite électromotrice. Or il y a toute une série de piles dont la formule chimique ne permet absolument pas de tirer une conclusion sûre des conversions chimiques qui s'opèrent en elles après fermeture du circuit. Au contraire, comme le dit Wiedemann (1,797), il est indéniable que nous sommes encore loin de pouvoir acquérir une vue complète dans tous les cas des attractions chimiques se produisant dans la pile.

Par conséquent, du point de vue de leur aspect chimique, qui prend de plus en plus

* Ces mots ont été ajoutés entre parenthèses par Engels. (N.R.)

¹⁸³ Une colonne d'1 mm. de longueur de l'eau la plus pure produite par Kohlrausch offrirait la même résistance qu'un conducteur de cuivre de même diamètre et à peu près de la longueur de l'orbite de la lune. NAUMANN, *Chimie générale*, p. 179 (Note d'Engels.)

¹⁸⁴ Son expérience cruciale. (N.R.)

d'importance, toutes les expériences de ce genre seront sans valeur, tant qu'elles ne seront pas répétées dans des conditions 'permettant le contrôle de ces processus.

Dans ces expériences, ce n'est que d'une façon tout à fait exceptionnelle qu'il est question de tenir compte des conversions d'énergie qui s'accomplissent dans la pile. Beaucoup ont été faites avant que la loi de l'équivalence du mouvement ait été reconnue scientifiquement, mais elles continuent, par habitude, à traîner d'un manuel à l'autre, sans être contrôlées et sans être terminées. Si l'on a dit : l'électricité n'a pas d'inertie (ce qui a à peu près autant de sens que de dire : la vitesse n'a pas de poids spécifique), on ne peut nullement affirmer la même chose de la *théorie de l'électricité*.

Jusqu'ici nous avons considéré l'élément galvanique comme un dispositif dans lequel, grâce aux rapports de contact établis, de l'énergie chimique est, d'une manière encore inconnue, libérée et convertie en électricité. De même, nous avons présenté la cuve électrolytique comme un appareil dans lequel intervient le processus inverse, où du mouvement électrique est converti en énergie chimique et consommé comme tel. Nous avons dû, à cette occasion, mettre au premier plan l'aspect chimique du processus, aspect si négligé des électriciens; c'était en effet le seul moyen de se débarrasser du fatras des idées héritées par tradition de la vieille théorie du contact et de la théorie des deux fluides électriques. Ceci fait, il s'agit maintenant d'étudier la question de savoir si le processus chimique dans la pile se déroule dans les mêmes conditions qu'en dehors d'elle ou s'il se présente à cette occasion des phénomènes particuliers qui dépendent de l'excitation électrique.

Dans toute science, les idées fausses sont, en fin de compte, les erreurs d'observation mises à part, des représentations erronées de faits exacts. Ceux-ci demeurent, même lorsque nous avons démontré la fausseté des premières. Une fois rejetée la vieille théorie du contact, les faits établis auxquels elle devait servir d'explication, subsistent encore. Considérons ces faits, et en même temps, l'aspect proprement électrique des processus dans la pile.

Il est indiscutable qu'au contact de corps hétérogènes, avec ou sans changements chimiques, il se produit une excitation électrique que l'on peut prouver à l'aide d'un électroscope ou d'un galvanomètre. Comme nous l'avons déjà vu au début, la source d'énergie de ces phénomènes de mouvement, extrêmement minimes en eux-mêmes, est, dans les cas singuliers, difficile à établir ; bref, on admet généralement l'existence d'une telle source extérieure.

Kohlrausch a publié en 1850-1853 une série d'expériences dans lesquelles il assemble deux par deux les différents éléments constituant d'une pile, pour déterminer les tensions d'électricité statique qui se manifestent dans chaque cas ; la force électromotrice de l'élément devrait, dans sa pensée, se composer de la somme algébrique de ces tensions. En prenant pour base la tension Zn/Cu = 100, il calcule l'intensité relative de la pile de Daniell et de la pile de Grove de la façon suivante.

Pour l'élément Daniell :

$$\text{Zn / Cu + amalg. Zn / SO}_4\text{H}_2 + \text{Cu / SO}_4\text{Cu} = 100 + 149 - 21 = 228$$

Pour l'élément Grove :

$$\text{Zn / Pt + amalg. Zn / SO}_4\text{H}_2 + \text{Pt / NO}_3\text{H} = 107 + 149 + 149 = 405$$
 ce qui correspond à peu de choses près à la mesure directe de l'intensité du courant de ces éléments.

Mais ces résultats ne sont nullement sûrs. Premièrement, Wiedemann attire lui-même l'attention sur le fait que Kohlrausch ne donne que le résultat final, mais « malheureusement ne donne pas de données chiffrées pour les résultats des expériences isolées ». [I, p. 104.] Et, deuxièmement, Wiedemann reconnaît lui-même à plusieurs reprises que toutes les expériences tendant à déterminer quantitativement les excitations électriques dans le cas du contact des métaux, et plus encore dans celui du contact du métal et du liquide, sont pour le moins très peu sûres à cause des nombreuses sources inévitables d'erreur. Si, malgré tout, il opère plus d'une fois avec les chiffres de Kohlrausch, nous ferons mieux de ne pas le suivre dans cette voie, d'autant plus qu'il existe une autre possibilité de détermination, contre laquelle on ne peut pas faire ces objections.

Si l'on immerge les deux plaques excitatrices d'une pile dans le liquide, et qu'on les met en circuit avec les deux sorties d'un galvanomètre, selon Wiedemann la déviation initiale de son aiguille aimantée, avant que des transformations chimiques aient modifié l'intensité du courant, donne la mesure de la somme des forces électromotrices dans le circuit fermé. [I, p. 62.]

De la sorte, des piles d'intensité différentes donnent des déviations initiales différentes, et la grandeur de ces déviations initiales est proportionnelle à l'intensité du courant des piles correspondantes.

Il pourrait sembler que nous ayons ici sous les d'une manière palpable la « force de séparation électrique », la « force de contact », provoquant un mouvement indépendamment de toute action chimique. C'est effectivement ce que pense toute la théorie du contact. Et, en fait, nous trouvons ici un rapport entre excitation électrique et action chimique que nous n'avons pas encore étudié dans ce qui précède. Pour passer à ce rapport, nous allons examiner d'un peu plus près la loi dite de la force électromotrice; nous y découvrirons qu'ici également les notions traditionnelles de contact, non seulement n'offrent pas d'explication, mais que derechef elles barrent directement la route à l'explication.

Si, dans un élément galvanique quelconque, composé de deux métaux et d'un liquide, par exemple, zinc, acide chlorhydrique dilué, cuivre, nous plaçons un troisième métal, par exemple une plaque de platine, sans la mettre en liaison avec le circuit externe par un fil conducteur, la déviation initiale du galvanomètre est exactement la même que *sans* la plaque de platine. Ainsi cette dernière n'influence pas l'excitation électrique. Mais dans la langue des défenseurs de la force électromotrice, la chose ne saurait être dite aussi simplement. Voici ce qu'on lit:

La somme des forces électromotrices du zinc et du platine et du platine et du cuivre a pris la place de la force électromotrice du zinc et du cuivre dans le liquide. Comme le chemin des électricités n'est pas sensiblement modifié par l'introduction de la plaque de platine, nous pouvons conclure de l'identité des indications du galvanomètre dans l'un et l'autre cas, que la force électromotrice du cuivre et du zinc dans le liquide est égale à celle du zinc et du platine + celle du platine et du cuivre dans le même liquide. Ceci correspondrait à la théorie établie par Volta de l'excitation électrique entre les métaux eux-mêmes. On exprime le résultat, valable pour tous les liquides ou métaux quelconques, en disant : lors de leur excitation électromotrice par des liquides, les métaux suivent la loi de la série voltaïque. On désigne aussi cette loi sous le nom de loi de la force électromotrice. (WIEDEMANN, I, 62.)

Lorsqu'on dit que, dans cette combinaison, le platine n'agit absolument pas en excitateur électrique, on exprime le fait tout simple. Lorsqu'on dit qu'il a tout de même le rôle d'un excitateur électrique, mais agissant avec une intensité égale dans deux directions opposées, de sorte que l'effet s'abolit, on transforme le fait en une hypothèse, simplement pour faire les honneurs à la « force électromotrice ». Dans les deux cas, le platine joue le rôle de figurant.

Au moment de la première déviation de l'aiguille du galvanomètre, le circuit n'est pas encore fermé. Tant que l'acide ne s'est pas décomposé, il n'est pas conducteur; il ne peut être conducteur que par le moyen des ions. Si le troisième métal n'a pas d'action sur la première déviation, cela vient simplement de ce qu'il est encore isolé.

Or comment se comporte le troisième métal après l'établissement du courant continu et pendant qu'il dure ?

Dans la série voltaïque des métaux dans la plupart des liquides, le zinc occupe, après les métaux alcalins, à peu près l'extrémité positive, le platine l'extrémité négative et le cuivre est entre les deux. Par conséquent si, comme plus haut, on place le platine entre le cuivre et le zinc, il est négatif à l'égard de l'un et de l'autre. Si, somme toute, le platine avait une action, le courant dans le liquide devrait aller du zinc et du cuivre vers le platine, donc quitter les deux électrodes pour gagner le platine isolé ; ce qui est une *contradictio in adjecto*¹⁸⁵. La condition fondamentale de l'efficacité de plusieurs métaux dans la pile consiste précisément en ce que, à l'extérieur, ils soient réunis entre eux en circuit fermé. Un métal non relié, en surnombre, dans la pile fait figure de non-conducteur; il ne peut ni former, ni laisser passer des ions, et sans ions nous ne connaissons pas de conduction dans les électrolytes. Il n'est donc pas seulement figurant, il est même un obstacle qui oblige les ions à le contourner.

Il en va de même si nous relions le zinc et le platine et que nous plaçons au milieu le cuivre non relié: celui-ci, s'il avait somme toute une action, engendrerait ici un courant du zinc au cuivre et un second du cuivre au platine, il devrait donc jouer le rôle d'une sorte d'électrode intermédiaire et dégager sur sa face tournée vers le zinc de l'hydrogène gazeux, ce qui est derechef impossible.

Si nous nous débarrassons de la manière traditionnelle de s'exprimer des partisans de la force électromotrice, le cas se présente d'une manière extrêmement simple. La pile galvanique, avons-nous vu, est un dispositif dans lequel de l'énergie chimique est libérée et transformée en électricité. Elle se compose en règle générale d'un ou plusieurs liquides, de deux métaux jouant le rôle d'électrodes qui doivent être reliés entre eux hors du liquide par un conducteur. Cela suffit pour constituer l'appareil. Tout ce que nous pouvons encore plonger d'autre, sans le relier, dans le liquide excitateur, que ce soit du verre, du métal, de la résine ou quoi que ce soit encore, ne peut participer au processus chimico-électrique s'accomplissant dans la pile, à la formation du courant, tant qu'il ne modifie pas chimiquement le liquide; il peut tout au plus gêner le processus. Quelle que puisse être la capacité d'excitation électrique d'un troisième métal immergé par rapport au liquide ou à l'une des électrodes de la

¹⁸⁵ Contradiction dans la définition. (N.R.)

pile ou encore aux deux, elle ne peut avoir d'action tant que ce métal n'est pas relié au circuit à l'extérieur du liquide.

En conséquence, non seulement la déduction faite plus haut par Wiedemann de la loi dite de la force électromotrice est fautive, mais même le sens qu'il donne à cette loi est faux. On ne peut pas parler d'une activité électromotrice du métal non relié qui se neutraliserait, car on a privé d'avance cette activité de la seule condition à laquelle elle pourrait devenir efficace ; il n'est pas non plus possible de déduire la loi dite de la force électromotrice d'un fait qui est hors de son domaine.

Le vieux Poggendorff a publié en 1845 une série d'expériences dans lesquelles il mesurait la force électromotrice des piles les plus diverses, c'est-à-dire la quantité d'électricité fournie par chacune dans l'unité de temps. Parmi ces expériences, les 27 premières ont une valeur particulière; dans chacune de celles-ci trois métaux déterminés, plongés dans le même liquide excitateur, sont réunis successivement deux à deux pour former trois piles différentes et celles-ci sont étudiées et comparées au point de vue de la quantité d'électricité fournie. En bon partisan de l'électricité de contact, Poggendorff plaçait aussi chaque fois dans la pile le troisième métal non relié et il a eu ainsi la satisfaction de se persuader que dans les 81 piles ce « troisième dans l'alliance »¹⁸⁶ restait un pur figurant. Cependant la signification de ces expériences ne réside nullement en cela, mais bien plutôt dans la vérification et l'établissement du sens exact de la loi dite de la force électromotrice.

Tenons-nous en à la série des piles ci-dessus, où, dans de l'acide chlorhydrique dilué, du zinc, du cuivre et du platine sont reliés entre eux deux à deux dans chaque cas. En prenant pour base la quantité d'électricité fournie par la pile de Daniell = 100, Poggendorff trouva ici les résultats suivants :

Zinc-cuivre = 78,8
Cuivre-platine = 74,3
Total 153,1
Zinc-platine = 153,7

Ainsi le zinc directement relié au platine fournissait presque exactement la même quantité d'électricité que zinc-cuivre + cuivre-platine. La même chose se passait pour n'importe quelle autre pile utilisant des liquides et des métaux. Si, à l'aide d'une série de métaux plongés dans le même liquide excitateur, on constitue des piles, de telle sorte que, selon la série voltaïque valable pour ce liquide, le deuxième, le troisième, le quatrième métal, etc., jouent l'un après l'autre le rôle d'électrode négative vis-à-vis du précédent et d'électrode positive vis-à-vis du suivant, la somme des quantités d'électricité fournies par toutes ces piles est égale à la quantité d'électricité fournie par une pile constituée en reliant directement les deux termes extrêmes de la série des métaux tout entière. Ainsi, par exemple dans de l'acide chlorhydrique dilué, les quantités d'énergie fournies au total par les piles zinc-étain, étain-fer, fer-cuivre, cuivre-argent, argent-platine, seraient égales à la quantité fournie par la pile zinc-platine ; la pile composée de tous les éléments de la série précédente serait, toutes choses égales d'ailleurs, exactement neutralisée par une batterie zinc-platine dont le courant circulerait en direction opposée.

¹⁸⁶ L'expression « der dritte im Bunde » est tirée de la ballade de Schiller: *Die Bürgschaft*, str. 20, où elle est prononcée par le tyran Denys qui demande à deux fidèles anses de l'accepter dans leur union. (O.G.I.Z., Obs.)

Conçue ainsi, la loi dite de la force électromotrice prend une signification réelle et importante. Elle dévoile un nouvel aspect du lien existant entre l'action chimique et l'action électrique. Jusqu'ici l'étude ayant porté principalement sur la *source d'énergie* du courant galvanique, cette source, la conversion chimique, apparaissait comme le côté actif du processus ; l'électricité était produite à partir d'elle, apparaissait tout d'abord comme passive. Voici que les choses se, renversent. L'excitation électrique, déterminée par la nature des corps hétérogènes mis en contact dans la pile, ne peut ni ajouter, ni retrancher de l'énergie à l'action chimique (autrement que par la conversion en électricité de l'énergie libérée). Suivant le dispositif de la pile, elle peut accélérer ou ralentir cette action. Si la pile zinc-acide chlorhydrique dilué-cuivre ne fournit pour le courant, dans l'unité de temps, que la moitié de l'électricité de la pile zinc-acide chlorhydrique dilué-platine, cela signifie que, en langage chimique, la première pile ne fournit dans l'unité de temps que la moitié du chlorure de zinc et de l'hydrogène que fournit la seconde. *L'action chimique a donc été doublée, bien que les conditions purement chimiques soient restées les mêmes.* L'excitation électrique est devenue le régulateur de l'action chimique ; elle apparaît maintenant comme le côté actif, l'action chimique comme le côté passif.

On s'explique donc de la sorte, que toute une série de processus considérés auparavant comme purement chimiques se présentent maintenant comme électrochimiques. Le zinc chimiquement pur, n'est attaqué que très faiblement par l'acide étendu, quand toutefois il l'est; par contre le zinc courant qu'on trouve dans le commerce se décompose très rapidement en formant un sel et en dégageant de l'hydrogène ; il contient un mélange d'autres métaux et du charbon qui sont inégalement répartis en différents points de la surface. Entre ces métaux et le zinc lui-même, il se forme dans l'acide des courants locaux, cependant que les endroits où est le zinc constituent les électrodes positives et les endroits où sont les autres métaux, les électrodes négatives sur lesquelles se dégagent de petites bulles d'hydrogène. De même le phénomène qui fait que du fer plongé dans une solution de sulfate de cuivre se couvre d'une couche de cuivre est considéré maintenant comme un phénomène électrochimique: il est déterminé par des courants qui naissent entre des parties hétérogènes de la surface du fer.

Conformément à cela, nous trouvons aussi que les séries voltaïques des métaux dans des liquides correspondent en gros aux séries selon lesquelles les métaux se chassent l'un l'autre de leurs combinaisons avec les halogènes et les radicaux acides. A l'extrémité négative des séries voltaïques, nous trouvons régulièrement les métaux du groupe de l'or, or, platine, palladium, rhodium, qui sont difficilement oxydables, à peine ou pas du tout attaqués par les acides et facilement déplacés de leurs sels par d'autres métaux. A l'extrémité positive, nous trouvons les métaux alcalins, qui manifestent le comportement exactement inverse : la plus grande dépense d'énergie suffit à peine à les dégager de leurs oxydes, on les rencontre dans la nature presque uniquement sous la forme de sels, et de tous les métaux, ce sont ceux qui ont de-loin la plus grande affinité pour les halogènes et les radicaux acides. Entre les deux, les autres métaux sont rangés en successions un peu variables, mais de telle façon que, dans l'ensemble, le comportement chimique et le comportement électrique concordent. Leur ordre de succession individuel varie selon les liquides et c'est à peine s'il est établi définitivement pour un seul liquide. Il est même permis de douter que, pour un liquide pris à part, il existe une semblable série

voltaïque *absolue* des métaux. Deux barres du même métal peuvent, dans des piles et des cuves électrolytiques appropriées, servir chacune d'électrode positive et d'électrode négative, le même métal peut donc vis-à-vis de lui-même être aussi bien positif que négatif. Dans les piles thermoélectriques qui convertissent la chaleur en électricité, de fortes différences de température aux deux points de contact inversent le sens du courant : le métal précédemment positif devient négatif et inversement. De même, il n'y a pas d'ordre absolu selon lequel les métaux se chassent l'un l'autre de leurs combinaisons chimiques avec un halogène ou un radical acide déterminés ; avec un apport d'énergie sous forme de chaleur, nous pouvons, dans beaucoup de cas, modifier et renverser presque à notre gré l'ordre valable à température habituelle.

Nous trouvons donc ici une action réciproque originale entre chimisme et électricité. L'action chimique dans la pile qui fournit à l'électricité toute l'énergie pour la formation du courant, est, pour sa part, dans beaucoup de cas seulement déclenchée, dans tous les cas réglée quantitativement par les tensions électriques intervenant dans la pile. Si, auparavant, les processus dans la pile nous apparaissaient comme des processus chimico-électriques, nous voyons ici qu'ils sont tout autant électrochimiques. Du point de vue de la formation du courant *continu*, l'action chimique apparaissait comme l'élément primaire ; du point de vue de l'*excitation* au courant, elle apparaît comme secondaire, accessoire. L'action réciproque exclut tout élément absolument primaire et absolument secondaire ; mais elle est tout autant un processus bilatéral qui, de par sa nature, peut être considéré de deux points de vue différents ; pour être comprise dans sa totalité, elle doit même être étudiée successivement des deux points de vue avant qu'on puisse faire la synthèse du résultat total. Mais si nous retenons exclusivement un point de vue comme absolu par opposition à l'autre, ou si, selon les besoins momentanés du raisonnement, nous sautons de l'un à l'autre, nous restons prisonniers de l'étroitesse de la pensée métaphysique ; la liaison nous échappe, et nous nous embarrassons dans une contradiction après l'autre.

Comme nous l'avons vu plus haut, d'après Wiedemann, la déviation initiale de l'aiguille du galvanomètre qui suit immédiatement l'immersion des plaques excitatrices dans le liquide de la pile et précède toute modification de l'intensité de l'excitation électrique par des transformations chimiques « est la mesure de la somme des -forces électromotrices dans le circuit ».

Jusqu'ici, la force dite électromotrice figurait à nos yeux une forme de l'énergie qui, dans notre cas, était produite en quantité équivalente à partir de l'énergie chimique pour se transformer à nouveau par la suite en quantités équivalentes de chaleur, de mouvement des masses, etc. Voici que nous apprenons tout d'un coup que « la somme des forces électromotrices dans le circuit » existe déjà *avant que* les transformations chimiques aient libéré cette énergie ; en d'autres termes, que la force électromotrice n'est pas autre chose que la capacité d'une pile déterminée de libérer dans l'unité de temps une quantité déterminée d'énergie chimique et de la transformer en électricité. De même que la force de séparation électrique précédemment, la force électromotrice apparaît aussi ici comme une force qui ne contient pas la moindre parcelle d'énergie. Wiedemann entend donc par « force électromotrice » deux choses totalement différentes : d'une part la capacité d'une pile de libérer une quantité déterminée d'énergie chimique donnée et de la transformer

en mouvement électrique, d'autre part: la quantité elle-même de mouvement électrique produit. Qu'elles soient proportionnelles l'une à l'autre, que l'une serve de mesure à l'autre, ne supprime pas leur diversité. L'action chimique dans la pile, la quantité d'électricité produite et la chaleur qu'elle engendre dans le circuit fermé au cas où il n'est pas produit de travail, sont plus que proportionnelles, elles sont même équivalentes ; mais cela n'ôte rien à leur diversité. La capacité, pour une machine à vapeur de diamètre de cylindre et de course de piston définis, de produire une quantité déterminée de mouvement mécanique à partir de la chaleur qui lui est apportée est très différente de ce mouvement mécanique lui-même, si proportionnel qu'il lui soit. Et si un tel langage était supportable à une époque, où l'on n'avait pas encore parlé dans la science de la nature de conservation de l'énergie, il est évident que depuis que cette loi fondamentale a été reconnue, on ne peut plus confondre l'énergie réelle, vivante, sous quelque forme que ce soit, avec la capacité d'un appareil quelconque de donner telle ou telle forme à de l'énergie libérée. Cette confusion est un corollaire de la confusion entre force et énergie, à l'occasion de la force de séparation électrique; c'est en ces lieux confusions que se résolvent harmonieusement les trois explications totalement contradictoires du courant chez Wiedemann et ce sont elles qui, somme toute, sont en fin de compte à la base de tous ses errements et ses vicissitudes au sujet de la force dite « électromotrice ».

Outre l'action originale entre chimisme et électricité que nous avons déjà étudiée, il se trouve encore un second caractère commun qui indique une affinité plus étroite de ces deux formes de mouvement. Toutes deux ne peuvent exister que de telle façon qu'elles *disparaissent*. Le processus chimique s'accomplit brusquement pour chacun des groupes d'atomes qu'il intéresse. Ce n'est que par la présence de matériaux neufs, qui constamment interviennent à nouveau, qu'il peut être prolongé. Il en va de même du mouvement électrique. A peine est-il produit en partant d'une autre forme de mouvement qu'il se convertit déjà en une troisième; ce n'est que l'apport constant d'énergie disponible qui peut constituer le courant continu dans lequel, à chaque instant, de nouvelles quantités de mouvement prennent la forme de l'électricité et la perdent à nouveau.

La compréhension de cette étroite liaison entre l'action chimique et l'action électrique et vice versa conduira dans les deux domaines de la recherche à de grands résultats¹⁸⁷. Elle se généralise de plus en plus. Parmi les chimistes, Lothar Meyer, et après lui Kékulé, ont dit expressément qu'une reprise de la théorie électrochimique sous une forme rajeunie était imminente. Même parmi les électriciens, comme l'indiquent en particulier les travaux de F. Kohlrausch, la conviction semble enfin devoir triompher que c'est seulement une prise en considération précise des processus chimiques dans la pile et la cuve électrolytique qui peut aider leur science à sortir de l'impasse des vieilles traditions.

Et en réalité, on ne voit pas grâce à quoi la théorie du galvanisme, et par suite

¹⁸⁷ Cette prévision a été exactement vérifiée par le développement ultérieur de la physico-chimie. On sait aujourd'hui que l'atome est formé par un noyau électrisé positivement qui est entouré d'une sorte d'atmosphère d'électrons animés de mouvements complexes et rapides. Ces électrons se classent, selon les caractéristiques fondamentales de leur mouvement, en couches concentriques. Les propriétés chimiques d'un atome sont déterminées par les électrons de la couche superficielle de l'atome, la plus éloignée du noyau, par le nombre et les caractéristiques de mouvement de ces électrons. La chimie théorique a fait d'immenses progrès, notamment grâce à la détermination, à l'aide des rayons X, de la « densité électronique » dans les molécules. (N.R.)

également celle du magnétisme ou de l'électricité statique pourraient trouver une base solide, sinon grâce à une révision générale, chimiquement exacte, de toutes les expériences traditionnelles, non contrôlées, faites d'un point de vue scientifique dépassé, à condition d'observer et de constater soigneusement les conversions d'énergie et de laisser provisoirement de côté toutes les notions théoriques traditionnelles relatives à l'électricité ¹⁸⁸.

¹⁸⁸ Engels, dans l'approfondissement d'un problème physique particulier, celui de la chimioélectricité, voit plus juste, plus clair et plus loin que les meilleurs spécialistes de son époque, et cela non pas seulement à cause de son génie personnel, mais grâce à l'application conséquente des principes du matérialisme dialectique. Notamment, il a la pleine maîtrise du concept d'énergie. Il détermine avant toutes choses la source de l'énergie, ses transformations qualitatives, le sens de ces transformations, puis fait jouer la conservation quantitative. Une telle maîtrise n'était pas courante chez les physiciens en 1880. (N.R.)

Le travail, disent les économistes, est la source de toute richesse. Il l'est effectivement... conjointement avec la nature qui lui fournit la matière qu'il transforme en richesse. Mais il est infiniment plus encore. Il est la condition fondamentale première de toute vie humaine, et il l'est à un point tel que, dans un certain sens, il nous faut dire : le travail a créé l'homme lui-même.

Il y a plusieurs centaines de milliers d'années, à une période encore impossible à déterminer avec certitude de cette ère de l'histoire de la terre que les géologues appellent l'ère tertiaire, probablement vers la fin, vivait quelque part dans la zone tropicale, - vraisemblablement sur un vaste continent englouti aujourd'hui dans l'océan Indien ¹⁹⁰, - une race de singes anthropoïdes qui avaient atteint un développement particulièrement élevé. Darwin nous a donné une description approximative de ces singes qui seraient nos ancêtres. Ils étaient entièrement velus, avaient de la barbe et les oreilles pointues et vivaient en bandes sur les arbres.

Sous l'influence, au premier chef sans doute, de leur mode de vie qui exige que les mains accomplissent pour grimper d'autres fonctions que les pieds, ces singes commencèrent à perdre l'habitude de s'aider de leurs mains pour marcher sur le sol et adoptèrent de plus en plus une démarche verticale. *Ainsi était franchi le pas décisif pour le passage du singe, à l'homme.*

Tous les singes anthropoïdes vivant encore de nos jours peuvent se tenir debout et se déplacer sur leurs deux jambes seulement ; mais ils ne le font qu'en cas de nécessité et avec la plus extrême maladresse. Leur marche naturelle s'accomplit en position à demi verticale et implique l'usage des mains. La plupart appuient sur le sol les phalanges médianes de leurs doigts repliés et, rentrant les jambes, font passer le corps entre leurs longs bras, comme un paralytique qui marche avec des béquilles. En général, nous pouvons aujourd'hui encore observer chez les singes tous les stades du passage de la marche à quatre pattes à la marche sur deux jambes. Mais chez aucun d'eux cette dernière n'a dépassé le niveau d'un moyen de fortune.

Si, chez nos ancêtres velus, la marche verticale devait devenir d'abord la règle, puis une nécessité, cela suppose que les mains devaient s'acquitter de plus en plus d'activités d'une autre sorte. Même chez les singes, il règne déjà une certaine

¹⁸⁹ Tiré de la deuxième classe. Primitivement, ce chapitre a été écrit par Engels pour servir d'introduction à un grand et vaste travail intitulé : « Les trois formes fondamentales de la servitude. » Par la suite, Engels changea ce titre en : « L'asservissement du travailleur. » Mais, sous cette forme, ce travail resta inachevé et en fin de compte Engels donna au chapitre d'introduction qu'il avait écrit le titre : « Le rôle du travail dans la transformation du singe en homme » qui correspond aux 8 ou 9 premières pages du manuscrit (les 2 ou 3 dernières pages représentent le passage à un grand traité sur le thème de l'asservissement de l'humanité travailleuse). Ce chapitre a été vraisemblablement écrit en 1876. Nous avons en faveur de cette hypothèse la lettre de W. Liebknecht à Engels du 10 juin 1876, dans laquelle, entre autres, Liebknecht écrit qu'il attend avec impatience le travail promis par Engels pour le journal *Der Volksstaat* sur « les trois formes fondamentales de la servitude ». Ce chapitre a été publié en 1896 dans la *Neue Zeit* (Jahrgang XIV, Bd., 2, pp. 545-554). (O.G.I.Z., Obs.)

¹⁹⁰ En 1876, on ne connaissait pas de restes intermédiaires entre les singes anthropomorphes et l'homme; l'hypothèse du continent englouti avait pour objet d'expliquer cette carence. A présent, on connaît des squelettes, ou des débris de squelettes, trouvés en Indonésie et en Chine. Bien qu'il ne soit pas certain que ces préhominiens aient été les ancêtres de l'homme, leur découverte démontre qu'il a effectivement existé des êtres intermédiaires. (N.R.)

division des fonctions entre les mains et les pieds. Comme nous l'avons déjà dit, la main est utilisée d'une autre façon que le pied pour grimper. Elle sert plus spécialement à cueillir et à tenir la nourriture, comme le font déjà avec leurs pattes de devant certains mammifères inférieurs. Beaucoup de singes s'en servent pour construire des nids dans les arbres ou même, comme le chimpanzé, des toits entre les branches pour se garantir du mauvais temps. Avec la main ils saisissent des bâtons pour se défendre contre leurs ennemis, ou les bombardent avec des fruits et des pierres. En captivité, elle leur sert à accomplir un certain nombre d'opérations simples qu'ils imitent de l'homme ¹⁹¹. Mais c'est ici précisément qu'apparaît toute la différence entre la main non développée du singe même le plus semblable à l'homme et la main de l'homme hautement perfectionnée par le travail de milliers de siècles. Le nombre et la disposition générale des os et des muscles sont les mêmes chez l'un et chez l'autre ¹⁹² ; mais la main du sauvage le plus inférieur peut exécuter des centaines d'opérations qu'aucune main de singe ne peut imiter. Aucune main de singe n'a jamais fabriqué le couteau de pierre le plus grossier.

Aussi les opérations auxquelles nos ancêtres, au cours de nombreux millénaires, ont appris à adapter peu à peu leur main à l'époque du passage du singe à l'homme, n'ont-elles pu être au début que des opérations très simples. Les sauvages les plus inférieurs, même ceux chez lesquels on peut supposer une rechute à un état assez proche de l'animal, accompagnée de régression physique, sont à un niveau bien plus élevé encore que ces créatures de transition. Avant que le premier caillou ait été façonné par la main de l'homme pour en faire un couteau, il a dû s'écouler des périodes au regard desquelles la période historique connue de nous apparaît insignifiante. Mais le pas décisif était accompli : la *main s'était libérée*, elle pouvait désormais acquérir de plus en plus d'habiletés nouvelles et la souplesse plus grande ainsi acquise se transmet par hérédité et augmenta de génération en génération ¹⁹³.

Ainsi la main n'est pas seulement l'organe du travail, *elle est aussi le Produit du travail*. Ce n'est que grâce à lui, grâce à l'adaptation à des opérations toujours nouvelles, grâce à la transmission héréditaire du développement particulier ainsi acquis des muscles, des tendons et, à intervalles plus longs, des os eux-mêmes, grâce enfin à l'application sans cesse répétée de cet affinement héréditaire à des opérations nouvelles, toujours plus compliquées, que la main de l'homme a atteint ce haut degré de perfection où elle peut faire surgir le miracle des tableaux de Raphaël, des statues des Thorwaldsen, de la musique de Paganini.

Mais la main n'était pas seule. Elle était simplement un des membres de tout un organisme extrêmement complexe. Ce qui profitait à la main profitait au corps tout entier, au service duquel elle travaillait, - et cela de deux façons.

Tout d'abord, en vertu de la loi de corrélation de croissance, comme l'a nommée

¹⁹¹ Les chimpanzés peuvent accomplir certaines opérations de leur propre initiative. L'analyse des réflexes par Pavlov et son école a inauguré l'étude expérimentale de l'imitation et de l'initiative. (N.R.)

¹⁹² En fait, il existe entre la main du singe et celle de l'homme des différences de détail dans le nombre et la disposition des os et des muscles. (N.R.)

¹⁹³ L'hérédité des caractères acquis, qui ne faisait, on le voit ici, aucun doute pour Engels, a été niée par la génétique mendelo-morganienne, qui est basée sur le postulat que les variations héréditaires sont fortuites et inadéquates aux variations du milieu. Mitchourine et Lyssenko ont au contraire basé la génétique mitchourinienne moderne sur de multiples preuves expérimentales de l'hérédité des caractères acquis sous l'influence du milieu. (N.R.)

Darwin. Selon cette loi, les formes déterminées de diverses parties d'un être organique sont toujours liées à certaines formes d'autres parties qui apparemment n'ont aucun lien avec elles. Ainsi, tous les animaux sans exception qui ont des globules rouges sans noyau cellulaire et dont l'occiput est relié à la première vertèbre par une double articulation (condyles) ont aussi sans exception des glandes mammaires pour allaiter leurs petits. Ainsi, chez les mammifères, les sabots fourchus sont régulièrement associés à l'estomac multiple du ruminant. La modification de formes déterminées entraîne le changement de forme d'autres parties du corps sans que nous puissions expliquer cette connexion¹⁹⁴. Les chats tout blancs aux yeux bleus sont toujours, ou presque toujours sourds. L'affinement progressif de la main humaine et le perfectionnement simultané du pied pour la marche verticale ont à coup sûr réagi également, par l'effet d'une corrélation semblable sur d'autres parties de l'organisme. Toutefois cette action est encore beaucoup trop peu étudiée pour qu'on puisse faire plus ici que la constater en général.

La réaction directe et susceptible de preuve du développement de la main sur le reste de l'organisme est bien plus importante. Comme nous l'avons déjà dit, nos ancêtres simiesques étaient des êtres sociables; il est évidemment impossible de faire dériver l'homme, le plus sociable des animaux, d'un ancêtre immédiat qui ne le serait pas. La domination de la nature qui commence avec le développement de la main, avec le travail, a élargi à chaque progrès l'horizon de l'homme. Dans les objets naturels, il découvrait constamment des propriétés nouvelles, inconnues jusqu'alors. D'autre part, le développement du travail a nécessairement contribué à resserrer les liens entre les membres de la société en multipliant les cas d'assistance mutuelle, de coopération commune, et en rendant plus clair chez chaque individu la conscience de l'utilité de cette coopération. Bref, les hommes en formation en arrivèrent au point où ils avaient réciproquement *quelque chose à se dire*. Le besoin se créa son organe, le larynx non développé du singe se transforma, lentement mais sûrement, grâce à la modulation pour s'adapter à une modulation sans cesse développée, et les organes de la bouche apprirent peu à peu à prononcer un son articulé après l'autre.

La comparaison avec les animaux démontre que cette explication de l'origine du langage, né du travail et l'accompagnant, est la seule exacte. Ce que ceux-ci, même les plus développés, ont à se communiquer est si minime qu'ils peuvent le faire sans recourir au langage articulé. A l'état de nature, aucun animal ne ressent comme une imperfection le fait de ne pouvoir parler ou comprendre le langage humain. Il en va tout autrement quand il est domestiqué par l'homme. Dans les relations avec les hommes, le chien et le cheval ont acquis une oreille si fine pour le langage articulé qu'ils peuvent facilement apprendre à comprendre tout langage, dans les limites du champ de leur représentation. Ils ont gagné en outre la faculté de ressentir par exemple de l'attachement pour les hommes, de la reconnaissance, etc., sentiments qui leur étaient autrefois étrangers, et quiconque a eu beaucoup affaire à ces animaux pourra difficilement échapper à la conviction qu'il y a suffisamment de cas où ils ressentent *maintenant* le fait de ne pouvoir parler comme une imperfection à laquelle il n'est toutefois plus possible de remédier, étant donné la trop grande spécialisation dans une direction déterminée de leurs organes vocaux. Mais là où

¹⁹⁴ L'ensemble de la physiologie moderne, avec les corrélations hormonales et autres et, surtout, les relations cortico-viscérales mises en évidence par Pavlov, a confirmé l'interdépendance des différentes parties de l'organisme, qu'Engels traite ici sous son aspect anatomique. (N.R.)

l'organe existe, cette incapacité disparaît aussi à l'intérieur de certaines limites. Les organes buccaux des animaux sont assurément aussi différents que possible de ceux de l'homme ; et pourtant les oiseaux -sont les seuls animaux qui apprennent à parler, et c'est l'oiseau à la voix la plus effroyable, le perroquet, qui parle le mieux. Qu'on ne dise pas qu'il ne comprend pas ce qu'il dit. Sans doute répétera-t-il pendant des heures, en jacassant, tout son vocabulaire, par pur plaisir de parler ou d'être dans la société des hommes. Mais, dans les limites du champ de sa représentation, il peut aussi apprendre à comprendre ce qu'il dit. Apprenez des injures à un perroquet, de sorte qu'il ait quelque idée de leur sens (un des amusements de prédilection des matelots qui reviennent des régions tropicales) ; excitez-le, et vous verrez bien vite qu'il sait utiliser ses injures avec autant de pertinence qu'une marchande de légumes de Berlin. De même lorsqu'il s'agit de mendier des friandises.

D'abord le travail; après lui, puis en même temps que lui, le langage : tels sont les deux stimulants essentiels sous l'influence desquels le cerveau d'un singe s'est peu à peu transformé en un cerveau d'homme, qui, malgré toute ressemblance, le dépasse de loin en taille et en perfection. Mais, marchant de pair avec le développement du cerveau, il y eut celui de ses outils immédiats, les organes des sens. De même que, déjà, le développement progressif du langage s'accompagne nécessairement d'une amélioration correspondante de l'organe de l'ouïe, de même le développement du cerveau s'accompagne en général de celui de tous les sens. La vue de l'aigle porte beaucoup plus loin que celle de l'homme ; mais l'œil de l'homme remarque beaucoup plus dans les choses que celui de l'aigle. Le chien a le nez bien plus fin que l'homme, mais il ne distingue pas le centième des odeurs qui sont pour celui-ci les signes certains de diverses choses. Et le sens du toucher qui, chez le singe, existe à peine dans ses rudiments les plus grossiers, n'a été développé qu'avec la main humaine elle-même, grâce au travail.

Le développement du cerveau et des sens qui lui sont subordonnés, la clarté croissante de la conscience, le perfectionnement de la faculté d'abstraction et de raisonnement ont réagi sur le travail et le langage et n'ont cessé de leur donner, à l'un et à l'autre, des impulsions sans cesse nouvelles pour continuer à se perfectionner. Ce perfectionnement ne se termina pas au moment où l'homme fut définitivement séparé du singe; dans l'ensemble, il a au contraire continué depuis. Avec des progrès différents en degré et en direction chez les divers peuples et aux différentes époques, interrompus même çà et là par une régression locale et temporaire, il a marché en avant d'un pas vigoureux, recevant d'une part une nouvelle et puissante impulsion, d'autre part une direction plus définie d'un élément nouveau qui a surgi de surcroît avec l'apparition de l'homme achevé : la société.

Des centaines de milliers d'années, - l'équivalent dans l'histoire de la terre d'une seconde dans la vie de l'homme ¹⁹⁵, - ont dû s'écouler avant que de la bande de singes grimpant aux arbres soit sortie une société d'hommes. Mais, en fin de compte, elle existait. Et que trouvons-nous ici encore comme différence caractéristique entre

¹⁹⁵ Une éminente autorité dans ce domaine, Sir W. Thomson, a calculé qu'il ne pouvait pas s'être écoulé beaucoup plus de cent millions d'années* depuis le temps où la terre a été assez refroidie pour que des plantes et des animaux puissent y vivre. (*Note d'Engels.*)

* La découverte de la radio-activité a considérablement allongé ce temps, que l'on estime maintenant à environ quinze cents millions d'années. D'autre part, selon la théorie moderne, la terre s'échauffe et ne se refroidit pas. (N.R.)

le troupeau de singes et la société humaine ? Le travail. Le troupeau de singes se contentait d'épuiser la nourriture de l'aire qui lui était assignée par la situation géographique ou par la résistance de troupeaux voisins ; il errait de place en place ou entraînait en lutte avec les bandes avoisinantes pour gagner une nouvelle aire riche en nourriture, mais il était incapable de tirer de son domaine alimentaire plus que celui-ci n'offrait par nature, en dehors de ce qu'il le fumait inconsciemment de ses ordures. Dès que tous les territoires susceptibles d'alimenter les singes furent occupés, il ne pouvait plus y avoir d'augmentation de leur population. Le nombre des animaux pouvait tout au plus rester constant. Mais tous les animaux pratiquent à un haut degré le gaspillage de la nourriture et en outre ils détruisent en germe les pousses nouvelles. Au contraire du chasseur, le loup n'épargne pas la chevrette qui lui fournira de petits chevreuils l'année suivante : en Grèce, les chèvres qui broutent les jeunes broussailles avant qu'elles aient eu le temps de pousser ont rendu arides toutes les montagnes de ce pays. Cette « économie de proie » des animaux joue un rôle important dans la transformation progressive des espèces, en les obligeant à s'accoutumer à une nourriture autre que la nourriture habituelle, grâce à quoi leur sang acquiert une autre composition chimique, et leur constitution physique tout entière change peu à peu, tandis que les espèces fixées une fois pour toutes dépérissent. Il n'est pas douteux que ce gaspillage a puissamment contribué à la transformation en hommes de nos ancêtres. Dans une race de singes, surpassant de loin toutes les autres quant à l'intelligence et à la faculté d'adaptation, cette pratique devait avoir pour résultat que le nombre des plantes entrant dans leur nourriture s'étendit de plus en plus, que les parties comestibles de ces plantes furent consommées en nombre toujours plus grand, en un mot que la nourriture devint de plus en plus variée et, du même coup, les éléments entrant dans l'organisme, créant ainsi les conditions chimiques du passage du singe à l'homme. Mais tout cela n'était pas encore du travail proprement dit. Le travail commence avec la fabrication d'outils. Or quels sont les outils les plus anciens que nous trouvons ? Comment se présentent les premiers outils, à en juger d'après les vestiges retrouvés d'hommes préhistoriques et d'après le mode de vie des premiers peuples de histoire ainsi que des sauvages actuels les plus primitifs ? Comme instruments de chasse et de pêche, les premiers servant en même temps d'armes. Mais la chasse et la pêche supposent le passage de l'alimentation purement végétarienne à la consommation simultanée de la viande, et nous avons à nouveau ici un pas essentiel vers la transformation en homme. L'alimentation carnée contenait, presque toute prête, les substances essentielles dont le corps a besoin pour son métabolisme ; en même temps que la digestion, elle raccourcissait dans le corps la durée des autres processus végétatifs, correspondant au processus de la vie des plantes, et gagnait ainsi plus de temps, plus de matière et plus d'appétit pour la manifestation de la vie animale au sens propre. Et plus l'homme en formation s'éloignait de la plante, plus il s'élevait aussi au-dessus de l'animal. De même que

accoutumance à la nourriture végétale à côté de la viande a fait des chats et des chiens sauvages les serviteurs de l'homme, de même l'accoutumance à la nourriture carnée à côté de l'alimentation végétale a essentiellement contribué à donner à l'homme en formation la force physique et l'indépendance. Mais la chose la plus essentielle a été l'action de la nourriture carnée sur le cerveau, qui recevait en quantités bien plus abondantes qu'avant les éléments nécessaires à sa nourriture et à son développement et qui, par suite, a pu se développer plus rapidement et plus parfaitement de génération en génération. N'en déplaise à MM. les végétariens,

l'homme n'est pas devenu l'homme sans régime carné, et, même si le régime carné a conduit à telle ou telle période, chez tous les peuples que nous connaissons, au cannibalisme (les ancêtres des Berlinoises, les Wélétabs ou Wilzes, mangeaient encore leurs parents au Xe siècle), cela ne nous fait plus rien aujourd'hui.

Le régime carné a conduit à deux nouveaux progrès d'importance décisive : l'usage du feu et la domestication des animaux. Le premier a raccourci plus encore le processus de digestion en pourvoyant la bouche d'une nourriture déjà pour ainsi dire à demi digérée; la seconde a rendu le régime carné plus abondant en lui ouvrant, à côté de la chasse, une source nouvelle et plus régulière, et de plus, avec le lait et ses produits, elle a fourni un aliment nouveau, de valeur au moins égale à la viande par sa composition. L'un et l'autre devinrent ainsi, d'une manière déjà directe, des moyens nouveaux d'émancipation pour l'homme ; cela nous conduirait trop loin de rentrer ici dans le détail de leurs effets indirects, si grande qu'ait été leur importance pour le développement de l'homme et de la société.

De même que l'homme apprit à manger tout ce qui était comestible, de même il apprit à vivre sous tous les climats. Il se répandit sur toute la terre habitable, lui, le seul animal qui était en état de le faire par lui-même. Les autres animaux qui se sont acclimatés partout ne l'ont pas appris par eux-mêmes, mais seulement en suivant l'homme : ce sont les animaux domestiques et la vermine. Et le passage de la chaleur égale du climat de leur patrie primitive à des régions plus froides, où l'année se partageait en hiver et en été, créa de nouveaux besoins : le besoin de se loger et de se vêtir pour se protéger du froid et de l'humidité, ouvrant ainsi la voie à de nouvelles branches du travail et à de nouvelles activités qui éloignèrent de plus en plus l'homme de l'animal.

Grâce à l'action conjuguée de la main, des organes de la parole et du cerveau, non seulement chez chaque individu, mais aussi dans la société, les hommes furent mis en mesure d'accomplir des opérations de plus en plus complexes, de se poser et d'atteindre des fins de plus en plus élevées. De génération en génération, le travail lui-même devint différent, plus parfait, plus varié. A la chasse et à l'élevage s'adjoignit l'agriculture; à celle-ci s'ajoutèrent le filage, le tissage, le travail des métaux, la poterie, la navigation. L'art, et la science apparurent enfin à côté du commerce et de l'industrie, les tribus se transformèrent en nations et en États, le droit et la politique se développèrent, et, en même temps qu'eux, le reflet fantastique des choses humaines dans le cerveau de l'homme: la religion. Devant toutes ces formations, qui se présentaient au premier chef comme des produits du cerveau et semblaient dominer les sociétés humaines, les produits plus modestes du travail des mains passèrent au second plan ; et cela d'autant plus que l'esprit qui établissait le plan du travail, et déjà à un stade très précoce du développement de la société (par exemple dans la famille primitive), avait la possibilité de faire exécuter par d'autres mains que les siennes propres le travail projeté. C'est à l'esprit, au développement et à l'activité du cerveau que fut attribué tout le mérite du développement rapide de la société ; les hommes s'habituaient à expliquer leur activité par leur pensée au lieu de l'expliquer par leurs besoins (qui cependant se reflètent assurément dans leur tête, deviennent conscients), et c'est ainsi qu'avec le temps on vit naître cette conception idéaliste du monde qui, surtout depuis le déclin de l'antiquité, a dominé les esprits. Elle règne encore à tel point que même les savants matérialistes de l'école de Darwin ne

peuvent toujours pas se faire une idée claire de l'origine de l'homme, car, sous l'influence de cette idéologie, ils ne reconnaissent pas le rôle que le travail a joué dans cette évolution.

Comme nous l'avons déjà indiqué, les animaux modifient la nature extérieure par leur activité aussi bien que l'homme, bien que dans une mesure moindre, et, comme nous l'avons vu, les modifications qu'ils ont opérées dans leur milieu réagissent à leur tour en les transformant sur leurs auteurs. Car rien dans la nature n'arrive isolément. Chaque phénomène réagit sur l'autre et inversement, et c'est la plupart du temps parce qu'ils oublient ce mouvement et cette action réciproque universels que nos savants sont empêchés d'y voir clair dans les choses les plus simples. Nous avons vu comment les chèvres mettent obstacle au reboisement de la Grèce; à Sainte-Hélène, les chèvres et les porcs débarqués par les premiers navigateurs à la voile qui y abordèrent ont réussi à extirper presque entièrement l'ancienne flore de l'île et ont préparé le terrain sur lequel purent se propager les plantes amenées ultérieurement par d'autres navigateurs et des colons. Mais, lorsque les animaux exercent une action durable sur leur milieu, cela se fait sans qu'il le veuillent, et c'est, pour ces animaux eux-mêmes, un hasard. Or, plus les hommes s'éloignent de l'animal, plus leur action sur la nature prend le caractère d'une activité préméditée, méthodique, visant des fins déterminées, connues d'avance. L'animal détruit la végétation d'une contrée sans savoir ce qu'il fait. L'homme la détruit pour semer dans le sol devenu disponible des céréales ou y planter des arbres et des vignes dont il sait qu'à la moisson ils lui rapporteront un grand nombre de fois autant qu'il a semé. Il transfère des plantes utiles et des animaux domestiques d'un pays à l'autre, et il modifie ainsi la flore et la faune de continents entiers. Plus encore. Grâce à la sélection artificielle, la main de l'homme transforme les plantes et les animaux au point qu'on ne peut plus les reconnaître. On cherche encore vainement les plantes sauvages dont descendent nos espèces de céréales. On discute encore pour savoir de quel animal sauvage descendent nos chiens, eux-mêmes si différents entre eux, et nos races tout aussi nombreuses de chevaux.

D'ailleurs, il va de soi qu'il ne nous vient pas à l'idée de dénier aux animaux la possibilité d'agir de façon méthodique, préméditée. Au contraire. Un mode d'action méthodique existe déjà en germe partout où du protoplasme, de l'albumine vivante existent et réagissent, C'est-à-dire exécutent des mouvements déterminés, si simples soient-ils, comme suite à des excitations externes déterminées. Une telle réaction a lieu là où il n'existe même pas encore de cellule, et bien moins encore de cellule nerveuse. La façon dont les plantes insectivores capturent leur proie apparaît également, dans une certaine mesure, méthodique, bien qu'absolument inconsciente. Chez les animaux, la capacité d'agir de façon consciente, méthodique, se développe à mesure que se développe le système nerveux, et, chez les mammifères, elle atteint un niveau déjà élevé. Dans la chasse à courre au renard, telle qu'on la pratique en Angleterre, on peut observer chaque jour avec quelle précision le renard sait mettre à profit sa grande connaissance des lieux pour échapper à ses poursuivants, et combien il connaît et utilise bien tous les avantages de terrain qui interrompent la piste. Chez nos animaux domestiques, que la société des hommes a développés plus encore, on peut observer chaque jour des traits de malice qui se situent tout à fait au même niveau que ceux que nous observons chez les enfants. Car, de même que l'histoire de l'évolution de l'embryon humain dans le ventre de sa mère ne représente qu'une répétition en raccourci de l'histoire de

millions d'années d'évolution physique de nos ancêtres animaux, en commençant par le ver¹⁹⁶, de même l'évolution intellectuelle de l'enfant est une répétition, seulement plus ramassée encore, de l'évolution intellectuelle de ces ancêtres, du moins des derniers. Cependant, l'ensemble de l'action méthodique de tous ces animaux n'a pas réussi à marquer la terre du sceau de leur volonté. Pour cela il fallait l'homme.

Bref, l'animal *utilise* seulement la nature extérieure et provoque en elle des modifications par sa seule présence ; par les changements qu'il y apporte, l'homme l'amène à servir à ses fins, il la *domine*. Et c'est en cela que consiste la dernière différence essentielle entre l'homme et le reste des animaux, et cette différence, c'est encore une fois au travail que l'homme la doit¹⁹⁷.

Cependant ne nous flattons pas trop de nos victoires sur la nature. Elle se venge sur nous de chacune d'elles. Chaque victoire a certes en premier lieu les conséquences que nous avons escomptées, mais, en second et en troisième lieu, elle a des effets tout différents, imprévus, qui ne détruisent que trop souvent ces premières conséquences. Les gens qui, en Mésopotamie, en Grèce, en Asie Mineure et autres lieux essartaient les forêts pour gagner de la terre arable, étaient loin de s'attendre à jeter par là les bases de l'actuelle désolation de ces pays, en détruisant avec les forêts les centres d'accumulation et de conservation de l'humidité. Sur le versant sud des Alpes, les montagnards italiens qui saccageaient les forêts de sapins, conservées avec tant de sollicitude sur le versant nord, n'avaient pas idée qu'ils savaient par là l'élevage de haute montagne sur leur territoire ; ils soupçonnaient moins encore que, par cette pratique, ils privaient d'eau leurs sources de montagne pendant la plus grande partie de l'année et que celles-ci, à la saison des pluies, allaient déverser sur la plaine des torrents d'autant plus furieux. Ceux qui répandirent la pomme de terre en Europe ne savaient pas qu'avec les tubercules farineux ils répandaient aussi la scrofuleuse¹⁹⁸. Et ainsi les faits nous rappellent à chaque pas que nous ne régnons nullement sur la nature comme un conquérant règne sur un peuple étranger, comme quelqu'un qui serait en dehors de la nature, mais que nous lui appartenons avec notre chair, notre sang, notre cerveau, que nous sommes dans son sein et que toute notre domination sur elle réside dans l'avantage que nous avons sur l'ensemble des autres créatures de connaître ses lois et de pouvoir nous en servir judicieusement.

Et, en fait, nous apprenons chaque jour à comprendre plus correctement ces lois et à connaître les conséquences plus ou moins lointaines de nos interventions dans le cours normal des choses de la nature. Surtout depuis les énormes progrès de la science de la nature au cours de ce siècle, nous sommes de plus en plus à même de connaître aussi les conséquences naturelles lointaines, tout au moins de nos actions les plus courantes dans le domaine de la production, et, par suite, d'apprendre à les

¹⁹⁶ En fait, le développement organique de chaque individu n'est certainement pas un banal recommencement de l'évolution historique de l'espèce. On constate plutôt une répétition des événements principaux qui sont apparus successivement dans l'ontogénèse des espèces ancestrales. (N.R.)

¹⁹⁷ En marge, cette annotation au crayon : « Ennoblement. » (O.G.I.Z.).

¹⁹⁸ A l'époque où Engels écrivait ces lignes, c'était une opinion répandue dans les milieux médicaux que la scrofuleuse (la tuberculose des glandes du cou) était due à la consommation des pommes (de terre). Il y a bien une liaison causale, dans ce sens que la scrofuleuse est une affection des gens mal nourris, y compris ceux dont la nourriture se compose exclusivement de pommes de terre. Mais il n'est pas absolument évident que les pommes de terre en tant que telles jouent un rôle dans la genèse de cette maladie. (N.R.)

maîtriser. Mais plus il en sera ainsi, plus les hommes non seulement sentiront, mais sauront à nouveau qu'ils ne font qu'un avec la nature et plus deviendra impossible cette idée absurde et contre nature d'une opposition entre l'esprit et la matière, l'homme et la nature, l'âme et le corps, idée qui s'est répandue en Europe depuis le déclin de l'antiquité classique et qui a connu avec le christianisme son développement le plus élevé.

Mais s'il a déjà fallu le travail de millénaires, pour que nous apprenions dans une certaine mesure à calculer les effets naturels lointains de nos actions visant la production, ce fut bien plus difficile encore en ce qui concerne les conséquences sociales lointaines de ces actions. Nous avons fait mention de la pomme de terre et de la propagation de la scrofule qui l'a suivie. Mais qu'est-ce que la scrofule à côté des effets qu'a eus sur les conditions de vie des masses populaires de pays entiers la réduction de la nourriture de la population laborieuse aux seules pommes de terre ? Qu'est-elle à côté de la famine qui, à la suite de la maladie de la pomme de terre, s'abattit sur l'Irlande en 1847, conduisit à la tombe un million d'Irlandais se nourrissant exclusivement ou presque exclusivement de ces tubercules et en jeta deux millions de l'autre côté de l'Océan ? Lorsque les Arabes apprirent à distiller l'alcool, il ne leur vint pas à l'idée, même en rêve, qu'ils venaient de créer un des principaux instruments avec lesquels on rayerait de la face du monde les populations indigènes de l'Amérique non encore découverte. Et, lorsque ensuite Christophe Colomb découvrit l'Amérique, il ne savait pas que, ce faisant, il rappelait à la vie l'esclavage depuis longtemps disparu en Europe et jetait les bases de la traite des noirs. Les gommages qui, aux XVIIe et XVIIIe siècles, travaillaient à réaliser la machine à vapeur, n'avaient pas idée qu'ils créaient l'instrument qui, plus qu'aucun autre, allait bouleverser l'ordre social du monde entier, et en particulier d'Europe, en concentrant la richesse du côté de la minorité et le dénuement du côté de l'immense majorité; la machine à vapeur allait en premier procurer la domination politique et sociale à la bourgeoisie, mais ensuite elle engendrerait entre la bourgeoisie et le prolétariat une lutte de classes qui ne peut se terminer qu'avec la chute de la bourgeoisie et l'abolition de toutes les oppositions de classes. Mais, même dans ce domaine, nous apprenons peu à peu, au prix d'une longue et souvent dure expérience et grâce à la confrontation et à l'étude des matériaux historiques, à élucider les conséquences sociales indirectes et lointaines de notre activité productive et, de ce fait, la possibilité nous est donnée de dominer et de régler ces conséquences aussi. Mais, pour mener à bien cette réglementation, il faut plus que la seule connaissance. Il faut un bouleversement complet de tout notre mode de production passé et, avec lui, de tout notre régime social actuel.

Tous les modes de production passés n'ont visé qu'à atteindre l'effet utile le plus proche, le plus immédiat du travail. On laissait entièrement de côté les conséquences lointaines, celles qui n'intervenaient que par la suite, qui n'entraient en jeu que du fait de la répétition et de l'accumulation progressives. La propriété primitive en commun du sol correspondait d'une part à un stade de développement des hommes qui limitait, somme toute, leur horizon à ce qui était le plus proche et supposait, d'autre part, un certain excédent du sol disponible qui laissait une certaine marge pour parer aux conséquences néfastes éventuelles de cette économie absolument primitive. Une fois cet excédent de sol épuisé, la propriété commune tomba en désuétude. Toutes les formes de production supérieures ont abouti à séparer la population en classes différentes et, par suite, à opposer classes

dominantes et classes opprimées; mais en même temps l'intérêt de la classe dominante est devenu l'élément moteur de la production, dans la mesure où celle-ci ne se limitait pas à entretenir de la façon la plus précaire l'existence des opprimés. C'est le mode de production capitaliste régnant actuellement en Europe occidentale qui réalise le plus complètement cette fin. Les capitalistes individuels qui dominent la production et l'échange ne peuvent se soucier que de l'effet utile le plus immédiat de leur action. Et même cet effet utile, - dans la mesure où il s'agit de l'usage de l'article produit ou échangé, - passe entièrement au second plan ; le profit à réaliser par la vente devient le seul moteur.

La science sociale de la bourgeoisie, l'économie politique classique, ne s'occupe principalement que des effets sociaux immédiatement recherchés des actions humaines orientées vers la production et l'échange. Cela correspond tout à fait à l'organisation sociale, dont elle est l'expression théorique. Là où des capitalistes individuels produisent et échangent pour le profit immédiat, on ne peut prendre en considération au premier chef que les résultats les plus proches, les plus immédiats. Pourvu que individuellement le fabricant ou le négociant vende la marchandise produite ou achetée avec le petit profit d'usage, il est satisfait et ne se préoccupe pas de ce qu'il advient ensuite de la marchandise et de son acheteur. Il en va de même des effets naturels de ces actions. Les planteurs espagnols à Cuba qui incendièrent les forêts sur les pentes et trouvèrent dans la cendre assez d'engrais pour *une* génération d'arbres à café extrêmement rentables, que leur importait que, par la suite, les averses tropicales emportent la couche de terre superficielle désormais sans protection, ne laissant derrière elle que les rochers nus ? Vis-à-vis de la nature comme de la société, on ne considère principalement, dans le mode de production actuel, que le résultat le plus proche, le plus tangible ; et ensuite on s'étonne encore que les conséquences lointaines des actions visant à ce résultat immédiat soient tout autres, le plus souvent tout à fait opposées ; que l'harmonie de l'offre et de la demande se convertisse en son opposé polaire ainsi que nous le montre le déroulement de chaque cycle industriel décennal, et ainsi que l'Allemagne en a eu un petit avant-goût avec le « krach »¹⁹⁹ ; que la propriété privée reposant sur le travail personnel évolue nécessairement vers l'absence de té des travailleurs, tandis que toute possession se concentre en plus entre les mains des non-travailleurs ; que [...] ²⁰⁰.

¹⁹⁹ Engels pense à une crise économique de 1873-1874. (O.G.I.Z., Obs.)

²⁰⁰ Le manuscrit s'interrompt ici. (N.R.)

[NOTES ET FRAGMENTS]

[ÉLÉMENTS D'HISTOIRE DE LA SCIENCE]

Nécessité d'étudier le *développement successif* des branches singulières de la science de la nature. - D'abord l'astronomie, qui était absolument nécessaire, ne fût-ce qu'en raison des saisons, pour les peuples pasteurs et agriculteurs. L'astronomie ne peut se développer qu'avec l'aide de la *mathématique*. En conséquence, il fallait aussi s'attaquer à cette dernière. - Ensuite, à un certain stade de développement de l'agriculture et dans certaines régions (élévation de l'eau aux fins d'irrigation en Égypte), mais surtout aussi avec la naissance des villes, la construction des grands édifices et avec le développement de l'industrie, la *mécanique* se développe également. Elle devient bientôt aussi une nécessité pour la *navigation* et la *guerre*. - La mécanique aussi a besoin de l'aide de la mathématique et pousse ainsi à son développement. Ainsi, dès le début, la naissance et le développement des sciences sont conditionnés par la production.

Pendant toute l'antiquité, la recherche scientifique proprement dite reste limitée à ces trois branches de la science, et, à vrai dire, elle n'est aussi recherche exacte et systématique que dans la période postclassique (les Alexandrins, Archimède, etc.). En physique et en chimie, sciences qui étaient encore à peine séparées l'une de l'autre dans les esprits (théorie des éléments, absence de représentation de ce qu'est un élément chimique), en botanique, en zoologie, en anatomie humaine et animale, on ne pouvait jusque-là que rassembler des faits et les classer le plus systématiquement possible. La physiologie était pure conjecture, dès que l'on s'éloignait des choses les plus évidentes, - digestion et excrétion par exemple, - et il ne pouvait en être autrement tant que la circulation elle-même n'était pas connue. A la fin de cette période la chimie apparaît sous la forme primitive de l'alchimie.

.Si, après la sombre nuit du moyen âge, les sciences renaissent brusquement avec une force insoupçonnée et grandissent avec la rapidité du miracle, nous devons ce prodige derechef à la production. Premièrement, l'industrie s'était énormément développée depuis les Croisades et avait mis au jour une foule de faits nouveaux d'ordre mécanique (tissage, horlogerie, moulins), chimique (teinturerie, métallurgie, alcool) et physique (lunettes) ; non seulement ces faits fournissaient à l'observation d'énormes matériaux, mais encore ils constituaient eux-mêmes des moyens d'expérimentation déjà tout à fait différents de ceux du passé et permettaient la construction d'instruments *nouveaux*. On peut dire que ce n'est qu'à ce moment qu'une science expérimentale proprement systématique devient possible. Deuxièmement, toute l'Europe de l'ouest et du centre, y compris la Pologne, se développait maintenant comme un tout, bien que l'Italie tînt encore la tête en vertu de sa civilisation de tradition ancienne. Troisièmement, les découvertes géographiques, - provoquées exclusivement par la recherche du profit, donc, en dernière analyse, par les intérêts de la production, - apportaient une infinité de matériaux jusqu'alors inaccessibles dans le domaine de la météorologie, de la zoologie, de la botanique et de la physiologie (de l'homme). Quatrièmement, la *presse* existait ²⁰¹.

²⁰¹ A jouté en marge en lace de ce Paragraphe : « jusqu'ici on s'est seulement vanté de ce que la production doit à la science, mais la science doit infiniment plus à la production. » (O.G.I.Z.)

Maintenant, - abstraction faite de la mathématique, de l'astronomie et de la mécanique qui existaient déjà, - la physique se sépare définitivement de la chimie (Torricelli, Galilée; le premier nommé, à propos de constructions hydrauliques industrielles, étudie pour la première fois le mouvement des fluides, cf. Clerk Maxwell). Boyle fait de la chimie une science, Harvey en fait autant de la physiologie (humaine, mais aussi animale) grâce à la découverte de la circulation. Zoologie et botanique restent d'abord des sciences rassemblant des faits, jusqu'à ce que s'y ajoute la paléontologie - Cuvier - et bientôt après vient la découverte de la cellule et le développement de la chimie organique. De ce fait, la morphologie et la physiologie comparées sont rendues possibles et deviennent dès lors des sciences authentiques. A la fin du siècle dernier [XVIIIe] sont jetées les bases de la géologie, récemment celles de l'anthropologie, science mal nommée, qui assure la transition entre la morphologie et la physiologie de l'homme et des races humaines et l'histoire. A étudier plus en détail et à développer ²⁰².

Conception de la nature chez les anciens.

(HEGEL : *Histoire de la Philosophie*, tome I, Philosophie grecque ²⁰³.)

Aristote (*Métaphysique*, 1, 3) dit des premiers philosophes : ils affirment que « ce dont se compose tout Être et dont il est issu comme du principe premier et à quoi il retourne comme l'élément dernier... reste toujours le même en tant que substance [en grec dans le texte] et ne change que dans ses déterminations [en grec dans le texte], c'est l'élément [en grec dans le texte], et le principe [en grec dans le texte] de tout être... C'est pourquoi ils sont d'avis qu'aucune chose ne devient [en grec dans le texte] ni ne passe parce que la même nature se conserve toujours » (p. 198). Ainsi nous voyons déjà tout à fait se dessiner le matérialisme naturel spontané qui, au premier stade de son développement, considère tout naturellement comme allant de soi l'unité dans l'infinie diversité des phénomènes naturels et la recherche dans quelque chose de nettement physique, dans un corps particulier, comme Thalès dans l'eau.

Cicéron dit : « Thalès * de Milet... *aquam dixit esse initium rerum, Deum autem eam mentem, quae ex aqua cuncta fingeret* ²⁰⁴. » (*De natura deorum*, I, 10.) Hegel déclare très justement que c'est là une addition de Cicéron et ajoute :

Mais la question de savoir si Thalès a encore cru à Dieu par surcroît ne nous importe pas ici; il ne s'agit pas ici d'hypothèses, de croyances, de religion populaire... et qu'il ait parlé de Dieu comme de celui qui a créé toute chose à partir de cette eau, ne nous apprend rien de plus sur cet Être... c'est un mot vide sans son concept (p. 209), (environ 600-605 [av. notre ère]).

Les premiers philosophes grecs étaient en même temps des savants : Thalès était géomètre et fixa la durée de l'année à 365 jours; il aurait prédit, dit-on, une éclipse de

²⁰² Tiré des notes de la première liasse. 1875. (O.G.I.Z., Obs.)

²⁰³ Tiré des notes de la première liasse. Engels cite le 1er tome de *l'Histoire de la philosophie* de Hegel d'après la 1re édition allemande (Berlin 1833). (O.G.I.Z., Obs.)

* Souligné par Engels. (N.R.)

²⁰⁴ ...affirme que l'eau est le début de toute chose, mais que Dieu est cette intelligence qui crée toute chose à partir de l'eau. (N.R.)

soleil. - *Anaximandre* confectionna un cadran solaire, une sorte de carte [en grec dans le texte] de la terre et de la mer et divers instruments d'astronomie. - *Pythagore* était mathématicien.

Selon Plutarque (*Quaestiones convivales*²⁰⁵, VIII, 8), *Anaximandre* de Milet fait sortir l'homme d'un poisson, le fait passer de l'eau sur la terre (p. 213). Pour lui [en grec dans le texte] [l'infini * était le principe premier et l'élément], cependant qu'il ne le définit pas [en grec dans le texte] comme air, eau ou quelque chose d'autre (Diogène Laërte, II, § I). Hegel (p. 215) rend exactement cet infini par les mots : la « matière indéterminée » (vers 580).

Anaximène de Milet pose comme principe premier et élément fondamental l'air qui serait infini (Cicéron, *De natura deorum*, 1, 10). « Tout sortirait de lui, tout se résoudrait à nouveau en lui. » (Plutarque, *De placitis philosophorum*, 1, 3.) Ici l'air. [en grec dans le texte] = [en grec dans le texte] [souffle = esprit.] :

De même que notre âme qui est, de l'air nous maintient, de même un esprit [en grec dans le texte] et l'air maintiennent aussi le monde entier; l'esprit et l'air signifient la même chose (Plutarque)²⁰⁶.

L'âme et l'air sont conçus comme milieu universel (vers 555).

Aristote dit déjà que ces philosophes anciens placent l'essence primitive dans un mode de la matière l'air et l'eau (et, peut-être, *Anaximandre* dans une chose intermédiaire entre l'un et l'autre), plus tard *Héraclite* la place dans le feu, mais aucun d'eux ne la place dans la terre à cause de sa composition complexe [en grec dans le texte], *Métaphysique*, 1, 8 (p. 217)

D'eux tous Aristote dit judicieusement qu'ils laissent inexplicée l'origine du mouvement (p. 218 sq.).

Pythagore de Samos (vers 540) : Le nombre est le principe fondamental :

Le nombre est l'essence de toutes choses et l'organisation de l'univers dans ses déterminations se présente en général comme un système harmonieux des nombres et de leurs rapports *. (Aristote, *Métaphysique*, 1, 5 passim).

A juste titre, Hegel attire l'attention sur la hardiesse d'un tel discours qui élimine ainsi d'un seul coup tout ce que la représentation considère comme véritable et comme essentiel comme vrai) et supprime l'Être sensible,

plaçant l'essence dans une catégorie logique, si limitée et unilatérale soit-elle. De même que le nombre, l'univers est soumis aussi à des lois déterminées ; ainsi est exprimée pour la première fois l'idée que l'univers obéit à des lois. On attribue à *Pythagore* la réduction des harmonies musicales à des rapports mathématiques. De même :

²⁰⁵ Propos de table. (N.R.)

²⁰⁶ Il a été démontré par la suite que l'œuvre *De placitis philosophorum* n'était pas de Plutarque (c'est ce qu'on appelle le « Pseudo-Plutarque »). (O.G.I.Z., Obs.)

* Souligné par Engels, (N.R.)

Les pythagoriciens ont placé au centre le feu ; mais ils considèrent la terre comme une étoile qui décrit un cercle autour de ce corps central (Aristote, *De coelo*, II, 13).

Sans doute ce feu n'est pas le soleil; néanmoins, c'est là le premier pressentiment que la *terre se meut*.

Hegel au sujet du système planétaire:

Les lois de l'harmonie déterminent les distances [des planètes entre elles], les mathématiques ne sont toujours pas en mesure de les donner. On connaît exactement les chiffres empiriques ; mais tout a encore l'apparence de la contingence, non de la nécessité. On connaît la régularité approximative de ces distances et, grâce à elle, on a pressenti avec succès l'existence de planètes entre Mars et Jupiter, là où l'on a découvert plus tard Cérès, Vesta, Pallas, etc. ; mais l'astronomie n'a toujours pas trouvé dans ces distances une série logique, où il y ait de la raison, de l'entendement. Elle considère plutôt avec mépris l'idée d'une représentation de cette série qui ferait apparaître une relative régularité ; mais c'est en soi un point d'une extrême importance qui ne doit pas être abandonné (pp. 267-[268]).

Malgré tout le caractère naïvement matérialiste de leur conception d'ensemble, il y a déjà chez les premiers Grecs le germe de la scission ultérieure. Déjà chez Thalès, l'âme est quelque chose de particulier, différent du corps (il attribue aussi une âme à l'aimant), chez Anaximène elle est l'air (comme dans la Genèse), chez les pythagoriciens elle est déjà immortelle et migratrice, le corps est pour elle purement contingent. Chez les pythagoriciens aussi, l'âme est un « éclat de l'éther » [en grec dans le texte] (Diogène Laërte, VIII, 26-28), cependant que l'éther froid est l'air, l'éther compact et ferme, la mer et l'humidité.

Aristote fait aussi ce reproche judicieux aux pythagoriciens: avec leurs nombres, ils n'expliquent pas comment le mouvement naît et comment sans mouvement ni changement ont lieu le naître et le périr, ou même les états et les activités des choses célestes. (*Métaphysique*, II, 8.)

Pythagore aurait, dit-on, découvert l'identité de l'étoile du matin et de l'étoile du soir, et aussi que la lune reçoit sa lumière du soleil. Enfin, il découvrit le théorème de Pythagore.

On dit que Pythagore a fait une hécatombe²⁰⁷ lorsqu'il trouva ce théorème... Et il est remarquable que sa joie à ce propos fut si grande qu'il organisa une grande fête où les riches et tout le peuple étaient invités ; cela en valait la peine. Ce fut une réjouissance, une joie de l'esprit (de la connaissance)... aux frais des taureaux (p. 279).

Éléates.

*Leucippe et Démocrite*²⁰⁸.

²⁰⁷ Une hécatombe est un sacrifice de cent taureaux. (N.R.)

²⁰⁸ Tiré des notes de la première liasse. Cette note est écrite de la main de Marx et se compose de citations en grec (d'après l'édition Tauchnitz) tirées de la *Métaphysique* d'Aristote et des livres IX-X de Diogène Laërte. Elle a été rédigée en juin 1878 étant donné que les citations qui y figurent ont été utilisées par Engels dans l'ancienne

Leucippe et son disciple Démocrite prirent pour éléments le *Plein* et le *Vide*, qu'ils appelaient l'Être et le Non-Être. De ces principes, le *Plein* et le *Solide* (c'est-à-dire les atomes) c'est l'Être ; le *Vide* et le *Rare*, c'est le Non-Être. C'est pourquoi, à leur sens, l'Être n'a pas plus d'existence que le Non-Être... Ce sont là les causes des êtres comme matière. Et de même que ceux qui admettent l'unité de la substance prise comme sujet, engendrent tous les autres êtres au moyen des modifications de cette substance... de la même manière ces philosophes prétendent que *les différences dans les éléments* (c'est-à-dire dans les atomes) sont les causes de toutes les autres qualités. Or ces différences *sont, d'après eux, au nombre de trois : la figure, l'ordre et la position...* Ainsi A diffère de N *par la figure*, AN de NA *par l'ordre* et Z de N *par la position*. (Aristote : *Métaphysique*, livre I, chap. IV.)

Leucippe, le premier, a posé les atomes comme principe premier, et il les appelle les éléments. C'est d'eux que naissent les mondes infinis et c'est en eux qu'ils se résolvent. C'est ainsi que naissent les mondes. Une quantité de corps de toutes les formes possibles *se détachent de l'infini par coupure* et sont emportés dans le grand vide. En s'assemblant, ils *forment un tourbillon* dans lequel, se heurtant et tournant de toutes les manières, ils se séparent de telle sorte que le semblable se joint au semblable. Et étant donné que les uns, *qui sont maintenus en équilibre*, ne peuvent nullement tourner en cercle du fait de leur quantité, *ceux qui sont légers sont entraînés vers le vide extérieur* comme s'ils étaient passés au crible ; quant aux autres, ils restent unis et, s'entrelaçant, ils s'entrechoquent les uns les autres et forment tout d'abord une masse semblable à une sphère (Diogène Laërte, livre IX, chap. vi) ²⁰⁹.

Sur Épicure, ce qui suit :

Les atomes se meuvent d'une manière continue. Plus bas, il dit qu'ils se meuvent aussi *avec une vitesse égale*, car le vide laisse toujours également le libre passage *tant aux plus légers qu'aux plus lourds...* Et les atomes n'ont aucune autre qualité en dehors de *la figure, de la grandeur et de la pesanteur...* Et de plus, *toute grandeur ne leur est pas propre : personne -n'a jamais vu d'atome de ses yeux* (Diogène Laërte, livre X, § 43-44).

En outre il est nécessaire que les atomes aient une vitesse égale quand ils sont emportés à travers le vide et ne rencontrent aucun obstacle sur leur route. Car les atomes lourds ne sont pas emportés plus vite que les petits et les légers, du moins lorsque rien ne s'oppose à eux, et les petits ne sont pas emportés plus vite que les grands, *étant donné qu'ils ont tous un chemin égal*, lorsque rien ne s'oppose à eux (*ibid.*, § 61).

préface de *L'Anti-Dühring* (cf. p. 50). Tous les passages soulignés dans les citations le sont par Marx et les additions explicatives (entre parenthèses) sont de lui. La note occupe trois pages de petit format. Sur la dernière page, Marx n'a écrit que les trois premières lignes. Le reste de cette page contient, écrit de la main d'Engels, le fragment sur les rapports des savants et de la philosophie (cf. p. 213). (O.G.I.Z., Obs.)

²⁰⁹ Le travail de compilation de Diogène Laërte porte le titre. *Vies, opinions a maximes des philosophes célèbres*. Il a été écrit au début du nie siècle de notre ère. (O.G.I.Z., Obs.)

Donc Il est clair que dans tout genre [de choses] *l'un* représente par lui-même une nature déterminée et que pour toute chose cet un lui-même est la nature de celle-ci (Aristote : *Métaphysique*, livre IX, chap. 2).

Aristarque de Samos avait déjà, deux cent soixante-dix ans avant notre ère, avancé la théorie copernicienne de la terre et du soleil (Mädler ²¹⁰, p. 44, Wolf ²¹¹, pp. 35-37)

Démocrite avait déjà émis la supposition que la *Voie lactée* nous envoyait la lumière réunie d'innombrables petites étoiles (Wolf, p. 313) ²¹².

Différence de la situation à la fin du monde antique, vers 300, et à la fin du moyen âge, 1453 ²¹³.

1. Au lieu d'une mince zone civilisée le long de la côte méditerranéenne, qui étendait çà et là ses rameaux vers l'intérieur du continent et jusqu'à la côte atlantique d'Espagne, de France et d'Angleterre et qui pouvait donc facilement être coupée et prise à revers du nord par les Germains et les Slaves et du sud-est par les Arabes, - il y a maintenant un territoire civilisé compact - toute l'Europe occidentale avec la Scandinavie, la Pologne et la Hongrie comme avant-postes.

2. Au lieu de l'opposition entre Grecs ou Romains et Barbares, il y a maintenant, sans compter les Scandinaves, etc., six peuples civilisés avec des langues de culture, qui sont toutes assez développées pour pouvoir participer au prodigieux essor littéraire du XVe siècle et assurent à l'instruction une diversité bien plus grande, que les langues grecque et latine, déjà décadentes et mourantes à la fin de l'antiquité.

3. Un développement infiniment plus élevé de la production industrielle et du commerce, créés par la bourgeoisie du moyen âge ; d'une part, la production devenait plus parfaite, plus variée et plus massive ; d'autre part, les relations commerciales étaient considérablement plus développées, la navigation était devenue infiniment plus hardie dès l'époque des Saxons, des Frisons et des Normands ; et enfin la foule d'inventions (et l'importation d'inventions de l'Orient), qui non seulement rendirent possible l'introduction et la diffusion de la littérature grecque, les découvertes maritimes et la révolution religieuse bourgeoise, mais leur assurèrent aussi une portée tout autre et un rythme plus rapide; par-dessus le marché elles fournirent, bien qu'encore d'une manière désordonnée, une masse de faits scientifiques comme l'antiquité n'en avait jamais eu devant elle : l'aiguille aimantée, l'imprimerie, les caractères, le papier de lin (utilisé par les Arabes et les juifs espagnols depuis le XIIe siècle ; l'usage du papier de coton, apparu peu à peu au Xe siècle, était déjà bien plus développé au XIIIe et au XVe tandis que le papyrus depuis la conquête de l'Égypte par les Arabes avait disparu), la poudre à canon, les *lunettes*, LES HORLOGES MÉCANIQUES, qui marquaient un grand pas en avant aussi bien dans le *calcul du temps* qu'également en *mécanique*.

²¹⁰ Engels pense au livre de Mädler : *Der Wunderbau des Weltalls (La structure merveilleuse de l'univers)*, 3. Aufl. Berlin 1861. (O.G.I.Z., Obs.)

²¹¹ Engels pense au livre de Rudolf Wolf : *Geschichte der Astronomie (Histoire de l'astronomie)* Munich 1877. (O.G.I.Z., Obs.)

²¹² Tiré des notes de la quatrième liasse. (O.G.I.Z., Obs.)

²¹³ Tiré des notes de la première liasse. 1875. (O.G.I.Z., Obs.)

(Sur les inventions voir numéro 11 ²¹⁴ .)

En outre les matériaux fournis par es voyages (Marco Polo vers 1292, etc.)

Diffusion bien plus grande de la culture générale, bien qu'elle fût encore sommaire, grâce aux Universités.

L'antiquité se termine avec l'ascension de Constantinople et la chute de Rome ; la fin du moyen âge est indissolublement fiée à la chute de Constantinople. Les temps modernes commencent avec le retour aux Grecs. - Négation de la négation !

Éléments historiques. – Inventions ²¹⁵

Avant notre ère :

Pompe à incendie, horloge à eau environ 200 ans avant notre ère. Pavage des rues (Rome).

Parchemin vers 160.

Après J.-C. :

Moulin à eau *sur la Moselle*, environ 340; en Allemagne au temps de Charlemagne.

Première trace de verre à vitre, éclairage des rues à Antioche, vers 370.

Vers à soie apportés vers 550 de Chine en Grèce.

Plumes à écrire au *vie* siècle.

Papier de coton apporté de Chine chez les Arabes au VIIe siècle, au IXe en Italie.

Orgues hydrauliques en France au *ville* siècle.

Mines d'argent du Harz exploitées depuis le Xe siècle.

Moulins à vent vers l'an 1000.

Notes. Gamme de Guido d'Arezzo vers l'an 1000.

Élevage du ver à soie importé en Italie vers 1100.

Horloges à roue - d^o -

Aiguille aimantée des Arabes aux Européens vers 1180.

Pavage des rues à Paris, 1184.

Lunettes à Florence, miroir de verre,

Salaison des harengs, écluses,

Horloges à sonnerie, papier de coton en France

deuxième moitié
du XIIIe siècle.

Papier de chiffons, début XIVE.

Traite bancaire, milieu du même siècle.

Première papeterie en Allemagne (Nuremberg), 1390.

Éclairage des rues à Londres, début XVe.

Poste à Venise, - d^o -

Gravure sur bois et imprimerie, - d^o -

Gravure sur cuivre, milieu du même siècle.

Poste montée en France, 1464.

Mines d'argent de Saxe dans l'Erzgebirge, 1471,

Clavecin à pédale inventé en 1472.

Montres de poche, carabines à air comprimé, platine de fusil, fin XVe siècle.

Rouet, 1530.

Cloche à Plongeur, 1538.

²¹⁴ Engels a en vue la lie feuille de ses notes. Elle est donnée ci-dessous. (O.G.I.Z., Obs.)

²¹⁵ Tiré des notes de la première liasse, 1875. (O.G.I.Z., Obs.)

L'étude moderne de la nature, - la seule dont il peut être question en tant que science, à l'opposé des intuitions géniales des Grecs et des recherches sporadiques et sans lien entre elles des Arabes, - commence avec cette époque prodigieuse où la bourgeoisie brisa la domination du féodalisme, où apparut à l'arrière-plan de la lutte entre bourgeois des villes et noblesse féodale le paysan rebelle, et, derrière le paysan, les débuts révolutionnaires (le prolétariat moderne, déjà le drapeau rouge au poing et le communisme aux lèvres, - avec cette époque qui créa les grandes monarchies en Europe, brisa la dictature spirituelle du pape, ressuscita l'antiquité grecque et engendra en même temps le développement artistique le plus élevé des temps modernes, fit éclater les limites de l'ancien Orbis et découvrit à proprement parler la terre pour la première fois.

C'était la plus grande révolution que la terre eût jamais connue. L'étude de la nature, elle aussi, qui vécut et se développa dans l'atmosphère de cette révolution, fut révolutionnaire jusqu'à la moelle, marcha la main dans la main avec l'éveil de la philosophie moderne des grands Italiens et fournit ses martyrs sur les bûchers et aux cachots. Il est caractéristique que protestants et catholiques rivalisèrent pour la persécuter. Les uns brûlèrent Servet, les autres Giordano Bruno. Ce fut une époque qui avait besoin de géants et qui engendra des géants, géants de l'érudition, de l'esprit et du caractère. Ce fut l'époque que les Français appellent judicieusement la Renaissance, et l'Europe protestante, d'une façon unilatérale et bornée, la Réforme.

La science de la nature, elle aussi, a eu à cette époque sa déclaration d'indépendance, qui certes ne vint pas dès le début, tout comme Luther ne fut pas le premier protestant. Ce que fut dans le domaine religieux le geste de Luther jetant au feu la bulle du pape, ce fut dans la science de la nature le grand ouvrage de Copernic dans lequel, quoique avec timidité, après trente-six ans d'hésitations et, pourrait-on dire, sur son lit de mort, il défia la superstition ecclésiastique. Dès lors la science de la nature était, pour l'essentiel, émancipée de la religion, bien que la discrimination complète dans tous les détails ait duré jusqu'à nos jours, et que, dans bien des esprits, elle soit encore loin d'être achevée. Il n'empêche que le développement de la science avança dès lors, lui aussi, à pas de géant, il grandit, pourrait-on dire, en raison du carré de la distance décomptée dans le temps à partir de l'origine ; elle voulait, semble-t-il, montrer au monde que le mouvement de la suprême floraison de la matière organique, l'esprit humain, obéissait à une loi inverse de celle du mouvement de la matière non organique.

La première période de la science moderne de la nature se clôt - dans le domaine du monde non organique - avec Newton. C'était la période où elle acquit la maîtrise des matériaux donnés; elle accomplit de grandes choses dans le domaine de la mathématique, de la mécanique et de l'astronomie, de la statique et de la dynamique, en particulier grâce à Kepler et à Galilée, dont les conclusions ont été tirées par Newton. Mais, dans le domaine organique, on n'avait pas dépassé les premiers rudiments. L'étude des formes de vie qui se succèdent et s'évincent dans l'histoire, de même que celle des conditions changeantes de vie qui leur

²¹⁶ Tiré des notes de la première liasse. 1874. Ce fragment se présente comme la première ébauche de l'introduction publiée en tête de ce livre. (O.G.I.Z., Obs.)

correspondent, - la paléontologie et la géologie, - n'existent pas encore. La nature n'était somme toute pas considérée comme quelque chose qui se développe dans l'histoire, qui a son histoire dans le temps; on ne tenait compte que de l'extension dans l'espace; les diverses formes n'avaient pas été groupées par les savants selon leur succession, mais seulement selon leur juxtaposition ; l'histoire de la nature était valable pour tous les temps, comme les ellipses que décrivent les planètes, Pour toute étude plus poussée des formes de la vie organique, il manquait les deux bases primordiales, la chimie et la connaissance de la structure organique fondamentale, la cellule. La science de la nature, révolutionnaire à ses débuts, se trouvait en face d'une nature absolument conservatrice dans laquelle tout était, aujourd'hui encore, tel qu'il avait été depuis le commencement du monde, et dans laquelle, jusqu'à la fin du monde, tout resterait tel qu'il avait été dès le début.

Il est caractéristique (lue cette. conception conservatrice de la nature, aussi bien dans le domaine non organique que dans le domaine organique [...])²¹⁷.

Mathématique	Physique	Paléontologie	Physiologie végétale	Thérapeutique	Mathématique
Astronomie	Chimie	Géologie	Physiologie animale	Diagnostique	Astronomie
Mécanique		Minéralogie	Anatomie		Mécanique

Première brèche: Kant et Laplace. Deuxième: géologie et paléontologie (Lyell, développement lent). Troisième: chimie organique, qui produit des corps organiques et dégage la validité des lois chimiques pour les corps vivants. Quatrième : 1842 [Théorie] mécanique de la chaleur, Grove, Cinquième : Darwin, Lamarck, cellule, etc. (Luthe, Cuvier et Agassiz). Sixième : l'élément *comparatif* en anatomie, climatologie (isothermes), géographie animale et végétale (voyages d'exploration scientifiques depuis le milieu du XVIIIe siècle) géographie physique en général (Humboldt), la mise en liaison des matériaux. Morphologie (embryologie, Baer)²¹⁸.

La vieille téléologie s'en est allée au diable, mais maintenant la certitude est bien établie que, dans son cycle éternel, la matière se meut selon des lois qui, à un stade déterminé, - tantôt ici, tantôt là, - produisent nécessairement dans des êtres organiques l'esprit pensant.

L'existence normale des animaux est donnée dans les conditions simultanées à leur existence, dans lesquelles ils vivent et auxquelles ils s'adaptent ; celles de l'existence de l'homme, dès qu'il se différencie de l'animal au sens étroit du terme, sont absolument inédites ; elles doivent d'abord être élaborées par le développement historique qui suit. L'homme est le seul animal qui puisse sortir par le travail de l'état purement animal ; son état normal est celui qui correspond à la conscience et qu'il doit lui-même créer.

Fragment retranché du Feuerbach²¹⁹.

²¹⁷ Cette phrase est restée inachevée. (N.R.)

²¹⁸ Jusqu'ici tout le texte de la note est barré dans le manuscrit d'un trait vertical, car Engels l'a utilisé dans la première partie de l'introduction (Cf. pp. 29-38). Ensuite viennent encore deux paragraphes partiellement utilisés dans la deuxième partie de l'introduction (ci. p. 38-46), mais non barrés dans le manuscrit. (O.G.I.Z., Obs.)

²¹⁹ C'est ce titre que porte le fragment dans le sommaire de la deuxième liasse de matériaux de *Dialectique de la Nature* où il a été placé par Engels lui-même. Il comprend 4 pages du manuscrit primitif de *Ludwig Feuerbach* portant les numéros 16, 17, 18 et 19. En haut de la page 16 on lit, de la main d'Engels: « Aus Ludwig Feuerbach. » Ce fragment fait partie du 2e chapitre du *Feuerbach* et devait venir immédiatement à la suite de la caractéristique des trois « étroitesse » fondamentales des matérialistes français du XVIIIe siècle. Lors de la mise

(Les vulgarisateurs ambulants tu « faisaient » dans le matérialisme entre 1850 et 1860, en Allemagne, ne dépassèrent en aucune manière ce point de vue limité de leurs maîtres²²⁰. Tous les progrès faits depuis dans la science de la nature leur servirent] de nouveaux arguments contre la croyance au créateur de l'univers ; et en fait leur entreprise n'était nullement de développer la théorie plus avant. 1848 avait durement atteint l'idéalisme, mais le matérialisme, sous cette forme renouvelée, était tombé plus bas encore. Feuerbach avait parfaitement raison de décliner la responsabilité de ce matérialisme-là, seulement il n'avait pas le droit de confondre la théorie des prédicateurs ambulants avec le matérialisme en général.

Mais, vers cette même époque, la science de la nature empirique prit un tel essor et obtint des résultats si éclatants que non seulement cela permit de triompher complètement de l'étroitesse mécaniste du XVIIIe siècle, mais, grâce à la démonstration qui fut faite des liens existant dans la nature même entre les différents domaines de recherches (mécanique, physique, chimie, biologie, etc.), la science de la nature se transforma elle-même de science empirique en science théorique, et, avec la synthèse des résultats acquis, en un système de connaissance matérialiste de la nature. La mécanique des gaz, la chimie organique nouvellement créée qui dépouilla l'une après l'autre ce qu'on appelait les combinaisons organiques de leur dernier reste de mystère en les produisant à l'aide de matières inorganiques, l'embryologie scientifique qui datait de 1818, la géologie et la paléontologie, l'anatomie comparée des plantes et des animaux fournirent une matière nouvelle dans des proportions inouïes jusque-là. Mais trois grandes découvertes furent d'une importance décisive.

La première fut la preuve de la transformation de l'énergie découlant de la découverte de l'équivalent mécanique de la chaleur (par Robert Mayer, joule et Colding). Il est prouvé maintenant que toutes les innombrables causes agissant dans la nature, qui, jusqu'alors, menaient sous la dénomination de forces une existence mystérieuse, inexpiquée, - la force mécanique, la chaleur, le rayonnement (lumière et chaleur rayonnante), l'électricité, le magnétisme, la force chimique de combinaison et de décomposition, - sont des formes, des modes d'existence particuliers d'une seule et même énergie, c'est-à-dire du mouvement ; non seulement nous pouvons prouver que leur transformation, leur passage d'une forme à l'autre se produit continuellement dans la nature, mais nous pouvons les réaliser elles-mêmes dans le laboratoire et l'industrie, et cela de telle façon qu'à une quantité donnée d'énergie sous une forme correspond toujours une quantité déterminée donnée d'énergie sous telle ou telle autre forme. Ainsi nous pouvons exprimer l'unité de quantité de chaleur en kilogrammètres, et les unités ou quantités quelconques d'énergie électrique ou chimique à leur tour en unités de quantité de chaleur et inversement ; de même nous pouvons mesurer la quantité d'énergie reçue ou dépensée par un organisme vivant et l'exprimer dans une unité quelconque, par exemple, en unités de quantité de

au point définitive du manuscrit de *Ludwig Feuerbach*, Engels retira ces 4 pages et leur substitua un autre texte, mais il a donné sous une forme abrégée le contenu de ces pages, retranchées au chapitre II (les trois grandes découvertes de la science de la nature au XIXe siècle), dans le chapitre IV du *L. Feuerbach*. L'œuvre d'Engels fut publiée sous cette forme dans les numéros d'avril et mai 1886 de la *Neue Zeit*, ce qui permet de situer la rédaction de ce fragment dans le 1er trimestre 1886. Sur la première page du fragment (qui porte le no 16), le texte commence au milieu d'une phrase. Le début de la phrase, restitué d'après le texte du *Feuerbach* publié dans la *Neue Zeit* est entre []. (O.G.I.Z., Obs.)

²²⁰ Les matérialistes français du XVIIIe siècle. (N.R.)

chaleur. L'unité de tout le mouvement dans la nature n'est plus une affirmation philosophique, mais un fait scientifique.

La deuxième découverte, - quoique antérieure dans le temps, - est celle de la cellule organique par Schwann et Schleiden, de la cellule en tant qu'unité d'où naissent et grandissent par multiplication et différenciation tous les organismes, à l'exception des plus inférieurs. C'est grâce à cette découverte seulement que l'étude des produits organiques vivants de la nature, - aussi bien l'anatomie et la physiologie comparées que l'embryologie, - a trouvé un terrain solide. On avait dépouillé de leur secret la formation, la croissance et la structure des organismes; le miracle, jusqu'ici incompréhensible, s'était résolu en un processus s'accomplissant selon une loi essentiellement identique pour tous les organismes pluricellulaires.

Mais il restait encore une lacune essentielle. Si tous les organismes pluricellulaires, - plantes, ainsi qu'animaux, y compris l'homme, - sont issus chacun d'une seule cellule selon la loi de la division cellulaire, d'où vient alors la diversité infinie de ces organismes ? C'est à cette question qu'a répondu la troisième grande découverte la théorie de l'évolution exposée et fondée pour la première fois par Darwin de façon systématique. Quelles que soient les transformations diverses par lesquelles cette théorie passera encore dans le détail, dans l'ensemble elle résout dès maintenant le problème de manière plus que suffisante. La preuve est établie dans ses grandes lignes de la série évolutive des organismes à partir de quelques organismes simples jusqu'aux organismes de plus en plus variés et de plus en plus compliqués, tels que nous les voyons aujourd'hui sous nos yeux, pour s'élever jusqu'à l'homme; ce qui permet non seulement l'explication des produits organiques de la nature existant actuellement, mais le fondement de la préhistoire de l'esprit humain, de la recherche des différents stades d'évolution depuis le simple protoplasme sans structure, mais sensible aux excitations, des organismes inférieurs jusqu'au cerveau pensant de l'homme. Or, sans cette préhistoire, l'existence du cerveau pensant de l'homme reste un miracle.

Avec ces trois grandes découvertes, les processus principaux de la nature sont expliqués, ramenés à leur cause naturelle. Une seule chose reste encore à faire ici : expliquer la naissance de la vie à partir de la nature inorganique. Au stade actuel de la science, cela ne signifie pas autre chose que produire des albuminoïdes à l'aide de substances non organiques. La chimie approche de plus en plus de la solution de ce problème. Elle en est encore très loin. Mais, si nous réfléchissons que c'est seulement en 1828 que Wœhler a obtenu le premier corps organique, l'urée, avec des matériaux inorganiques et que l'on prépare maintenant des combinaisons organiques innombrables de façon artificielle, sans aucune substance organique, nous n'allons pas donner à la chimie l'ordre de faire a halte » devant l'albumine. jusqu'à présent, elle peut produire toute substance organique dont elle connaît exactement la composition. Dès que sera connue la composition des corps albuminoïdes, elle pourra procéder à la production de l'albumine vivante. Mais ce serait exiger un miracle qu'elle dût du jour au lendemain produire ce que la nature elle-même ne réussit à réaliser que dans des circonstances très favorables, sur quelques corps célestes au bout de millions d'années.

De cette manière la conception matérialiste de la nature s'appuie aujourd'hui sur des bases tout autrement solides qu'au siècle dernier. Alors, on ne comprenait de façon

pour ainsi dire exhaustive que le mouvement des corps célestes et celui des corps solides terrestres sous l'influence de la pesanteur ; presque tout le domaine de la chimie et la nature organique tout entière restaient des mystères incompris. Aujourd'hui, toute la nature s'étale devant nous comme un système d'enchaînements et de processus expliqué et compris, au moins dans ses grandes lignes. Il est vrai que la conception matérialiste de la nature ne signifie rien d'autre qu'une simple intelligence de la nature telle qu'elle se présente, sans adjonction étrangère, et c'est pour cela qu'à l'origine elle était l'évidence même chez les philosophes grecs. Mais, entre ces anciens Grecs et nous, il y a plus de deux millénaires de conception essentiellement idéaliste du monde ; aussi le retour à l'évidence est-il plus difficile qu'il apparaît au premier coup d'œil. Car il ne s'agit nullement de rejeter purement et simplement tout le contenu de pensée de deux millénaires, mais de le critiquer, de dégager de cette forme passagère les résultats acquis au sein de la forme idéaliste fautive, mais inévitable pour son temps et pour la marche du développement même. Et la preuve que la chose est difficile, ce sont ces nombreux savants qui, dans leur science même, sont des matérialistes inexorables, mais, en dehors de celle-ci, sont non seulement des idéalistes, mais même des chrétiens pieux, voire orthodoxes.

Tous ces progrès de la science de la nature, qui firent époque, passèrent à côté de Feuerbach sans le toucher sérieusement. Ce fut moins sa faute que celle des conditions lamentables de l'Allemagne qui faisaient que les chaires des universités étaient accaparées par 'éclectiques coupeurs de cheveux en quatre au cerveau vide, alors que Feuerbach, qui les dépassait de cent coudées, était obligé de s'empaysanner dans la solitude de son village perdu. Et c'est pourquoi force lui est, - à côté de certaines synthèses géniales, de moudre tant de belles phrases vides sur la nature. C'est ainsi qu'il dit :

Il est vrai que la vie n'est pas le produit d'un processus chimique, elle n'est pas somme toute le produit d'une force naturelle isolée ou d'un phénomène, à quoi le matérialiste métaphysique réduit la vie; elle est un résultat de la nature tout entière ²²¹.

Que la vie soit un résultat de la nature tout entière, cela ne contredit nullement le fait que l'albumine qui en est le substrat indépendant, exclusif, naisse dans des conditions déterminées, données par tout l'enchaînement de la nature, nuis qu'elle naisse précisément comme le produit d'un processus chimique. [Si Feuerbach avait vécu dans des circonstances lui permettant de suivre, ne fût-ce que superficiellement, le développement de la science de la nature, il n'aurait jamais été amené à parler d'un processus chimique comme de l'effet d'une force isolée de la nature. ²²²]

C'est à cette même solitude qu'il faut attribuer le fait que Feuerbach se perd dans une série de spéculations stériles et tournant en rond au sujet des rapports de la pensée avec l'organe pensant, le cerveau, - domaine dans lequel Starcke le suit avec prédilection.

²²¹ Cette citation est tirée du livre de STARCKE: *Ludwig Feuerbach*, Stuttgart 1885, pp. 154-155. Elle est extraite de l'œuvre de Feuerbach de 1846 : *Die Unsterblichkeitsfrage vom Standpunkt der A Anthropologie* (La question de l'immortalité du point de vue de l'anthropologie). (*O.G.I.Z.*, Obs.)

²²² Cette phrase est barrée par Engels dans le manuscrit (N.R.)

Il suffit. Feuerbach se cabre contre l'appellation de matérialisme. Et ce n'est pas tout à fait à tort ; car il ne dépouillera jamais complètement l'idéaliste. Dans le domaine de la nature, il est matérialiste; mais dans le domaine de ...²²³.

Dieu n'est nulle part plus maltraité que par les savants qui croient en lui²²⁴. Les matérialistes expliquent simplement l'état des choses sans recourir à ce genre de phraséologie ; ils ne le font que lorsque des croyants importuns veulent leur imposer Dieu, et alors ils répondent brièvement, soit comme Laplace : « Sire, je n'avais, etc.²²⁵ », soit plus vertement, à la manière des commerçants hollandais qui habituellement mettent à la porte les commis voyageurs allemands essayant de leur imposer leur camelote, avec ces mots : « ik kan die Zaken niet gebruiken²²⁶ » et l'affaire est liquidée. Mais qu'est-ce que Dieu n'a pas dû supporter de la part de ses défenseurs ! Dans l'histoire des sciences modernes de la nature, Dieu est traité par eux comme Frédéric-Guillaume III par ses généraux et ses fonctionnaires dans la campagne d'Iéna. Un corps d'armée dépose les armes après l'autre, une forteresse capitule après l'autre devant l'assaut de la science, jusqu'à ce qu'elle ait finalement conquis tout le domaine infini de la nature et qu'il ne reste plus place en elle pour le créateur. Newton lui laissait encore « l'impulsion première », mais ne souffrait aucune autre intrusion dans son système solaire. Le père Secchi lui rend certes tous les honneurs canoniques, mais ne l'en éconduit pas moins de façon catégorique de son système solaire, et ne lui permet plus guère un acte de création qu'en ce qui concerne la nébuleuse primitive. Et il en va de même dans tous les domaines. En biologie, son dernier grand Don Quichotte, Agassiz, le croit même positivement capable d'absurdité : il doit créer non seulement les animaux existant réellement, mais même les animaux abstraits, le poisson en tant que tel ! Et en fin de compte Tyndall va jusqu'à lui interdire totalement l'accès de la nature et le relègue au monde des émotions, ne le tolérant que parce qu'il faut bien qu'il y ait quelqu'un si en sache plus sur toutes ces choses (de la nature) que John Tyndall²²⁷ !

Comme nous sommes loin du vieux Dieu, créateur du ciel et de la terre, soutien de toutes choses, sans lequel aucun cheveu ne peut tomber du crâne !

Le besoin émotionnel de Tyndall ne prouve rien. Le chevalier Des Grieux avait aussi le besoin émotionnel d'aimer et de posséder Manon Lescaut, qui se vendait et le vendait à n'en plus finir. Pour l'amour d'elle, il fut tricheur et maquereau et, si Tyndall veut maintenant lui faire des reproches, il lui répond par son « besoin émotionnel » !

Dieu = *nescio* ; *mais ignorantia mon est argumentum* (Spinoza)²²⁸.

²²³ Ici s'arrête la page 19 du manuscrit primitif de L. Feuerbach. La suite de cette phrase se trouvait sur la page suivante qui ne nous est pas parvenue. D'après le texte du Ludwig Feuerbach, on peut supposer que la phrase est sans doute: « Mais dans le domaine de l'histoire des hommes il est idéaliste. » (O.G.I.Z., Obs.)

²²⁴ Tiré des notes de la 1re liasse, 1874. (O.G.I.Z., Obs.)

²²⁵ « Sire, je n'avais pas besoin de cette hypothèse. » Réponse de Laplace à Napoléon qui lui demandait pourquoi il n'avait pas mentionné Dieu dans sa mécanique céleste. (N.R.)

²²⁶ Je ne puis rien faire de cela. (N.R.)

²²⁷ Engels fait allusion au discours de Tyndall à la séance de l'Association scientifique britannique à Belfast, le 19 août 1874 (publié par la revue *Nature* du 20 août 1874). Dans sa lettre à Marx du 21 septembre 1874, Engels donne une caractéristique plus détaillée de ce discours. (O.G.I.Z. Obs.)

²²⁸ Je ne sais pas. - L'ignorance n'est pas un argument. (N.R.)

Büchner ²²⁹.

Naissance du courant. La philosophie allemande se résout en matérialisme. Élimination du contrôle sur la science. jaillissement soudain d'un torrent de vulgarisation platement matérialiste, dont le matérialisme devait compenser le manque de valeur scientifique. Floraison juste au moment de la plus profonde humiliation de l'Allemagne bourgeoise et de la science officielle, - 1850-1860. Vogt, Moleschott, Büchner. Assurance mutuelle. - Regain d'activité grâce à la mise à la mode du darwinisme, que ces messieurs ont accaparé immédiatement.

On pourrait les laisser en paix et les abandonner à leur entreprise, qui n'est pas après tout si blâmable, bien qu'étroitement limitée, d'inculquer au philistin allemand l'athéisme, etc., mais il y a : 1° les insultes à l'adresse de la philosophie (citer des passages) ²³⁰ qui constitue malgré tout la gloire de l'Allemagne, et 2° la prétention d'appliquer à la société la théorie des sciences de la nature et de réformer le socialisme. Tout ceci nous oblige à leur prêter attention.

Premièrement : que donnent-ils dans leur propre domaine ? Citations.

2° Brusque volte-face, pp. 170-171. D'où vient brusquement cet élément hégélien ²³¹ ? Passage à la dialectique.

Deux courants philosophiques : le courant métaphysique avec des catégories immuables, le courant dialectique (Aristote et surtout Hegel) avec des catégories fluides; les preuves que ces oppositions immuables : fondement et conséquence, cause et effet, identité et différence, apparence et essence ne résistent pas à la critique, que l'analyse montre l'un des pôles contenu déjà *in nuce* [en germe] dans l'autre, qu'à un point déterminé un pôle se convertit en l'autre et que toute la logique

²²⁹ C'est par ce fragment intitulé « Büchner » que s'ouvre la première liasse de notes de *Dialectique de la nature*. Immédiatement après, dès la première feuille du manuscrit, vient le fragment sur la dialectique de la science de la nature se rapportant à mai 1873. Mais plus loin, à la fin de la même page du manuscrit, sont déjà jetées quelques remarques complémentaires au sujet de « la prétention de Büchner de juger du socialisme et de l'économie politique ». Dans la présente édition, ces remarques sont données immédiatement à la suite du 1er fragment dont elles sont séparées par un filet. Le fragment sur Büchner, ainsi que les notes complémentaires en question, sont probablement le résumé d'un travail qu'Engels se proposait d'écrire contre Büchner et les représentants du matérialisme vulgaire. A en juger par le fait que ce résumé est écrit sur la même feuille que fragment sur la dialectique de la science de la nature et entremêlé à lui, on peut supposer qu'il a été écrit dans la première moitié de 1873. (O.G.I.Z., Obs.)

²³⁰ Büchner ne connaît la philosophie qu'en dogmatique; bien plus, il est lui-même un dogmatique, un de ces épigones de la plus plate philosophie allemande des lumières, un dogmatique chez qui se sont perdus l'esprit et le mouvement des grands matérialistes français (Hegel à leur sujet) - tout comme chez Nicolai s'est perdu l'esprit de Voltaire. Lessing : le chien crevé Spinoza «Hegel) *Encyclopédie*, Préf. 19)*. (*Note d'Engels*).

* Engels fait allusion au passage suivant de Hegel: « Lessing disait en son temps que les gens traitent Spinoza comme un chien crevé. » Hegel traite des matérialistes français au tome III de *son Histoire de la philosophie*. (O.G.I.Z., Obs.)

²³¹ En mentionnant les pages 170-171, Engels fait sans doute allusion à l'œuvre principale de Büchner: *Kraft und Stoff* (Force et matière) publiée pour la première fois en 1855 et qui avait connu jusqu'alors plus de douze éditions. On peut supposer qu'Engels se sert de la 7e édition (Leipzig 1862) où l'on trouve p. 170 le raisonnement suivant : « Nous n'aurions pas l'idée de l'obscur sans le lumineux, nous ne nous représenterions pas le haut sang le bas, le chaud sans le froid, etc. » (O.G.I.Z., Obs.)

ne se développe qu'à partir de ces oppositions en mouvement progressif. - Chez Hegel lui-même, cela est mystique, puisque les catégories apparaissent chez lui comme préexistantes et la dialectique du monde réel comme leur pur reflet. En réalité, c'est l'inverse : la dialectique dans la tête n'est que le reflet des formes du mouvement du monde réel, tant de la nature que de l'histoire. jusqu'à la fin du siècle dernier et même jusqu'en 1830, les savants s'en tiraient à peu près à l'aide de la vieille métaphysique, puisque la science effective n'allait pas au-delà de la mécanique (terrestre et cosmique). Cependant les mathématiques supérieures apportaient déjà une certaine confusion en considérant la vérité éternelle des mathématiques élémentaires comme un point de vue dépassé, en affirmant souvent le contraire et en posant des principes qui sont, aux yeux des mathématiques élémentaires, pure absurdité. Ici, les catégories figées fondaient, les mathématiques étaient arrivées sur un terrain où même des relations aussi simples que celles de la pure quantité abstraite, le mauvais infini, prenaient un aspect parfaitement dialectique et obligeaient les mathématiciens, spontanément et contre leur gré, à devenir dialecticiens. Rien de plus comique que les faux-fuyants, les mauvais subterfuges et les expédients des mathématiciens pour résoudre cette contradiction, réconcilier les mathématiques supérieures et élémentaires, s'expliquer que ce qui se livrait à eux comme un résultat indéniable n'était pas pure stupidité - et, en général, pour expliquer rationnellement le point de départ, la méthode et les résultats des mathématiques (le l'infini).

Mais maintenant tout cela a changé La chimie, la divisibilité abstraite du physique, le mauvais infini, - l'atomistique. La physiologie, - la cellule (le processus de développement organique tant des individus que des espèces par différenciation est la preuve la plus flagrante de la dialectique rationnelle), et, enfin, l'identité des forces de la nature et leur conversion réciproque, qui a nus fin à toute fixité des catégories. Cependant la masse des savants reste toujours empêtrée dans les vieilles catégories métaphysiques et elle se montre désespérée quand il s'agit d'expliquer rationnellement et de relier entre eux ces faits modernes, qui administrent, pour ainsi dire, la preuve de la dialectique dans la nature. Or ici, qu'on le veuille ou non, il fallait penser: on ne peut observer l'atome et la molécule etc., à l'aide du microscope, mais seulement au moyen de la pensée. Cf. les chimistes (sauf Schorlemmer, qui connaît Hegel) et la « pathologie cellulaire » de Virchow, où, en fin de compte, ce sont des phrases générales qui doivent masquer le désarroi de l'auteur. La dialectique dépouillée du mysticisme devient une nécessité absolue pour la science de la nature, qui a quitté le domaine où suffisaient les catégories fixes, représentant pour ainsi dire les mathématiques élémentaires de la logique, son emploi pour les besoins domestiques. La philosophie exerce une vengeance posthume sur la science de la nature coupable de l'avoir abandonnée. Et cependant les savants auraient pu voir déjà, d'après l'exemple des succès de la philosophie dans la science de la nature, que, dans toute cette philosophie, il y avait quelque chose qui les battait sur leur propre terrain (Leibniz, fondateur de la mathématique de l'infini, en comparaison duquel cet âne de l'induction qu'est Newton²³² fait figure de plagiaire et de gâcheur²³³; Kant - théorie de l'origine du monde avant Laplace ; Oken - le premier

²³² Engels pense à l'étroitesse des vues philosophiques de Newton, surestimant de façon unilatérale la méthode de l'induction, et à son attitude négative envers les hypothèses, qui s'exprime dans les paroles connues : « Hypotheses non fingo ».

²³³ De nos jours on tient pour certain que Newton a découvert le calcul différentiel et intégral indépendamment de Leibniz et avant lui ; mais Leibniz, parvenant à cette découverte par une voie indépendante, lui a donné une

en Allemagne à adopter la théorie de l'évolution; Hegel, chez qui la synthèse [...] ²³⁴ des sciences de la nature et leur groupement rationnel est une œuvre plus grande que toute la niaiserie matérialiste prise en bloc).

A propos de la prétention de Büchner de juger du socialisme et de l'économie politique en fonction de la lutte pour l'existence: Hegel (*Encycl.*, I, p. 9) au sujet du métier de cordonnier ²³⁵.

A propos de la politique et [du] socialisme l'entendement que le monde a attendu (p. 11) ²³⁶.

Extériorité, contiguïté et succession. Hegel *Enc.* p. 35, comme détermination du sensible, de la représentation ²³⁷.

Hegel : *Enc.* p. 40. Phénomènes de la nature ²³⁸, mais chez Büchner on ne pense pas, on copie seulement, d'où inutile de penser.

p. 42. Solon a « tiré » ses lois « de sa tête » ²³⁹, - Büchner peut en faire autant pour la société moderne.

p. 45. Métaphysique - science des choses ²⁴⁰ - non des mouvements.

p. 53. « Dans l'expérience, ce qui importe, c'est l'esprit avec lequel on aborde la réalité. Un grand esprit fait de grandes expériences et voit dans le jeu, bigarré des phénomènes ce qui a de l'importance. »

p. 56. Parallélisme entre l'individu humain et l'histoire ²⁴¹ = parallélisme entre l'embryologie et la paléontologie.

forme bien plus perfectionnée. Deux ans après avoir écrit ce fragment, Engels donnait déjà une opinion plus correcte sur cette question (Cf. p. 264). (O.G.I.Z., Obs.)

²³⁴ Mot non déchiffré, le manuscrit portant une tache d'encre à cet endroit (O.G.I.Z., Obs.)

²³⁵ Engels pense au passage suivant de la *Petite Logique* de Hegel (Enc. I,9) : « On accorde qu'il faut avoir étudié les autres sciences pour les connaître et que c'est seulement sur la base d'une telle connaissance qu'on a le droit de porter un jugement sur elles. On accorde que pour fabriquer un soulier il faut avoir appris le métier et s'y être exercé... Il n'y a que pour la philosophie elle-même que ce genre d'étude et de travail ne serait pas nécessaire. » (O.G.I.Z., Obs.)

²³⁶ HEGEL: Enc. I, II: « Mais la séparation de l'idée et de la réalité est particulièrement en faveur auprès de l'entendement qui... tire vanité du devoir... comme si le monde l'avait attendu (l'entendement) pour apprendre comment il devait être. » (N.R.)

²³⁷ HEGEL: Enc. I, 35: « Ce qui différencie le sensible de la pensée, c'est que la détermination du premier est la singularité et, du fait que le singulier (d'une façon tout à fait abstraite: l'atome) est aussi en liaison, le sensible est une extériorité, dont les formes abstraites plus proches sont la contiguïté et la succession. » (N.R.)

²³⁸ HEGEL: Enc. 40-41: « L'homme n'est pas satisfait de la simple connaissance, du phénomène purement sensible; il veut éclaircir la chose, il veut savoir ce qu'il est, il veut le concevoir... La nature nous montre une foule infinie de formes et de phénomènes singuliers; nous avons le besoin de mettre de l'unité dans cette multiplicité; c'est pourquoi nous comparons et cherchons à connaître ce qu'il y a d'universel en chacun. » (N.R.)

²³⁹ HEGEL: Enc. I, 42: « Ce qui est le résultat de la réflexion est un produit de notre pensée. Ainsi, p. ex., Solon a tiré de sa tête les lois qu'il a données aux Athéniens. » (N.R.)

²⁴⁰ HEGEL: Enc. 45: « La logique coïncide donc avec la métaphysique, science des choses conçues en pensées qui passaient pour exprimer les essences des choses. » (N.R.)

²⁴¹ Engels pense au raisonnement de Hegel sur le passage de l'état de spontanéité naïve à l'état de réflexion: a L'éveil de la conscience a pour cause la nature de l'homme lui-même et ce processus se répète en chaque homme. » (O.G.I.Z., Obs.)

De même que Fourier est *a mathematical poem* [un poème mathématique]²⁴², et pourtant n'a pas perdu son importance, de même Hegel est *a dialectical poem* [un poème dialectique]²⁴³.

La fausse *théorie de la Porosité*²⁴⁴ (d'après laquelle les diverses pseudo-matières – substance calorique, etc. - sont situées dans les pores l'une de l'autre et néanmoins ne s'interpénètrent pas) est représentée par Hegel (*Enc.*, 1, 259) comme une pure *fiction de l'entendement*. Cf. aussi *Logique*²⁴⁵.

Hegel, *Encyclopédie*, I, pp. 205-206²⁴⁶, passage prophétique sur les poids atomiques pour compenser les conceptions physiques de l'époque et à propos de l'atome, de la molécule en tant que déterminations de *la pensée*, dont *la pensée* doit trancher²⁴⁷.

Si Hegel considère la nature comme une manifestation de l'« Idée » éternelle dans l'aliénation et si cela est un crime si grave, que devons-nous dire du morphologiste Richard Owen qui écrit :

L'idée archétype sous ses diverses manifestations était incarnée sur cette planète longtemps avant l'existence des espèces animales qui la réalisent maintenant. (*Nature of Limbs*, 1849)²⁴⁸.

Si c'est un savant mystique qui dit cela, sans penser à rien en le disant, cela passe; mais, si c'est un philosophe qui en le disant pense quelque chose, et même au fond une chose juste, bien que présentée à l'envers, c'est du mysticisme et un crime inouïe.²⁴⁹

*Pensée de savant*²⁵⁰ - Le plan de la création d'Agassiz, selon lequel Dieu opère sa création en commençant par l'universel, puis en passant au particulier et ensuite à l'individuel, créant d'abord le vertébré en tant que tel, puis le mammifère en tant que tel, le carnassier en tant que tel, le félin en tant que tel et enfin seulement le lion, etc. ! C'est-à-dire d'abord des concepts abstraits sous l'aspect de choses concrètes, puis les choses concrètes ! (CL Haeckel, p. 59)²⁵¹.

²⁴² W. Thomson appelle le livre du mathématicien français J.-B. FOURIER: *Théorie analytique de la chaleur* (Paris 1822) Un « poème mathématique ». Cf. L'annexe au livre de THOMSON et TAIT : *Treatise of Natural Philosophy*. Dans le résumé qu'Engels a fait du livre de Thomson et Tait, ce passage est copié et souligné. (O.G.I.Z., Obs.)

²⁴³ Tiré des notes de la première liasse. Manuscrit au crayon. (O.G.I.Z., Obs.)

²⁴⁴ Tiré des notes de la première liasse. 1874. (O.G.I.Z., Obs.)

²⁴⁵ C'est-à-dire la *Grande Logique*. (O.G.I.Z., Obs.)

²⁴⁶ Dans le passage en question, Hegel polémique contre les physiciens qui expliquent la différence des poids spécifiques des corps par le fait qu'« un corps dont le poids spécifique est le double de celui d'un autre contient dans le même espace deux fois autant de parties matérielles (d'atomes) que l'autre ». (O.G.I.Z., Obs.)

²⁴⁷ Tiré des notes de la quatrième liasse. (O.G.I.Z., Obs.)

²⁴⁸ Richard OWEN: *On the Nature of Limbs (De la nature des membres)*, Londres, 1849, p. 86. (N.R.)

²⁴⁹ Tiré des notes de la quatrième liasse. (O.G.I.Z., Obs.)

²⁵⁰ Tiré des notes de la première liasse. 1874. (O.G.I.Z., Obs.)

²⁵¹ Engels pense au livre connu de Haeckel : *Natürliche Schöpfungsgeschichte (Histoire naturelle de la création)* paru pour la 1^{re} fois en 1868 et souvent réédité par la suite. Il utilise vraisemblablement la 4^e édition (Berlin

Dans le cas de Oken (Haeckel, p. 85, sq.)²⁵² apparaît clairement le non-sens qui résulte du dualisme entre la science de la nature et la philosophie. Par la voie de la pensée, Oken découvre le protoplasme et la cellule, mais il ne vient à l'idée de personne de poursuivre la question par la recherche scientifique - c'est la *pensée qui doit la résoudre* ! Et, quand le protoplasme et la cellule sont découverts, tout le monde s'est détourné d'Oken !²⁵³

Hofmann (*Un siècle de chimie sous les Hohenzollern*)²⁵⁴ cite la philosophie de la nature. Citation tirée de Rosenkranz²⁵⁵, ce littérateur qu'aucun hégélien véritable ne reconnaît. Rendre la philosophie de la nature responsable de Rosenkranz est tout aussi stupide que lorsque Hofmann rend les Hohenzollern responsables de la découverte du sucre de betterave par Margraff²⁵⁶.

*Théorie et empirisme*²⁵⁷. Newton avait établi par la théorie l'aplatissement du globe terrestre. Cependant, longtemps après encore, les Cassini²⁵⁸ et autres Français prétendaient, en s'appuyant sur leurs mesures empiriques, que la terre était un ellipsoïde et que l'axe passant par les pôles était le plus long.

Le mépris des empiristes pour les Grecs trouve une illustration particulière, quand on lit, par exemple, chez Th. Thomson (*On Electricity*)²⁵⁹ comment les gens de l'espèce de Davy, et même de Faraday, tâtonnent dans l'obscurité (étincelle électrique, etc.) et font des expériences qui rappellent tout à fait les récits d'Aristote et de Pline sur les phénomènes physico-chimiques. Précisément dans cette science neuve, les empiristes répètent absolument les tâtonnements *aveugles* des anciens. Et, lorsque le génial Faraday tient une bonne piste, il faut *que* le philistin Thomson proteste (p. 397)²⁶⁰

Haeckel, *Anthropogénie*²⁶¹, p. 707 : « Selon la conception matérialiste du monde, la *matière ou substance PRÉCÈDE le mouvement* ou force vive, la matière a créé la

1873). A la page 59, Haeckel y expose, non sans ironie, les vues d'Agassiz sur le plan de la création. (O.G.I.Z., Obs.)

²⁵² HAECKEL: *Histoire naturelle de la création*. (N.R.)

²⁵³ Tiré des notes de la première liasse. 1874. (O.G.I.Z., Obs.)

²⁵⁴ AUGUST-WILHELM HOFMANN : *Ein Jahrhundert chemischer Forschung unter dem Schirme der Hohenzollern*. Rede am. 3. August 188 in der Aula der Universität zu Berlin gehalten. Berlin 1881. (N.R.)

²⁵⁵ A la p. 26 de sa brochure, Hofmann donne la citation suivante du livre de Rosenkranz : *System der Wissenschaft, ein Philosophisches Enchereidon (Système de la science, un compendium de philosophie)* Königsberg 1850. « Le platine... n'est au fond qu'un paradoxe de l'argent qui veut occuper le plus haut degré de la métallité. Mais celui-ci revient seulement à l'or. » (O.G.I.Z., Obs.)

²⁵⁶ Hofmann parle (pp. 5-6) des « mérites du roi Frédéric-Guillaume III dans l'organisation de la production du sucre de betterave ». Cette note est tirée de la première liasse. Elle est écrite en 1882 (sur la même feuille que la note « connaissance », cf p. 242). (O.G.I.Z., Obs.)

²⁵⁷ Tiré des notes de la quatrième liasse. (O.G.I.Z., Obs.)

²⁵⁸ Dans le manuscrit d'Engels, le nom de Cassini est au pluriel (*die Cassinis*). Dans l'histoire de la science française, on connaît quatre astronomes du nom de Cassini: 1. Giovanni Domenico Cassini (1625-1712) qui avait émigré d'Italie; 2. Son fils Jacques Cassini (1677-1756); 3. Le fils du précédent César François Cassini (1714-1784); 4. le fils du précédent, Jacques Dominique Cassini (1747-1845). Engels pense probablement au second et au troisième. (O.G.I.Z., Obs.)

²⁵⁹ Th. Thomson: *An Outline of the Science of Heat and Electricity*, 2e édition, Londres 1840. (N.R.)

²⁶⁰ Tiré des notes de la quatrième Hasse (O.G.I.Z., Obs.)

²⁶¹ HAECKEL : *Anthropogenie oder dos Menschen (Anthropogénie ou Histoire de l'évolution de l'homme)*, Leipzig 1874. Tous les passages soulignés dans la citation le sont par Engels (O.G.I.Z., Obs.)

force. » Ce serait tout aussi faux de dire que la force a créé la matière, puisque force et matière sont inséparables. Où celui-là va-t-il chercher son matérialisme ²⁶² ?

Causae finales et efficientes ²⁶³ transformées par Haeckel (pp. 89-90) ²⁶⁴ en causes à action *rationnelle* et à action *mécanique*, parce que pour lui *causa finalis* = Dieu ! De même pour lui, mécanique au sens kantien est, sans autre discussion, = moniste, et non pas = mécanique au sens *de* la mécanique. Avec une telle confusion dans la terminologie, l'absurdité est inévitable. Ce que Haeckel dit de la *Critique du jugement* de Kant ne s'accorde pas avec Hegel (*Histoire de la philosophie*, p. 603) ²⁶⁵.

Autre ²⁶⁶ exemple de la polarité chez Haeckel : mécanisme = monisme, et vitalisme ou téléologie = dualisme. Déjà chez Kant et Hegel la fin *interne* est une protestation contre le dualisme. Le mécanisme appliqué à la vie est une catégorie impuissante ; nous pouvons tout au plus parler de chimisme, si nous ne voulons pas renoncer au sens propre des mots. Fin: Hegel, V, p. 205 ²⁶⁷:

e mécanisme s'avère par lui-même être une aspiration à la totalité, du fait qu'il cherche à saisir la nature pour elle-même comme un tout qui n'a besoin de rien d'autre pour son concept, - une totalité *qui ne se trouve pas dans la fin et dans l'esprit, extérieur au monde, qui est lié à cette fin* ²⁶⁸.

Mais le piquant de l'affaire, c'est que le mécanisme (ainsi que le matérialisme du XVIIIe siècle) n'arrive pas à sortir de la nécessité abstraite, ni non plus, par conséquent, de la contingence. Pour lui, que la matière développe à partir d'elle-même le cerveau pensant de l'homme est un pur hasard, bien que nécessairement déterminé pas à pas là où cela se produit. En réalité, c'est de par sa nature même que la matière parvient à former des êtres pensants, et, Par suite, cela se produit toujours nécessairement, là où les conditions (qui ne sont pas obligatoirement partout et toujours les mêmes) en sont données.

Plus bas, Hegel, V, p. 206:

Ce principe (du mécanisme) ²⁶⁹ donne donc avec sa connexion de nécessité externe la conscience d'une liberté infinie par rapport à la téléologie qui pose les bagatelles et même les aspects méprisables de son contenu comme quelque chose d'absolu, dans lequel la pensée plus universelle ne peut se sentir qu'infiniment limitée et même prise de dégoût.

²⁶² Tiré des notes de la première liasse. 1874. (O.G.I.Z.) Obs.)

²⁶³ Tiré des notes de la première Hasse. 1874. (O.G.I.Z., Obs.)

²⁶⁴ HAECKEL : *Histoire naturelle de la création*. (N.R.)

²⁶⁵ Haeckel souligne dans la *Critique du jugement* de Kant les Contradictions entre « la méthode mécanique d'explication » et la méthode téléologique, cependant que, contrairement à Kant, il présente cette dernière comme la doctrine des fins extérieures, de la finalité externe. Hegel, par sa part, étudiant la *Critique du jugement*, met au premier plan la notion kantienne de « finalité interne », selon laquelle dans l'être organique « tout est fin et réciproquement tout est aussi moyen l'un pour l'autre » (citation de Kant reproduite par Hegel). (O.G.I.Z., Obs.)

²⁶⁶ Le mot « autre » se rapporte à la note « polarité » écrite immédiatement avant cette note sur la même feuille (Cf. p. 219). (O.G.I.Z., Obs.)

²⁶⁷ Il s'agit du 5e tome de l'édition allemande des *Œuvres complètes* de Hegel. (Berlin 1884) qui contient la troisième partie de la *Grande Logique*. (O.G.I.Z., Obs.)

²⁶⁸ Souligné par Engels. (N.R.)

²⁶⁹ Parenthèses d'Engels. (N.R.)

Avec cela, derechef, le colossal gaspillage de matière et de mouvement par la nature. Dans le système solaire, il y a peut-être au plus trois planètes sur lesquelles peuvent exister la vie et des êtres pensants, dans les conditions actuelles. Et pour l'amour d'elles, tout cet énorme appareil !

Selon Hegel (V, p. 244), la *fin interne* dans l'organisme se fraie un chemin par la voie de *l'instinct. Pas trop fort*²⁷⁰. L'instinct devrait, selon Hegel, mettre l'être singulier vivant plus ou moins en harmonie avec son concept. D'où il ressort à quel point toute la *fin interne* elle-même est une détermination idéologique. Et pourtant, là-dedans il y a Lamarck²⁷¹.

Les savants croient se libérer de la philosophie en l'ignorant ou en la vitupérant. Mais, comme, sans pensée, ils ne progressent pas d'un pas et que, pour penser, ils ont besoin de catégories logiques, comme, d'autre part, ils prennent ces catégories, sans en faire la critique, soit dans la conscience commune des gens soi-disant cultivés, conscience lui est dominée par des restes de philosophies depuis longtemps primées, soit dans les bribes de philosophie recueillies dans les cours obligatoires de l'université (ce qui représente non seulement des vues fragmentaires, mais aussi un pêle-mêle des opinions de gens appartenant aux écoles les plus diverses et la plupart du temps les plus mauvaises), soit encore dans la lecture désordonnée et sans critique de productions philosophiques de toute espèce, ils n'en sont pas moins sous le joug de la philosophie, et la plupart du temps, hélas, de la plus mauvaise. Ceux qui vitupèrent le plus la philosophie sont précisément esclaves des pires restes vulgarisés des pires doctrines philosophiques²⁷².

Les savants ont beau faire, ils sont dominés par la philosophie. La question est seulement de savoir s'ils veulent être dominés par quelque mauvaise philosophie à la mode, ou s'ils veulent se laisser guider par une forme de pensée théorique qui repose sur la connaissance (de l'histoire de la pensée et de ses acquisitions).

Physique, garde-toi de la métaphysique ! c'est tout à fait juste, mais dans un autre sens²⁷³.

Les savants gardent à la philosophie un reste de vie factice en tirant parti des déchets de l'ancienne métaphysique. Ce n'est que lorsque la science de la nature et de l'histoire aura assimilé la dialectique que tout le bric-à-brac philosophique, - à l'exception de la pure théorie de la pensée, - deviendra superflu et se perdra dans la science positive²⁷⁴.

²⁷⁰ En français dans le texte. (N.R.)

²⁷¹ Tiré des notes de la première liasse. Écrit vraisemblablement vers 1881. (O.G.I.Z., Obs.)

²⁷² Tiré des notes de la première liasse. 1874. (O.G.I.Z., Obs.)

²⁷³ C'est-à-dire dans un autre sens que celui où Newton employait cette phrase, exprimant par cette mise en garde son attitude négative à l'égard de la pensée philosophique en général. (O.G.I.Z., Obs.)

²⁷⁴ Tiré des notes de la première liasse. (O.G.I.Z., Obs.)

[a) QUESTIONS GÉNÉRALES DE LA DIALECTIQUE
LOIS FONDAMENTALES DE LA DIALECTIQUE]

La dialectique dite *objective*²⁷⁵, règne dans toute la nature, et la dialectique dite subjective, la pensée dialectique, ne fait que refléter le règne, dans la nature entière, du mouvement par opposition des contraires qui, par leur conflit constant et leur conversion finale l'un en l'autre ou en des formes supérieures, conditionnent précisément la vie de la nature. Attraction et répulsion. La polarité commence avec le magnétisme ; elle y apparaît sur un seul et même corps ; avec l'électricité, elle se répartit sur deux corps ou plus, sur lesquels apparaissent des charges de signe contraire. Tous sus chimiques se réduisent à des phénomènes d'attraction et de répulsion chimiques. Enfin, dans la vie organique, la constitution du noyau cellulaire doit également être considérée comme une polarisation de l'albumine vivante et la théorie de l'évolution montre comment, à partir de la cellule simple, tout progrès qui aboutira à la plante la plus compliquée d'une part, à 1 homme d'autre part, s'effectue par le conflit constant entre hérédité et adaptation. On voit à ce propos combien des catégories comme « positif » et « négatif » sont peu applicables à ces formes d'évolution. On peut concevoir l'hérédité comme le côté positif, conservateur, l'adaptation comme le côté négatif, détruisant en permanence ce qui est acquis par hérédité ; mais on peut tout aussi bien considérer l'adaptation comme l'activité créatrice, opérante, positive, et l'hérédité comme l'activité faisant résistance, passive, négative. Mais, de même que dans l'histoire le progrès apparaît comme la négation de ce qui existe, de même ici, - pour des raisons purement *pratiques*, - il vaut mieux concevoir l'adaptation comme activité négative. Dans l'histoire, le mouvement par opposition des contraires apparaît en pleine lumière à toutes les périodes critiques de la vie des peuples dirigeants. En de pareils moments, un peuple n'a le choix qu'entre les deux termes d'un dilemme : ou bien, ou bien! et encore la question se pose-t-elle toujours tout autrement que ne le souhaiteraient les philistins de tous les temps quand ils se mêlent de politique. Même le philistin libéral de 1848 en Allemagne se trouva brusquement et inopinément placé contre son gré en 1849 devant la question : ou bien le retour à la vieille réaction sous une forme renforcée ou la poursuite de la révolution jusqu'à la république..., peut-être même jusqu'à la république une et indivisible avec le socialisme à l'arrière-plan. Il ne balança pas longtemps et prêta la main à l'établissement de la réaction de Manteuffel, fine fleur du libéralisme allemand. De même en 1851 le bourgeois français se trouva devant le dilemme auquel il ne s'attendait certes pas : ou bien une caricature de l'Empire, un régime prétorien et l'exploitation de la France par une bande de canailles, ou bien la république démocratique socialiste ; - et il courba l'échine devant la bande de canailles pour pouvoir sous sa protection continuer à exploiter les ouvriers.

*Hard and fast lines*²⁷⁶ [des lignes de démarcation absolument rigoureuses] incompatibles avec la théorie de l'évolution. Même la ligne de démarcation entre vertébrés et invertébrés perd maintenant sa rigidité, de même entre poissons et amphibiens; la ligne de partage entre oiseaux et reptiles s'évanouit de plus en plus

²⁷⁵ Tiré de la première liasse de notes. 1875. (O.G.I.Z., Obs.)

²⁷⁶ Tiré de la première liasse de notes. 1875. (O.G.I.Z., Obs.)

chaque jour. Entre le *Compsognathus*²⁷⁷ et l'Archéoptérix, il ne manque plus que quelques maillons intermédiaires et on découvre des becs d'oiseaux avec denture dans les deux hémisphères. Le « ou bien... ou bien » devient de moins en moins satisfaisant. Chez les animaux inférieurs, absolument impossible d'établir de façon rigoureuse la notion d'individu; non seulement en ce sens qu'on ne sait si un animal donné est un individu ou une colonie, mais encore si l'on se demande où, dans le processus d'évolution, un individu finit et l'autre commence (Nourriciers)²⁷⁸. Pour un tel stade de développement de la science de la nature, où toutes les différences se fondent en échelons intermédiaires, où toute une série de chaînons fait passer de l'un à l'autre tous les contraires, la vieille méthode de pensée métaphysique ne suffit plus. La dialectique qui ne connaît pas non plus de *hard and fast lines* [lignes de démarcation absolument rigoureuses], de « ou bien... ou bien » inconditionnel et universellement valable, qui fait passer de l'une à l'autre les différences métaphysiques immuables, connaît également à côté du « ou bien... ou bien », le « aussi bien ceci... que cela » et réalise la médiation des contraires; la dialectique est la seule méthode de pensée appropriée en dernière instance à ce stade d'évolution de la science. Naturellement, pour l'usage quotidien, pour le petit commerce de la science, les catégories métaphysiques conservent leur validité.

Conversion de la quantité en qualité²⁷⁹ = conception a mécanique » du monde, un changement quantitatif modifie la qualité. Voilà ce que ces messieurs n'ont jamais flairé !

*Le caractère antithétique*²⁸⁰ *des déterminations raisonnables de la pensée: la polarisation.* Si l'électricité, le magnétisme, etc. se polarisent, se meuvent dans les contraires, les idées également. s'il est impossible de retenir là un aspect unilatéral, ce qui ne vient à l'idée d'aucun savant, il en va de même ici.

La vraie nature²⁸¹ des déterminations de « l'essence » énoncée par Hegel lui-même. Enc., I, § III, addition : « Dans l'essence tout est relatif²⁸². » (Par exemple, positif et négatif qui n'ont un sens que dans leur rapport, et non chacun pour soi.)

Tout et partie²⁸³, par exemple, voilà déjà des catégories qui ne donnent plus satisfaction dans la nature organique. Expulsion de la semence - l'embryon et l'animal une fois né ne peuvent être considérés comme « partie » qui est séparée du « tout » : cela donnerait une explication fautive. Parties seulement dans le cadavre. Enc., I, 268²⁸⁴.

²⁷⁷ Animal fossile du genre des dinosaures ; il appartient à la classe des reptiles, mais, par la disposition du bassin et des extrémités postérieures, il est très semblable aux oiseaux. (O.G.I.Z., Obs.)

²⁷⁸ Cellules ou organes qui ont pour fonction de nourrir d'autres cellules ou organes.

²⁷⁹ Tiré de la première liasse de notes. Écrit au crayon. (O.G.I.Z., Obs.)

²⁸⁰ Tiré de la première liasse de notes. 1874. (O.G.I.Z., Obs.)

²⁸¹ Tiré de la première liasse de notes. 1874. (O.G.I.Z., Obs.)

²⁸² Souligné par Engels. (O.G.I.Z., Obs.)

HEGEL: « Dans la sphère de l'Être, la référence d'un terme à l'autre est seulement implicite ; dans celle de l'Essence par contre, elle est explicite. Et, d'une manière générale, c'est là la distinction entre les formes de l'Être et l'Essence. Dans l'Être tout est immédiat, dans l'essence tout est relatif. » (N.R.)

²⁸³ Tiré de la première liasse de notes. 1874. (O.G.I.Z., Obs.)

²⁸⁴ HEGEL (*Petite Logique*): a Par exemple les membres et les organes d'un corps ne sont pas seulement des parties de cet organisme. C'est seulement dans leur unité qu'ils sont ce qu'ils sont et il est hors de doute qu'ils sont modifiés par cette unité comme à leur tour ils la modifient. Ces membres et ces organes ne deviennent des

Simple et composé²⁸⁵ : catégories qui de même perdent déjà leur sens, apparaissent inapplicables dans la nature organique. Ni la composition mécanique d'os, de sang, de cartilages, de muscles, de tissus, etc., ni la composition chimique des éléments ne rendent complètement compte d'un animal. Hegel, *Enc.*, 1, 256²⁸⁶. *L'organisme n'est ni simple, ni composé, si complexe soit-il.*

*Identité abstraite*²⁸⁷ ($a = a$; et sous la forme négative : a ne peut être à la fois égal à a et différent de a), également inapplicable dans la nature organique. La plante, l'animal, chaque cellule à chaque instant de leur vie sont identiques à eux-mêmes et pourtant se différencient d'eux-mêmes, du fait de l'assimilation et de l'élimination de substances, de la respiration, de la formation et du dépérissement des cellules, du processus de circulation qui se produit, bref du fait d'une somme de modifications moléculaires incessantes qui constituent la vie et dont les résultats d'ensemble apparaissent de façon évidente dans les phases de celle-ci : vie embryonnaire, jeunesse, maturité sexuelle, processus de reproduction, vieillesse, mort. Plus la physiologie se développe, plus ces modifications incessantes, infiniment petites, prennent de l'importance à ses yeux, plus il devient donc également important pour elle de tenir compte de la différence à l'intérieur de l'identité, et le vieux point de vue abstraitement formel de l'identité qui veut qu'un être organique soit traité comme quelque chose de simplement identique à lui-même, comme constant, apparaît périmé²⁸⁸. Malgré cela le mode de pensée fondé sur ce point de vue persiste, avec ses catégories. Mais même dans la nature inorganique, l'identité en tant que telle n'existe pas en réalité. Tout corps est continuellement soumis à des actions mécaniques, physiques, chimiques, qui constamment effectuent en lui des changements, modifient son identité. Il n'y a que dans les mathématiques, - science abstraite qui opère avec des objets idéaux (même si ce sont des décalques de la réalité), - que l'identité abstraite et son antithèse avec la différence soient à leur place, et, dans ce domaine lui-même, elle est constamment levée. Hegel, *Enc.*, 1, 235²⁸⁹. Le fait que l'identité contient en soi la différence est énoncé dans toute proposition dont le prédicat est nécessairement différent du sujet : le lis est une plante, la rose est rouge ; ici, soit dans le sujet, soit dans le prédicat, il y a quelque chose qui n'est pas inclus soit dans le sujet, soit dans le prédicat. Hegel, 231²⁹⁰. Il va

parties qu'entre les mains de l'anatomiste, qui, rappelons-le, n'a pas affaire au corps vivant, mais au cadavre. » (N.R.)

²⁸⁵ Tiré de la première liasse de notes. 1874. (O.G.I.Z., Obs.)

²⁸⁶ HEGEL : « On peut dire qu'un 'animal se compose d'os, de muscles, de nerfs, etc; mais nous employons évidemment ici le terme « se compose » dans un sens très différent de celui où nous l'employons quand nous disons qu'un morceau de granit se compose des éléments mentionnés plus haut. Les éléments du granit sont absolument indifférents à leur combinaison : ils peuvent tout aussi bien subsister sans elle. Les différentes parties et les membres d'un corps organique, au contraire, ne subsistent que dans leur union : ils cessent d'exister en tant que tels quand on les sépare les uns des autres. » (N.R.)

²⁸⁷ Tiré de la première liasse de notes. 1874. (O.G.I.Z., Obs.)

²⁸⁸ En marge cette note soulignée Par Engels: Sans parler, par surcroît, de l'évolution des espèces. (O.G.I.Z.)

²⁸⁹ HEGEL: « Toutefois nous n'en restons pas là, ou nous ne considérons pas les choses comme purement différentes. Nous les comparons l'une à l'autre et nous découvrons ainsi les traits de ressemblance et de dissemblance. La tâche des sciences exactes consiste dans une large mesure à appliquer ces catégories et la formule « manière scientifique de considérer les choses » ne signifie généralement pas autre chose que la méthode qui a pour but la comparaison des objets examinés. » (N.R.)

²⁹⁰ Dans le manuscrit : « Hegel, II. 231 ». Le chiffre romain II est probablement mis par erreur pour VI (Le tome VI de l'édition allemande contient en effet la *Petite Logique*). A la page 231 il y est dit que la forme elle-même de la proposition ou du jugement indique une différence entre le sujet et le prédicat. (O.G.I.Z., Obs.)

de soi que *l'identité avec soi* implique d'emblée son complément : la *différence avec tout ce qui est autre*.

Le changement continu, c'est-à-dire la suppression de l'identité abstraite avec soi, se rencontre aussi dans la nature dite inorganique. La géologie est l'histoire de ce changement continu. A la surface, modifications mécaniques (érosion, gel), chimiques (effritement); à l'intérieur, modifications mécaniques (pression), chaleur (volcanique), changements chimiques (eau, acides, fixateurs); à grande échelle : soulèvement du sol, tremblements de terre, etc. L'ardoise d'aujourd'hui est foncièrement différente du limon dont elle a été formée ; la craie, des coquilles microscopiques sans cohésion entre elles qui la composent ; que dire du calcaire, qui selon certains serait d'origine entièrement organique ? Le grès est tout autre que la poussière de sable marin, laquelle provient à son tour de l'effritement du granit, etc. ; pour ne rien dire du charbon.

Le *principe d'identité* ²⁹¹, au sens de la métaphysique, est le principe fondamental de la vieille conception du monde $a = a$. Toute chose est identique à elle-même.. Tout était tenu pour immuable : système solaire, étoiles, organismes. Ce principe a été réfuté point par point par la science de la nature dans un cas après l'autre; mais, dans le domaine de la théorie, il continue à subsister et les partisans de l'ancien opposent toujours au nouveau : « une chose ne peut pas être en même temps elle-même et une autre ». Et pourtant la science de la nature a démontré ces derniers temps dans le détail (voir plus haut) que l'identité véritable, concrète contient en elle la différence, le changement. - Comme toutes les catégories métaphysiques, l'identité abstraite est suffisante pour l'usage courant, où l'on a affaire à des conditions restreintes ou à de brefs laps de temps ; les limites à l'intérieur desquelles on peut l'utiliser diffèrent presque dans chaque cas et sont déterminées par la nature de l'objet : dans un système planétaire, où, pour les calculs astronomiques courants, on peut adopter l'ellipse comme forme fondamentale sans erreur sensible, ces limites sont bien plus larges que si l'on considère un insecte accomplissant le cycle de ses métamorphoses en l'espace de quelques semaines. (Donner d'autres cas, par exemple les transformations d'espèces qui prennent une série de millénaires.) Mais pour la science de la nature au stade de la généralisation, l'identité abstraite est totalement insuffisante, même dans n'importe quel domaine particulier ; et bien qu'en gros elle soit maintenant éliminée dans la pratique, dans la théorie elle continue à dominer les cerveaux ; la plupart des savants en sont encore à s'imaginer que l'identité et la différence sont des contraires inconciliables, et non des pôles incomplets qui n'ont de vérité que dans leur action réciproque, par l'inclusion de la différence *dans* l'identité.

Identité et différence ²⁹² - nécessité et contingence - cause et effet - tels sont les principaux contraires ²⁹³ qui, considérés isolément, se convertissent l'un en l'autre.

Et alors, les « principes premiers » à la rescousse !

²⁹¹ Tiré de la première liasse de notes. 1874. (O.G.I.Z., Obs.)

²⁹² Tiré de la première liasse de notes. Écrit au crayon. (O.G.I.Z., Obs.)

²⁹³ Dans le texte : « die beiden Hauptgegensätze » (les deux principaux contraires). Engels entend par là; 1° la contradiction de l'identité et de la différence et 2° celle de la cause et de l'effet. Les mots « nécessité et contingence » ont été rajoutés ultérieurement au milieu de la ligne. (O.G.I.Z., Obs.)

*Positif et négatif*²⁹⁴ ; On peut aussi leur donner les appellations inverses : en électricité, etc. De même le Nord et le Sud. Si l'on inverse les noms en modifiant le reste de la terminologie en conséquence, tout reste exact. Nous appelons alors l'Ouest Est et l'Est Ouest. Le soleil se lèvera à l'Ouest, les planètes opéreront leur révolution d'Est en Ouest, etc., seuls les noms auront changé. Oui plus est, en physique, nous appelons *pôle Nord* le pôle Sud réel de l'aimant, celui qui est attiré par le pôle Nord du magnétisme terrestre, - et cela n'a aucune importance.

Mettre sur le même plan positif et négatif²⁹⁵, sans se demander lequel est le côté positif, lequel le côté négatif : [cela se fait] non seulement dans la géométrie analytique, mais plus encore en physique. (Voir Clausius, p. 87 et sq.²⁹⁶)

*Polarité*²⁹⁷. Si l'on coupe en deux un aimant, le milieu, qui était neutre, se polarise, mais de telle façon que les anciens pôles subsistent. Par contre si l'on coupe un ver en deux, il garde au Pôle positif la bouche qui absorbe la nourriture et forme à l'autre bout un nouveau pôle négatif, avec un anus pour éliminer; mais l'ancien pôle négatif (l'anus) devient maintenant positif, se transforme en bouche, et à l'extrémité blessée se constitue un nouvel anus ou pôle négatif. Voilà²⁹⁸ la conversion du positif en négatif.

*Polarisation*²⁹⁹. J. Grimm était encore fermement convaincu que tout dialecte allemand devait être ou bien haut-allemand ou bien bas-allemand. Ce disant, il considérait le dialecte franconien comme ayant complètement disparu. Comme le franconien écrit de la basse période carolingienne était du haut-allemand (du fait que la mutation consonantique du haut-allemand avait affecté le sud-est de la Franconie), le dialecte franconien s'était, selon Grimm, résorbé sans laisser de traces, dans le vieux haut-allemand en certains endroits, ailleurs dans le français. Mais avec cela on ne pouvait absolument pas expliquer d'où le néerlandais était venu dans les territoires vieux saliens. Ce n'est que depuis la mort de Grimm qu'on a redécouvert le franconien: c'est le salien, rajeuni en hollandais, le ripuaire dans les dialectes du Rhin moyen et inférieur qui, ou bien se sont à divers degrés mâtinés de haut-allemand, ou bien sont restés bas-allemands ; de sorte que le franconien se présente comme un dialecte qui est tout *autant* haut-allemand *que* bas-allemand.

Contingence et nécessité³⁰⁰.

Une autre contradiction dans laquelle s'empêtre la métaphysique, c'est celle de la contingence et de la nécessité. Que peut-il y avoir de plus radicalement

²⁹⁴ Tiré de la première Ham de notes. 1874. (O.G.I.Z., Obs.)

²⁹⁵ Tiré de la première liasse de notes. (O.G.I.Z., Obs.)

²⁹⁶ La référence à Clausius concerne très vraisemblablement le livre: *Die mechanische Wärmetheorie*, 2^{te} umgearbeitete Auflage. I. Band, Braunschweig 1876. Aux pages 87-88 de ce livre, il est question des « qualités positives et négatives de la chaleur ». (O.G.I.Z., Obs.)

²⁹⁷ Tiré de la première Ham de notes. Écrit vraisemblablement vers 1881 (O.G.I.Z., Obs.)

²⁹⁸ En français dans le texte. (N.R.)

²⁹⁹ Tiré de la première liasse de notes. Écrit probablement vers 1881. Engels traite en détail du dialecte franconien dans un travail particulier: « Le dialecte franconien » écrit vers 1881-1882 et qui a pris place dans la 1^{re} partie du tome XVI des *Œuvres* complètes de Marx et d'Engels (Édition russe). La présente note qui illustre la loi de l'unité des contraires par l'exemple des dialectes allemands fut écrite par Engels sur la même feuille que la note précédente sur la polarité. (O.G.I.Z., Obs.)

³⁰⁰ Tiré de la première Ham de notes. (O.G.I.Z., Obs.)

contradictoire que ces deux catégories de la pensée ? Comment se peut-il qu'elles soient identiques, que le contingent soit nécessaire et que le nécessaire soit également contingent ? Le bon sens et, avec lui, la grande masse des savants considèrent nécessité et contingence comme des déterminations s'excluant une fois pour toutes. Une chose, un rapport, un phénomène sont ou contingents ou nécessaires, mais non l'un et l'autre à la fois. Contingence et nécessité existent donc à côté l'une de l'autre dans la nature ; celle-ci renferme toute sorte d'objets et de phénomènes, dont les uns sont contingents, les autres nécessaires, et toute l'affaire consiste seulement à ne pas mélanger les deux ordres de faits. Ainsi on admet, par exemple, les caractères distinctifs d'une espèce comme nécessaires et l'on considère les autres différences entre individus de la même espèce comme contingentes; et ceci vaut aussi bien pour les cristaux que pour les plantes et les animaux. Avec cela, le groupe inférieur devient à son tour contingent vis-à-vis du groupe supérieur, de sorte que l'on déclare contingent le nombre d'espèces différentes comprises dans le *genus felis ou equus*, ou le nombre de genres et de classes compris dans un ordre et le nombre d'individus de chacune de ces espèces, ou le nombre d'espèces différentes d'animaux rencontrées sur un territoire déterminé, ou en général la faune et la flore. Et l'on déclare ensuite que le nécessaire a seul de l'intérêt pour la science et que le contingent lui est indifférent. Autrement dit : ce que l'on peut ramener à des lois, donc ce qu'on connaît, a de l'intérêt; ce qu'on ne peut ramener à des lois donc ce qu'on ne connaît pas, est sans intérêt, peut être laissé de côté. Et c'est la fin de toute science, car c'est précisément ce qui nous est *inconnu* que la science doit explorer. En d'autres termes : ce que l'on peut ramener à des lois générales passe pour nécessaire, ce que l'on ne peut pas ramener à ces lois pour contingent. Chacun voit que c'est là le même genre de science que celle qui donne pour naturel ce qu'elle peut expliquer et impute à des causes surnaturelles ce qu'elle est incapable d'expliquer; que j'appelle la cause des phénomènes inexplicables hasard ou Dieu, cela est totalement indifférent au fond de la chose. Les deux expressions ne font que manifester mon ignorance et n'ont donc pas leur place dans la science. Celle-ci cesse là où la relation nécessaire devient impuissante.

Le déterminisme, venu dans la science de la nature à partir du matérialisme français, prend la position contraire: il essaie d'en finir avec la contingence en la niant absolument. Selon cette conception, il ne règne dans la nature que la simple nécessité immédiate. Que cette cosse de petits pois contienne 5 pois et non 4 ou 6, que la queue du chien ait 5 pouces et pas une ligne de plus ou de moins, que cette fleur de trèfle-ci et non celle-là ait été fécondée cette année par une abeille et encore par telle abeille déterminée à telle époque déterminée, que telle graine de pissenlit emportée par le vent ait levé et non telle autre, qu'une puce m'ait piqué la nuit dernière à quatre heures du matin et non à trois ou à cinq, et cela à l'épaule droite et non au mollet gauche: tous ces faits sont le produit d'un enchaînement immuable de causes et d'effets, d'une nécessité inébranlable, la sphère gazeuse d'où est sorti le système solaire s'étant déjà trouvée agencée de telle façon que ces événements devaient se passer ainsi et non autrement. Avec une nécessité de cette sorte nous ne sortons toujours pas de la conception théologique de la nature. Que nous appelions cela avec saint Augustin ou Calvin le décret éternel de la Providence, ou avec les Turcs le kismet, ou encore la nécessité, il importe peu à la science. Dans aucun de ces cas, il n'est question de suivre jusqu'à son terme l'enchaînement des causes ; nous sommes donc aussi avancés dans un cas que dans l'autre; la

prétendue nécessité reste une formule vide de sens et par suite... le hasard reste aussi ce qu'il était. Tant que nous ne sommes pas en mesure de montrer de quoi dépend le nombre de petits pois dans la cosse, il reste précisément dû au hasard ; et en affirmant que le cas était déjà prévu dans l'agencement primitif du système solaire, nous n'avons pas progressé d'un pas. Bien plus. La science qui entreprendrait l'étude du cas présenté par cette cosse particulière de petits pois en remontant toute la chaîne de ses causes ne serait plus une science mais un pur enfantillage; car cette même cosse de petits pois à elle seule possède encore un nombre infini d'autres propriétés individuelles, contingentes à première vue, telles que la nuance de sa couleur, l'épaisseur et la dureté de son écorce, la grosseur de ses pois, pour ne rien dire des particularités individuelles qu'on découvrirait au microscope. Cette seule cosse de petits pois donnerait donc déjà plus d'enchaînements de causes à poursuivre que ne pourraient en étudier tous les botanistes du monde.

Donc, la contingence n'est pas expliquée ici en partant de la nécessité, la nécessité est bien plutôt rabaissée à la production de contingence pure. Si le fait qu'une cosse déterminée de petits pois contient 6 pois et non 5 ou 7 est du même ordre que la loi de mouvement du système solaire ou la loi de la transformation de l'énergie, ce n'est pas en réalité la contingence qui est élevée au rang de la nécessité, mais la nécessité qui est ravalée au niveau de la contingence. Bien plus : on peut, affirmer tant qu'on voudra que la multiplicité des espèces et des individus organiques et inorganiques existant à côté les uns des autres sur un territoire déterminé est fondée sur une nécessité inviolable, pour les espèces et les individus pris isolément cette multiplicité reste ce qu'elle était : le fait du hasard. Pour chaque animal, le lieu de sa naissance, le milieu qu'il trouve pour vivre, les ennemis qui le menacent et leur nombre -sont l'effet du hasard. Pour la plante mère, le lieu où le vent porte sa semence, pour la plante fille, celui où le grain de semence dont elle est issue trouve un sol propice à la germination sont l'effet du hasard, et l'assurance qu'ici également tout repose sur une inviolable nécessité est une bien faible consolation. L'amas hétéroclite des objets de la nature sur un terrain déterminé, et plus encore sur la terre entière. malgré toute détermination primitive et éternelle reste ce qu'il était... le fait du hasard.

En face de ces deux conceptions, Hegel apparaît avec des propositions absolument inouïes jusque-là : le contingent a un fond parce qu'il est contingent, et aussi bien il n'a pas de fond parce qu'il est contingent ; le contingent est nécessaire et la nécessité elle-même se détermine comme contingence tandis que, d'autre part cette contingence est plutôt la nécessité absolue. (Logique, Livre II, Section III, ch. 2 : la réalité³⁰¹.) La science de la nature a tout simplement ignoré ces principes en les prenant comme des jeux de paradoxes, comme un non-sens se contredisant lui-

³⁰¹ HEGEL : « Le contingent présente par conséquent deux aspects ou côtés : en *premier lieu*, pour autant qu'il implique une possibilité immédiate ou, ce qui revient au même, pour autant que la possibilité s'y trouve absolue, le contingent n'est ni posé, ni médiatisé, mais correspond à une réalité immédiate ; il n'a pas de fond. Comme le possible possède la même réalité immédiate, il est à la fois réel et contingent et manque également de fond. Mais, en *deuxième lieu*, le contingent est réel comme étant seulement possible ou il est un réel tout simplement posé ; la possibilité, de même, en tant qu'être-en-soi formel n'est qu'un posé. Il en résulte que ni le contingent ni le possible n'existent en-et-pour-soi, mais que chacun d'eux a sa véritable réflexion-sur-soi dans *l'autre*, autrement dit chacun à un fond.

Si donc le contingent n'a pas de fond, parce qu'il est contingent, on peut dire, avec tout autant de raison, qu'il a un fond, *parce qu'il est contingent*. » (*Science de la logique*, trad. Jankélévitch. tome II. pp. 202-203.) (N.R.)

même, et, sur le plan de la théorie, elle s'est obstinée, d'une part, dans la pauvreté d'idées de la métaphysique selon Wolff, qui veut que quelque chose soit ou *bien* contingent ou *bien nécessaire*, mais non les deux à la fois, et d'autre part dans le déterminisme mécaniste à la pensée à peine moins pauvre, qui supprime en bloc le hasard par une négation verbale pour le reconnaître en pratique dans chaque cas - particulier.

Tandis que la science de la nature continuait à penser ainsi, que faisait-elle en la personne de Darwin ?

Dans son oeuvre qui fait époque, Darwin part de la base de faits la plus large reposant sur la contingence. Ce sont précisément les différences infinies que le hasard crée entre les individus à l'intérieur de chaque espèce, différences qui s'accroissent jusqu'à faire éclater le caractère de l'espèce et dont même les causes les plus immédiates ne peuvent être prouvées que dans les cas les plus rares, qui l'obligèrent à remettre en question le fondement passé de toute loi en biologie: la notion d'espèce dans sa rigidité et son immuabilité métaphysiques d'autrefois. Mais, sans la notion d'espèce, toute cette science s'effondrait. Aucune de ses branches ne pouvait se passer de la notion d'espèce comme base: qu'étaient, sans elle l'anatomie humaine et l'anatomie comparée, l'embryologie, la zoologie, la paléontologie, la botanique, etc. ? Tous leurs résultats n'étaient pas seulement remis en question, mais purement et simplement supprimés. La contingence jette pardessus bord la nécessité telle qu'on l'a conçue jusqu'ici³⁰². L'idée de nécessité qu'on avait jusqu'ici fait fiasco. La conserver signifie dicter pour loi à la nature la détermination humaine arbitraire qui entre en contradiction avec elle-même et avec la réalité ; cela signifie donc nier toute nécessité interne dans la nature vivante, proclamer d'une manière universelle le règne chaotique du hasard comme loi unique de la nature vivante.

« Fini le Tausves Jontof ! »³⁰³ s'écrièrent très logiquement les biologistes de toutes les écoles. Darwin.

Hegel. Logique I³⁰⁴

« Le Néant opposé au quelque chose, le Néant de quelque chose est un néant déterminé. » 74³⁰⁵.

« Étant donné la connexion du tout (du monde)³⁰⁶ qui détermine l'action réciproque, la métaphysique a pu affirmer - c'était au fond affirmer une tautologie - que si un grain de poussière était détruit l'ensemble de l'univers s'écroulerait. » 78.

Passage principal sur la Négation. Introduction, p. 38. « ...que les contraires ne se résolvent pas dans le zéro, dans le néant abstrait, mais dans la négation de leur

³⁰² Un peu plus haut a on marge: « La quantité des cas de contingence accumulés entre temps a écrasé et fait éclater l'ancienne idée de la nécessité. » (O.G.I.Z.)

³⁰³ Allusion au poème de Heine « Controverse » où l'on voit un capucin et un rabbin disputer de la vérité de leur Dieu respectif. Le rabbin s'appuie sur le « Tausves Jontof », commentaire sur le Talmud que les Israélites considèrent comme faisant autorité. (N.R.)

³⁰⁴ Tiré de la quatrième liasse de notes. Engels pense ici à la Ire partie de la *Grande Logique* de Hegel. Tous les passages soulignés dans lu citations le sont par Engels. (O.G.I.Z., Obs.)

³⁰⁵ Citation utilisée par Engels dans un fragment sur le zéro. (N.R.)

³⁰⁶ Addition d'Engels. (O.G.I.Z., Obs.)

contenu déterminé »³⁰⁷, etc.

Négation de la négation. Phénoménologie, Préface, p. 4. Bouton, fleur, fruit, etc.

[b) LOGIQUE DIALECTIQUE ET THÉORIE DE LA CONNAISSANCE
A PROPOS DES « LIMITES DE LA CONNAISSANCE »]

*Unité de la nature et de l'esprit*³⁰⁸. Pour les Grecs, que la nature ne puisse pas être irrationnelle allait de soi; mais, aujourd'hui encore, même les empiristes les plus sots prouvent par leurs raisonnements (si faux qu'ils puissent être) qu'ils sont persuadés d'avance que la nature ne peut être irrationnelle et que la raison ne peut pas contredire la nature.

Le développement de n'importe quel concept ou rapport de concepts (positif et négatif, cause et effet, substance et accident) dans l'histoire de la pensée est à son développement dans la tête du dialecticien pris individuellement, comme le développement d'un organisme dans la paléontologie est à son développement dans l'embryologie (on pourrait dire dans l'histoire et dans l'embryon isolé). Qu'il en soit ainsi, Hegel l'a découvert le premier en ce qui concerne les concepts. Dans le développement historique, la contingence joue son rôle qui, dans la pensée dialectique comme dans le développement de l'embryon, se résume en nécessité³⁰⁹.

Abstrait et concret. La loi générale du changement de forme du mouvement est bien plus concrète que tout exemple singulier a concret à de celui-ci³¹⁰.

*Entendement et raison*³¹¹. Cette distinction hégélienne, selon laquelle seule la pensée dialectique est rationnelle, a un certain sens. Nous avons en commun avec les animaux tous les modes d'activité de l'entendement, l'induction, la déduction, donc aussi l'abstraction (concept de genre de Dido³¹² : quadrupèdes et bipèdes), l'analyse des objets, inconnus (casser une noix est déjà le début de l'analyse), synthèse (dans le cas des malices des animaux), et, combinant l'une et l'autre, l'expérimentation (dans le cas d'obstacles nouveaux et de situations difficiles). Par leur nature, toutes ces manières de procéder, - donc tous les moyens de la recherche scientifique que reconnaît la logique ordinaire, - sont parfaitement semblables chez l'homme et les animaux supérieurs. Ce n'est qu'en degré (le degré de développement de la méthode dans chaque cas considéré) qu'elles diffèrent. Les traits fondamentaux de la méthode sont semblables et conduisent aux mêmes résultats chez l'homme et chez l'animal, tant que tous deux opèrent ou se tirent d'affaire uniquement avec ces méthodes élémentaires. - Par contre, la pensée dialectique, - précisément parce qu'elle a pour condition préalable l'étude de la nature des concepts eux-mêmes, - n'est possible qu'à l'homme; même pour celui-ci, elle n'est possible qu'à un niveau de développement relativement élevé (Bouddhistes et Grecs) et n'atteint son plein développement que bien plus tard encore, avec la

³⁰⁷ Chez Hegel, à la place des mots « bestimmten Inhalts » [contenu déterminé] on trouve les mots « *besonderen Inhalts* » [contenu particulier]. (O.G.I.Z., Obs.)

³⁰⁸ Tiré des notes de la première liasse. 1874. (O.G.I.Z., Obs.)

³⁰⁹ Tiré des notes de la première liasse. (O.G.I.Z., Obs.)

³¹⁰ Tiré des notes de la première liasse. (O.G.I.Z., Obs.)

³¹¹ Tiré des notes de la première liasse. 1875. (O.G.I.Z., Obs.)

³¹² Dido : nom du chien mentionné par Engels dans sa lettre à Marx du 16 avril 1865. (O.G.I.Z., Obs.)

philosophie moderne, - et cependant les résultats colossaux auxquels parviennent déjà les Grecs, résultats qui anticipent de loin sur la recherche.

La chimie dans laquelle *l'analyse* est la forme de recherche prédominante, n'est rien sans le pôle opposé de celle-ci: *la synthèse* ³¹³.

[De la classification des jugements ³¹⁴.]

La logique dialectique, à l'opposé de l'ancienne logique, purement formelle, ne se contente pas comme celle-ci d'énumérer les formes du mouvement de la pensée, c'est-à-dire les diverses formes du jugement et du raisonnement, et de les accoler les unes aux autres sans aucun lien. Elle déduit au contraire ces formes l'une de l'autre, elle les subordonne les unes aux autres au lieu de les coordonner, elle développe les formes supérieures à partir des formes inférieures. Fidèle à sa subdivision de la logique dans son ensemble, Hegel groupe les jugements de la manière suivante ³¹⁵:

1. Le jugement d'existence, forme la plus simple du jugement dans laquelle on énonce affirmativement ou négativement une qualité générale d'une chose singulière (jugement positif : « La rose est rouge » ; négatif: « La rose n'est pas bleue »; infini: « La rose n'est pas un chameau »).

2. Le jugement de réflexion, dans lequel on énonce à propos du sujet une détermination relative, une relation (jugement singulier : « Cet homme est mortel »; particulier: « Quelques hommes, beaucoup d'hommes sont mortels »; universel: « Tous les hommes sont mortels » ou « l'homme est mortel »).

3. Le jugement de nécessité, dans lequel on énonce la détermination substantielle du sujet (jugement catégorique: « La rose est une plante » ; hypothétique : « Si le soleil se lève, il fait jours; disjonctif : « Le lépidosaure est soit un poisson, soit un amphibie »).

4. Le jugement conceptuel, qui, à propos du sujet, énonce dans quelle mesure il correspond à sa nature universelle, ou, comme dit Hegel, à son concept (jugement assertorique: « Cette maison est mauvaise » ; problématique: « Si une maison a telle ou telle qualité, elle est bonne » ; apodictique: « La maison, avec telle ou telle qualité, est bonne »).

1er. groupe : *jugement singulier*,
2e [et 3e] : *jugement particulier*,
4e : *jugement universel*.

³¹³ Cette dernière phrase est écrite en marge en complément. (O.G.I.Z., Obs.)

³¹⁴ Tiré des notes de la première liasse. Écrit en 1882 (sur la même feuille que le fragment « connaissance », cf. pp. 242-243). (O.G.I.Z., Obs.)

³¹⁵ Hegel explique de la façon suivante la correspondance entre la division de la Logique en trois parties (théorie de l'être, théorie de l'essence et théorie du concept) et la classification des jugements en quatre catégories : « Les diverses sortes de jugements sont déterminées par les formes universelles de l'idée logique elle-même. Nous obtenons en conséquence trois genres principaux de jugements qui correspondent aux étapes de l'être, de l'essence et du concept. Le second de ces genres principaux, conformément au caractère de l'essence qui est une étape de la différenciation, se divise à son tour en deux. » (O.G.I.Z., Obs.)

Si sèche que soit la lecture de tout ceci et si arbitraire que puisse apparaître à première vue cette classification des jugements sur tel ou tel point, la vérité et la nécessité internes de ce groupement deviendront évidents à quiconque étudie à fond le développement génial de Hegel dans la *Grande Logique* (*Œuvres*, tome V, p. 63-115)³¹⁶. Mais, pour montrer à quel point ce groupement est fondé non seulement dans les lois de la pensée, mais aussi dans les lois de la nature, nous allons citer un exemple bien connu à un autre égard.

Les hommes préhistoriques savaient déjà en pratique que le frottement produit de la chaleur, lorsque, il y a peut-être bien 100.000 ans, ils trouvèrent le moyen de faire du feu par frottement et que, plus tôt encore, ils réchauffaient par friction des parties froides du corps. Mais de là à la découverte qu'en tout état de cause le frottement est une source de chaleur, il s'est passé on ne sait combien de millénaires. Bref, le temps vint où le cerveau humain s'était suffisamment développé pour pouvoir porter le jugement : le *frottement est une source de chaleur*, jugement d'existence, et, qui plus est, positif.

Des millénaires s'écoulèrent derechef jusqu'à ce qu'en 1842 Mayer, joule et Colding étudient ce processus particulier sous l'aspect de ses relations avec d'autres processus de même nature découverts dans l'intervalle, c'est-à-dire sous l'aspect de ses conditions générales immédiates, et qu'ils formulent le jugement de la façon suivante : tout *mouvement mécanique est capable de se transformer en chaleur par l'intermédiaire du frottement*. Il fallut tout ce temps et une foule énorme de connaissances empiriques pour pouvoir progresser dans la connaissance de l'objet du jugement positif d'existence ci-dessus à ce jugement universel de réflexion.

Mais maintenant les choses allèrent vite. Trois ans après, Mayer pouvait déjà, du moins quant au fond, élever le jugement de réflexion au niveau où il est valable aujourd'hui : toute *forme du mouvement peut et doit nécessairement, dans des conditions déterminées pour chaque cas, se convertir directement ou indirectement en toute autre forme du mouvement*, c'est-à-dire un jugement conceptuel et, qui plus est, apodictique, forme suprême du jugement en général.

Donc, ce qui chez Hegel apparaît comme un développement de la forme de pensée du jugement en tant que tel, se révèle ici à nous comme le développement de nos connaissances théoriques sur la nature du mouvement en général, connaissances reposant sur une base *empirique*. Ceci montre par conséquent que les lois de la pensée et les lois de la nature concordent nécessairement, pour peu qu'on les connaisse d'une manière exacte.

Nous pouvons considérer le premier jugement comme un jugement singulier: on enregistre le fait isolé que le frottement produit de la chaleur. Le second comme un jugement particulier : une forme particulière du mouvement (la forme mécanique) a révélé sa propriété de se transformer en une autre forme particulière du mouvement (en chaleur) dans des circonstances particulières (par frottement). Le troisième jugement est un jugement d'universalité: toute forme de mouvement s'est révélée comme pouvant et devant nécessairement se convertir en toute autre forme de mouvement. En revêtant cette forme, la loi a atteint son expression dernière. Nous

³¹⁶ Engels se réfère aux pages de la 1re édition allemande des *Œuvres complètes* (Berlin 1841). Elles englobent tout le chapitre sur le jugement [Dans la traduction Jankélévitch, tome II, pp. 299-348]. (O.G.I.Z., Obs.)

pouvons, grâce à de nouvelles découvertes, la doter de preuves nouvelles, d'un contenu nouveau et plus riche. Mais à la loi elle-même, telle qu'elle est formulée ici, nous ne pouvons plus rien ajouter. Dans son universalité, dans sa forme et son contenu, tous deux également universels, elle n'est susceptible d'aucune extension : elle est une loi absolue de la nature.

Malheureusement, les choses clochent en ce qui concerne les formes du mouvement propres à l'albumine, autrement dit en ce qui concerne la vie, tant que nous ne sommes pas en mesure de fabriquer de l'albumine ³¹⁷.

Prouvé également ci-dessus ³¹⁸ que, pour énoncer un jugement, il ne faut pas seulement de la « faculté de jugement » kantienne mais encore [...] ³¹⁹.

Singularité, particularité, universalité, telles sont les trois déterminations dans lesquelles se meut toute la « théorie du concept » ³²⁰. Entre autres, on n'y progresse pas du singulier au particulier, et de là à l'universel selon une seule modalité, mais selon un grand nombre, et Hegel a illustré cela assez souvent par l'exemple de l'ascension de l'individu à l'espèce et au genre. Et voici qu'arrivent les Haeckel avec leur induction et ils proclament à son de trompe comme un grand exploit - contre Hegel - qu'il faut s'élever du singulier au particulier, puis à l'universel, de l'individu à l'espèce, puis au genre... et ils autorisent ensuite les raisonnements *déductifs* qui doivent mener plus loin ! Ces gens se sont à tel point enfoncés dans l'opposition entre induction et déduction qu'ils réduisent à ces deux-là seulement toutes les formes logiques de raisonnement et que, ce faisant, ils ne remarquent absolument pas: 1^o que sous ces noms ils utilisent inconsciemment de tout autres formes de raisonnement; 2^o qu'ils se privent de toute la richesse des formes de raisonnement dans la mesure où elles ne se laissent pas ramener de force à ces deux-là; et 3^o qu'ils transforment ainsi ces deux formes elles-mêmes - induction et déduction - en pure absurdité ³²¹.

Induction et déduction ³²². Haeckel p. 75 sqq ³²³. Où Goethe conclut par induction que l'homme, qui *n'a pas normalement* d'os intermaxillaire, *doit* l'avoir, donc par une induction *fausse* ³²⁴ arrive à quelque chose d'exact.

³¹⁷ Nous ne pouvons toujours pas fabriquer de l'albumine, mais nous pouvons préparer certaines protéines à l'état pur et elles sont, sinon vivantes, du moins actives. Ainsi, la pepsine pure dédouble au moins son propre poids d'une autre protéine à la seconde et, avant d'être épuisée, elle peut dédoubler environ 1.000.000 de fois son poids de protéine. (N.R.)

³¹⁸ Engels se réfère au long fragment sur la classification des jugements qui occupe les pages 2 et 3 de la feuille, à la 4^e page de laquelle (à la fin) il y a cette brève note. (O.G.I.Z., Obs.)

³¹⁹ La note s'interrompt ici, sans aucun signe de ponctuation, alors que tous les paragraphes de cette feuille sont terminés par des points. Eu égard au contenu du fragment qui précède sur la classification des jugements, on peut supposer que, dans la fin de cette note qu'il n'a pas rédigée, Engels se proposait d'opposer à l'apriorisme kantien la thèse du fondement empirique de toutes nos connaissances. (Cf. dans le texte p. 227). (O.G.I.Z., Obs.)

³²⁰ C'est-à-dire la troisième partie tout entière de la Logique. (N.R.)

³²¹ Tiré des notes de la première liasse. Écrit en 1882 (sur la même feuille que la note « Connaissance »). (O.G.I.Z., Obs.)

³²² Tiré des notes de la première liasse. 1874. (O.G.I.Z., Obs.)

³²³ Engels pense au livre de HAECKEL : *Histoire naturelle de la Création*. (O.G.I.Z., Obs.)

³²⁴ Selon Haeckel, Goethe est parti de la thèse inductive « tous les mammifères ont un os intermaxillaire ». Engels appelle cela une induction fausse parce qu'elle était contredite par la thèse reconnue juste : l'homme n'a pas d'os intermaxillaire. Cette induction ne devenait juste qu'après la découverte de l'os intermaxillaire chez l'homme. (O.G.I.Z., Obs.)

Absurdité de Haeckel : Induction contre déduction. Comme si déduction n'était pas = raisonnement, donc aussi l'induction est une déduction. Cela vient de la polarisation. HAECKEL : *Histoire naturelle de la création*, pp. 76 à 77³²⁵. Le raisonnement polarisé en induction et déduction³²⁶.

Par la voie de l'induction on a trouvé, il y a un siècle, que les écrevisses et les araignées sont des insectes et tous les animaux inférieurs des vers. A l'aide de l'induction on trouve maintenant que cela est absurde et qu'il existe x classes. Où donc est l'avantage du raisonnement dit inductif, qui peut se révéler aussi faux que le raisonnement dit déductif, dont le fondement est pourtant la classification ?

L'induction ne pourra jamais démontrer qu'on ne trouvera pas un jour un mammifère sans glandes mammaires. Naguère les mamelles étaient le signe distinctif du mammifère. Pourtant l'ornythinique n'en a pas.

Toute la charlatanerie de l'induction vient des Anglais - WHEWELL : *Inductive Sciences*³²⁷, qui n'embrasse que les sciences parement mathématiques³²⁸ et c'est ainsi qu'a été inventée l'opposition entre induction et déduction. De cela, la logique, ancienne et nouvelle, ne sait rien. Toutes les formes du raisonnement qui partent du singulier sont expérimentales et reposent sur l'expérience. Bien plus, le raisonnement inductif commence même par G-S-P, le général, le singulier, le particulier³²⁹.

Il est également caractéristique pour la vigueur de pensée de nos savants que Haeckel prend fanatiquement parti pour l'induction au moment précis où les *résultats* de l'induction - les classifications - sont partout remis en question (le limulus est une araignée ; l'ascidie est un vertébré ou *tunicier*, les dipneustes, à l'encontre de toutes les définitions primitives les classant comme amphibiens, se révèlent pourtant des poissons) et où chaque jour on découvre des faits nouveaux qui renversent toute la classification inductive antérieure. Quelle belle confirmation de la thèse de Hegel

³²⁵ Dans ces pages de la 4e édition de son *Histoire naturelle de la création* (Berlin 1873), Haeckel raconte que Goethe a découvert l'existence de l'os intermaxillaire chez l'homme. Selon lui Goethe serait d'abord parvenu à la thèse inductive « tous les mammifères ont un os intermaxillaire » et il en aurait tiré la conclusion par déduction : « Donc l'homme aussi a cet os. » Après quoi cette conclusion aurait été confirmée par les expériences en question (la constatation de la présence chez l'homme de l'os intermaxillaire dans l'embryon et, dans divers cas d'atavisme, chez les adultes). (O.G.I.Z., Obs.)

³²⁶ Tiré des notes de la première liasse. (O.G.I.Z., Obs.)

³²⁷ Il est probable qu'Engels pense aux œuvres principales de WHEWELL : *History of the inductive Sciences* (*Histoire des sciences inductives*) (3 volumes, Londres 1837) et *The Philosophy of the inductive Sciences* (*La philosophie des sciences inductives*) (2 volumes, Londres 1840) (O.G.I.Z., Obs.)

³²⁸ On lit dans le manuscrit : « *die bloss mathematisch [en] umfassend* ». Le mot « *unfassend* » (qui embrassent) est probablement employé ici au sens de « qui se situent autour » des sciences purement mathématiques qui, selon Whewell, sont des sciences de la raison pure, étudient les « conditions de toute théorie » et en ce sens occupent pour ainsi dire, une position centrale dans la « géographie du monde intellectuel ». Dans le livre II de sa *Philosophie des sciences inductives* (tome I, pp. 79-156), Whewell donne un bref aperçu de la « philosophie des sciences » dont il cite comme représentantes principales : la géométrie, l'arithmétique théorique. et l'algèbre. Dans son *Histoire des sciences inductives* il oppose aux « sciences inductives » (mécanique, astronomie, physique, chimie, minéralogie, botanique, zoologie, physiologie, géologie) les sciences « déductives » (géométrie, arithmétique, algèbre). (O.G.I.Z., Obs.)

³²⁹ Ce sont les formules employées par Hegel lors de l'analyse de l'essence du syllogisme d'induction (*Logique*. Trad. Jankélévitch tome II, p. 180). (N.R.)

selon laquelle le raisonnement par induction est essentiellement problématique³³⁰ ! Bien plus, la théorie de l'évolution enlève à l'induction toute la classification des organismes elle-même et la ramène à la « déduction », à la descendance, - une espèce est littéralement *déduite* d'une autre par l'établissement de sa descendance, - et il est impossible de démontrer la théorie de l'évolution à l'aide de la simple induction, car elle est tout à fait anti-inductive. Les concepts avec lesquels l'induction opère: espèce, genre, classe, la théorie de l'évolution les rend fluents, et par suite *relatifs* : or comment induire avec des concepts relatifs³³¹ ?

*Pour les partisans de l'induction Par-dessus tout*³³². Toute l'induction du monde ne nous aurait jamais aidés à nous expliquer le *processus* de l'induction. Seule *l'analyse* de ce processus pouvait y parvenir. - Induction et déduction vont aussi nécessairement de pair que synthèse et analyse. Au lieu de porter exclusivement aux nues l'une aux dépens de l'autre, il faut chercher à utiliser chacune à sa place, et cela n'est possible que si l'on ne perd pas de vue qu'elles vont de pair, qu'elles se complètent réciproquement. - D'après les partisans de l'induction, ce serait une méthode infaillible. Elle l'est si peu que ses résultats en apparence les plus sûrs sont renversés chaque jour par des découvertes nouvelles.

Les corpuscules lumineux, la substance calorifique étaient des résultats de l'induction. Où sont-ils maintenant? L'induction nous a enseigné que tous les vertébrés ont un système nerveux central différencié en cerveau et en moelle épinière, et que la moelle épinière était enclose dans des vertèbres cartilagineuses ou osseuses, - d'où d'ailleurs leur nom. Et voilà que l'amphioxus s'avéra être un vertébré avec un cordon nerveux central indifférencié et *sans* vertèbres. L'induction établit que les poissons sont ces vertébrés qui respirent toute leur vie exclusivement par des branchies. Et voilà que se présentent des animaux dont les caractéristiques de poissons sont presque universellement reconnues, mais qui, à côté des branchies, ont des poumons bien développés, et il s'avère que chaque poisson porte dans sa vessie natatoire un poumon en puissance. C'est seulement en appliquant hardiment la théorie de l'évolution que Haeckel aida à sortir de ces contradictions les partisans de l'induction qui s'y sentaient parfaitement à l'aise. - Se l'induction était tellement infaillible, d'où viendraient alors ces bouleversements qui se culbutent précipitamment les uns les autres dans les classifications du monde organique? Ils sont pourtant le plus pur produit de l'induction et ne s'en anéantissent pu moins réciproquement.

³³⁰ HEGEL : *Logique*, p. 154 (tome II, p. 381, trad. Jankélévitch) : « L'induction est encore plutôt essentiellement un syllogisme subjectif. Le milieu est formé par les individus dans leur immédiateté ; leur réunion dans l'espèce par l'universalité est le produit d'une réflexion *extérieure*. En raison de l'*immédiateté* persistante des individus et de l'*extériorité* qui en découle, la généralité n'est que perfection ou état parfait et reste seulement un *desideratum*. Aussi y voit-on de nouveau apparaître la progression vers la mauvaise infinité ; l'individuel doit être pris comme *identique au général*, mais, étant donné que les individus sont posés en même temps comme immédiats, cette unité reste un éternel devoir-être ; elle est une unité dans l'égalité ; ce qui est identique doit en même temps ne pas l'être. Les a, b, c, d, e, et ainsi de suite à l'infini forment l'espèce et donnent l'expérience complète. Aussi la conclusion de l'induction reste-t-elle pour autant *problématique*. » (N.R.)

³³¹ Tiré des notes de la première liasse. (O.G.I.Z., Obs.)

³³² Dans l'original: « Den Allinduktionisten », c'est-à-dire pour les gens qui considèrent l'induction comme la seule méthode juste. - Tiré des notes de la première liasse. 1875. (O.G.I.Z., Obs.)

Induction et analyse ³³³. Combien est peu fondée la prétention de l'induction d'être la forme unique ou du moins prédominante de la découverte scientifique, la thermodynamique en donne un exemple frappant. La machine à vapeur a donné la preuve la plus péremptoire que l'on peut mettre en jeu de la chaleur et obtenir du mouvement mécanique. 100.000 machines à vapeur ne l'ont pas mieux démontré qu'une *seule*; elles ont seulement contraint de plus en plus les physiciens à - l'expliquer. Sadi Carnot a été le premier à s'en occuper sérieusement ; mais non par induction. Il étudia la machine à vapeur, l'analysa, trouva qu'en elle le processus fondamental n'apparaît pas à l'état pur, mais qu'il est masqué par toutes sortes de processus secondaires ; il élimina ces circonstances accessoires, indifférentes pour le processus principal, et construisit une machine à vapeur (ou machine à gaz) idéale, qui, à vrai dire, est tout aussi peu réalisable que, par exemple, une ligne ou une surface géométriques, mais qui, à sa manière, remplit le même office que ces abstractions mathématiques: elle représente le processus considéré à l'état pur, indépendant, non altéré. Et il tomba le nez sur l'équivalent mécanique de la chaleur (voir le sens de sa fonction C), qu'il ne pouvait découvrir ni voir, pour la seule raison qu'il croyait à la *substance* calorique. Voilà aussi la preuve de la nocivité de théories fausses.

L'observation empirique à elle toute seule ne pourra jamais prouver de façon suffisante la nécessité. *Post hoc*, mais non *propter hoc* ³³⁴ (*Encyclopédie*, I, p. 84) ³³⁵. Cela est si vrai que, du lever constant du soleil le matin, il ne s'ensuit pas qu'il se lèvera aussi demain, et, en fait, nous savons maintenant qu'un moment viendra où un matin le soleil *ne se lèvera pas*. Mais la preuve de la nécessité est dans l'activité humaine, dans l'expérience, dans le travail : si je peux *produire* le *post hoc*, il devient identique au *propter hoc* ³³⁶.

Causalité ³³⁷. La première chose qui nous frappe lorsque nous observons de la matière en mouvement, c'est la liaison réciproque des mouvements individuels des corps individuels, leur *conditionnement* l'un par l'autre. Or nous trouvons non seulement que tel mouvement est suivi de tel autre, nous trouvons aussi que nous pouvons produire tel mouvement déterminé en créant les conditions dans lesquelles il s'opère dans la nature; et même nous sommes en mesure de produire des mouvements qui ne se produisent pas du tout dans la nature (Industrie), - du moins pas de cette manière, - et nous pouvons donner à ces mouvements une direction et une extension déterminées à l'avance. *C'est grâce à cela*, grâce à l'activité de l'homme que s'établit la représentation de la *causalité*, l'idée qu'un mouvement est la *cause* d'un autre. A elle seule, la succession régulière de certains phénomènes naturels peut certes engendrer l'idée de la causalité: ainsi la chaleur et la lumière qui apparaissent avec le soleil; cependant cela ne constitue pas toujours une preuve, et, dans cette mesure, le scepticisme de Hume aurait raison de dire que la régularité du *post hoc* ne peut jamais fonder un *propter hoc*. Mais l'activité de l'homme est la *Pierre de touche* de la causalité. Si, à l'aide d'un miroir concave, nous concentrons

³³³ Tiré des notes de la -première liasse. 1875. (O.G.I.Z., Obs.)

³³⁴ Post hoc = après cela, propter hoc = à cause de cela. Avec la formule post hoc, ergo propter hoc (après cela, donc à cause de cela) on marque l'arbitraire qu'il y a à conclure à une relation causale entre deux phénomènes en se basant seulement sur la succession de ces deux phénomènes. (O.G.I.Z., Obs.)

³³⁵ HEGEL, Enc., p. 84: « De même l'empirisme nous montre bien les perceptions de changements qui se suivent au d'objets contigus, mais non une liaison de nécessité. » (N.R.)

³³⁶ Tiré des notes de la quatrième liasse. (O.G.I.Z., Obs.)

³³⁷ Tiré des notes de la première liasse. 1874. (O.G.I.Z., Obs.)

en un foyer les rayons du soleil et leur donnons la même action que celle des rayons d'un feu ordinaire, nous prouvons par là que la chaleur vient du soleil. Si nous introduisons dans un fusil amorce, charge explosive et projectile et qu'ensuite nous tirions, nous escomptons³³⁸ un effet connu d'avance par expérience, parce que nous pouvons suivre dans tous ses détails le processus d'allumage, de combustion, d'explosion provoquée par la transformation brusque en gaz, la pression du gaz sur le projectile. Et ici le sceptique ne peut même pas dire que, de l'expérience passée, il ne résulte pas qu'il en sera de même la fois suivante. Car, en fait, il arrive que parfois il n'en soit *pas* de même, que l'amorce rate ou que la poudre fasse long feu, que le canon du fusil éclate, etc. Mais c'est précisément cela qui *prouve* la causalité, au lieu de la réfuter, car pour chacune de ces exceptions à la règle nous pouvons, en faisant les recherches appropriées, trouver la cause: décomposition chimique de l'amorce, humidité, etc., de la poudre, défautuosité du canon., etc., de sorte qu'ici la preuve de la causalité est pour ainsi dire administrée *deux lois*.

jusqu'ici la science de la nature, et de même la philosophie, ont absolument négligé l'influence de l'activité de l'homme sur sa pensée. Elles ne connaissent d'un côté que la nature, de l'autre que la pensée. Or, c'est précisément la *transformation de la nature par l'homme*, et non la nature seule en tant que telle, qui est le fondement le plus essentiel et le plus direct de la pensée humaine, et l'intelligence de l'homme a grandi dans la mesure où il a appris à transformer la nature. C'est pourquoi, en soutenant que c'est exclusivement la nature qui agit sur l'homme, que ce sont exclusivement les conditions naturelles qui partout conditionnent son développement historique, la conception naturaliste de l'histoire, - telle qu'elle se manifeste plus ou moins chez Draper et d'autres savants, - est unilatérale et elle oublie que l'homme aussi réagit sur la nature, la transforme, se crée clés conditions nouvelles d'existence. De la « nature » de l'Allemagne à l'époque où les Germains s'y établirent, il reste diablement peu de chose. La surface du sol, le climat, la végétation, la faune, les hommes eux-mêmes ont infiniment changé, et tout cela du fait de l'activité humaine, tandis que les transformations qui dans ce temps se sont produites dans la nature de l'Allemagne sans que l'homme y mette la main sont insignifiantes.

L'action réciproque est le premier caractère qui se présente à nous, quand nous considérons la matière en mouvement dans son ensemble du point de vue de la science de la nature d'aujourd'hui. Nous observons une série de formes du mouvement: mouvement mécanique, chaleur, électricité, magnétisme, combinaison et décomposition chimiques, passage de l'un à l'autre des états d'agrégation, vie organique, formes qui toutes, si nous en exceptons *pour l'instant encore* la vie organique, se convertissent de l'une en l'autre, se conditionnent réciproquement, sont ici cause et là effet, cependant que, dans tous les changements de forme, la somme totale du mouvement reste la même (la formule de Spinoza - la *substance est causa sui*, exprime de façon frappante l'action réciproque). Le mouvement mécanique se convertit en chaleur, en électricité, en magnétisme, en lumière, etc., et vice versa. Ainsi la science de la nature. confirme ce que dit Hegel (où ?) : l'action réciproque est la véritable *causa finalis* des choses. Nous ne pouvons remonter au-delà de la connaissance de cette action réciproque, car, derrière eue, il n'y a

³³⁸ Dans le manuscrit d'Engels il y a *und rechnen* (et nous escomptons). Mais, avec une telle rédaction, cette phrase n'a pas de proposition principale. C'est pourquoi au lieu de *und rechnen* il convient de lire *so rechnen wir* (nous escomptons). (O.G.I.Z., *Obs.*)

précisément rien à connaître. Une fois connues les formes du mouvement de la matière (connaissance certes encore pleine de lacunes, vu ³³⁹ le peu le temps depuis lequel la science de la nature existe), nous con-naissons la matière elle-même et de ce fait la connaissance est achevée. (Chez Grove, toute la méprise au sujet de la causalité repose sur le fait qu'il ne vient pas à bout de la catégorie d'action réciproque; il a la chose, mais il ne l'a pas poussée jusqu'à la forme de l'idée abstraite, d'où la confusion, pp. 10-14 ³⁴⁰.) Ce n'est qu'à partir de cette action réciproque universelle que nous en venons au rapport réel de causalité. Pour comprendre les phénomènes pris individuellement, il nous faut les arracher de l'enchaînement universel, les considérer isolément ; mais alors les mouvements qui se succèdent apparaissent l'un comme cause, l'autre comme effet ³⁴¹.

Pour quiconque nie la causalité, toute loi de la nature est une hypothèse et, entre autres, également l'analyse chimique des corps de l'univers à l'aide du spectre obtenu par un prisme. Quelle platitude de pensée que d'en rester là ³⁴² !

Sur l'incapacité de Naegeli de connaître l'infini ³⁴³.

Nageli ³⁴⁴, pp. 12-13.

Naegeli dit d'abord que nous ne pouvons pas connaître de différences qualitatives réelles, et il dit, tout de suite après, que de telles « différences absolues » ne se rencontrent pas dans la nature ! (p. 12.)

Premièrement, toute qualité a d'infinies gradations quantitatives, par exemple, nuances de couleur, dureté et mollesse, longévité, etc., et celles-ci, bien que qualitativement différentes, sont mesurables. et connaissables.

Deuxièmement, il n'existe pas de qualités, mais seulement des choses avec des qualités, et, en vérité, un nombre infini de qualités. Dans deux choses différentes, il y a toujours certaines qualités communes (tout au moins les propriétés de la matérialité), et d'autres graduellement différentes, d'autres encore peuvent manquer entièrement à l'une des choses. Si, en prenant à part ces deux choses extrêmement différentes, - un météorite et un homme, par exemple, - nous les rapprochons, il n'en sortira pas grand-chose, tout au plus que toutes deux ont en commun la pesanteur et d'autres propriétés physiques générales. Mais entre les deux s'intercale une série

³³⁹ En français dans le texte. (N.R.)

³⁴⁰ Engels pense au livre de GROVE: *The Correlation of physical Forces (La corrélation des forces physiques)* paru pour la première fois en 1846. Les pages indiquées sont probablement celles de la 3e édition (Londres 1855). (O.G.I.Z., Obs.)

³⁴¹ Tiré des notes de la première liasse. 1874. (O.G.I.Z., Obs.)

³⁴² Tiré des notes de la première liasse. 1874. (O.G.I.Z., Obs.)

³⁴³ Ce titre figure dans le sommaire établi par Engels de la deuxième liasse de matériaux de *Dialectique de la stature*, où cette note (sous la rubrique « c ») suit immédiatement deux « Notes à propos de l'Anti-Dühring » (Cf. pp. 255 et 272). Cette note elle-même (écrite sur deux feuilles séparées de format particulier avec une pagination à part) n'a aucun rapport avec l'Anti-Dühring et ne renferme pas la moindre référence à ce livre. Elle est consacrée à un examen critique des positions fondamentales prises par le botaniste Naegeli dans son discours au congrès de Munich des naturalistes et médecins allemands le 20 septembre 1877. Ce discours était intitulé : Sur les limites de la connaissance dans les sciences de la nature. Engels le cite d'après le supplément au bulletin du congrès que lui avait selon toute vraisemblance fourni Schorlemmer qui y assistait. L'époque de la rédaction de la note n'est pas connue. En tout cas après septembre 1877. (O.G.I.Z., Obs.)

³⁴⁴ Ces pages se réfèrent au discours de Naegeli : *Die Schranken der naturwissenschaftlichen Erkenntnis in Tageblatt der 50. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte in München 1877. Beilage*, sept. 1877. (O.G.I.Z., Obs.)

infinie d'autres choses naturelles et d'autres processus naturels, qui nous permettent de compléter la série du météorite à l'homme et d'assigner à chacun sa place dans la connexion naturelle, par suite de les *connaître*. Cela, Naegeli lui-même l'admet.

Troisièmement, nos différents sens peuvent, dit-on, nous donner des impressions absolument différentes qualitativement. Les propriétés dont nous faisons l'expérience par la vue, l'odorat, l'ouïe, le goût et le toucher seraient, par suite, absolument différentes. Mais, même ici, les différences tombent à mesure que progresse la recherche. L'odorat et le goût sont reconnus depuis, longtemps comme des sens apparentés, connexes, qui perçoivent des propriétés connexes, sinon identiques. La vue et l'ouïe perçoivent toutes deux des vibrations ondulatoires. Le toucher et la vue se complètent réciproquement à tel point qu'à la vue d'une chose nous pouvons assez souvent prédire ses propriétés au toucher. Et, enfin, c'est toujours le même moi qui recueille en lui et élabore, donc synthétise en une unité, toutes ces diverses impressions des sens, et de même ces différentes impressions sont fournies par la même chose, dont elles apparaissent donc comme les qualités *communes*, qu'elles aident donc à connaître. Expliquer ces propriétés différentes, accessibles seulement à des sens différents, établir une connexion interne entre elles, voilà, justement, la tâche de la science ; et jusqu'ici, elle ne s'est pas plainte que nous n'ayons pas un sens général au lieu des cinq sens spéciaux, ou que nous ne voyions pas ou n'entendions pas les goûts et les odeurs.

Où que nous nous tournions, nulle part nous ne trouvons dans la nature ces « domaines qualitativement ou absolument différents » qui sont déclarés inintelligibles. Toute la confusion vient de la confusion sur la qualité et la quantité. Selon l'opinion mécaniste régnante, toutes les différences qualitatives ne passent pour expliquées aux yeux de Naegeli que dans la mesure où elles peuvent se réduire à des différences quantitatives (sur quoi le nécessaire a été dit ailleurs) ou bien parce que la qualité et la quantité sont pour lui des catégories absolument différentes. Métaphysique.

« Nous ne pouvons connaître *que le fini*, etc. ³⁴⁵. Cela n'est tout à fait juste que dans la mesure où seuls des objets finis tombent dans le domaine de notre connaissance. Mais cette thèse a besoin du complément : « Au fond, nous ne pouvons connaître *que l'infini*. » En effet, toute connaissance réelle, exhaustive ne consiste qu'en ceci : nous élevons en pensée le singulier de la singularité à la particularité et de celle-ci à l'universalité, nous découvrons et constatons l'infini dans le fini, l'éternel dans le périssable. Mais la forme de l'universalité est forme du fermé-en-soi, donc de l'infini, elle est la synthèse des nombreux finis dans l'infini. Nous savons que le chlore et l'hydrogène, dans certaines limites de température et de pression et sous l'action de la lumière, se combinent en explosant pour former du gaz chlorhydrique et dès que nous savons cela, nous savons aussi que cela se produit *partout et toujours*, là où les conditions citées sont réunies, et il peut être indifférent que cela se répète une fois ou des millions, et sur combien de corps célestes ³⁴⁶. La forme de l'universalité

³⁴⁵ Naegeli, loc. cit. p. 13. Souligné par Engels. (N.R.)

³⁴⁶ Le principe de relativité, énoncé par Einstein, n'exprime pas autre chose. Il postule essentiellement que les lois d'un processus naturel déterminé sont indépendantes du lieu et de l'époque, que malgré la relativité du lieu et même de l'époque ces lois ont un caractère absolu. En particulier, dans le problème de la détermination de l'époque commune à des lieux différents la dynamique relativiste envisage volontiers, comme l'une des meilleures solutions, de choisir pour unité de temps la durée d'évolution d'une réaction chimique ou nucléaire

dans la nature est loi, et personne plus que les savants n'a à la bouche *l'éternité des lois de la nature*. Donc, lorsque Naegeli dit qu'on rend le fini insondable dès qu'on ne veut pas étudier simplement ce fini, mais qu'on y mêle de l'éternel, ou bien il nie le caractère connaissable des lois de la nature, ou bien il nie leur éternité. Toute connaissance vraie de la nature est connaissance de l'éternel, de l'infini, et par conséquent essentiellement absolue.

Mais à cette connaissance absolue il y a un écueil, et de taille. De même que l'infinité de la substance connaissable se compose uniquement d'éléments finis, de même l'infinité de la pensée qui atteint la connaissance absolue se compose aussi d'un nombre infini de cerveaux humains finis, qui travaillent à côté les uns des autres et les uns après les autres à cette connaissance infinie, commettent des bévues pratiques et théoriques, partent de prémisses infécondes, unilatérales, fausses, suivent des voies inexactes, tortueuses, incertaines, et souvent ne trouvent même pas ce qui est juste lorsqu'ils tombent le nez dessus (Priestley)³⁴⁷. C'est pourquoi la connaissance de l'infini est bardée de doubles difficultés, et, de par sa nature, elle ne peut s'accomplir que dans une progression asymptotique infinie. Et cela nous suffit complètement pour pouvoir dire: l'infini est tout aussi connaissable qu'inconnaissable, et c'est tout ce qu'il nous faut.

Il est assez comique que Naegeli dise la même chose :

Nous ne pouvons connaître que le fini, mais nous pouvons aussi connaître tout *fini* * qui tombe dans le champ de notre perception sensible³⁴⁸.

Le fini qui tombe dans le champ, etc., constitue précisément par sa somme l'infini, car *c'est en elle précisément que Naegeli est allé chercher son idée de l'infini* 1 Sans ce fini, etc., il n'aurait absolument aucune idée de l'infini !

(On parlera ailleurs du mauvais *infini* en tant que tel.)

Avant cette étude de *l'infini*, ce qui suit :

1. Le « domaine minuscule » dans l'espace et le temps;
2. Le « manque probable de perfectionnement des organes des sens ».
3. « Nous ne pouvons connaître que le fini, le transitoire, le changeant et le graduellement différent et relatif, de même que nous pouvons seulement transposer les notions mathématiques sur les choses de la nature et que nous ne pouvons juger de ces dernières que par les mesures que nous en prenons. Nous n'avons pas la moindre représentation de l'infini ou de l'éternel, du permanent et du stable, des différences absolues. Nous savons exactement ce que signifient une heure, un mètre, un kilogramme, mais nous ne savons pas ce que sont le temps, l'espace, l'énergie et la matière, le mouvement et le repos, la cause et l'effet.»³⁴⁹

C'est toujours la vieille histoire. D'abord, on fait des abstractions des choses sensibles, et ensuite, on veut les connaître par voie sensible, on veut voir le temps et flairer l'espace. L'empiriste s'enfonce à tel point dans l'habitude de la connaissance

bien déterminée. Engels prend aussi comme exemple de permanence des lois naturelles une métamorphose chimique. (N.R.)

³⁴⁷ Engels fait allusion à la découverte de l'oxygène par Joseph Priestley qui ne soupçonna même pas qu'il venait de découvrir un nouveau corps chimique, et que cette découverte était destinée à provoquer une révolution en chimie. Engels parle plus en détail de cette découverte dans sa préface au livre II du Capital. (O.G.I.Z., Obs.)

* Souligné par Engels. (N.R.)

³⁴⁸ Naegeli W. cit. p. 13.

³⁴⁹ Naegeli loc. cit., p. 13. (N.R.)

empirique qu'il se croit encore dans le domaine de la connaissance sensible lorsqu'il manie des abstractions. Nous savons ce qu'est une heure, un mètre, mais nous ne savons pas ce que sont le temps et l'espace ! Comme si le temps était autre chose que tout simplement des heures et l'espace autre chose que tout simplement des mètres cubes ³⁵⁰ ! Les deux formes d'existence de la matière ne sont naturellement rien sans la matière, ce sont des notions vides, des abstractions qui n'existent que dans nos cerveaux. Mais alors nous ne devrions pas non plus savoir ce que sont matière et mouvement ! Naturellement, puisque personne n'a encore vu ni éprouvé autrement la matière comme telle et le mouvement comme tel, mais seulement les diverses substances et formes de mouvement existant réellement. La substance, la matière, n'est pas autre chose que l'ensemble des substances duquel ce concept est abstrait ; le mouvement comme tel n'est pas autre chose que l'ensemble de toutes les formes de mouvement perceptibles par les sens ; des mots comme matière et mouvement ne sont que des *abréviations*, dans lesquelles nous réunissons d'après leurs propriétés communes beaucoup de choses différentes perceptibles par les sens. La matière et le mouvement *ne peuvent donc pas* être connus autrement que par l'étude des substances singulières et des formes de mouvements singuliers, et quand nous connaissons ces dernières, nous connaissons aussi dans la même mesure la matière et le mouvement *comme tels*. Donc, lorsque Naegeli dit que nous ne savons pas ce que sont le temps, l'espace, la matière, le mouvement, la cause et l'effet, il dit simplement que nous nous faisons d'abord dans notre tête des abstractions du monde réel et que nous ne pouvons pas alors connaître ces abstractions que nous avons faites nous-mêmes, parce qu'elles sont des objets de pensée et non des choses sensibles, tandis que toute connaissance est ³⁵¹ *mesure sensible* ! Exactement comme la difficulté chez Hegel : nous pouvons bien manger des cerises et des prunes, mais pas du *fruit*, car personne n'a encore mangé du fruit en tant que tel.

Quand Naegeli prétend qu'il y aurait vraisemblablement dans la nature toute une foule de formes de mouvement que nous ne pouvons pas percevoir par nos sens, c'est là une pauvre excuse qui équivaut à la suppression, *au moins pour notre connaissance*, de la loi selon laquelle le mouvement ne peut être créé. Car elles peuvent tout de même *se transformer en mouvement perceptible Pour nous !* Par exemple, l'électricité de contact serait ainsi facilement expliquée !

À l'adresse de Naegeli ³⁵²: inconcevabilité de l'infini. Dès que nous disons : matière et mouvement ne sont pas créés et sont indestructibles, nous disons que le monde existe comme progrès infini, c'est-à-dire sous la forme du mauvais infini, et nous avons de ce fait saisi dans ce processus tout ce qu'il y a à saisir. Tout au plus peut-on encore se demander si ce processus est une répétition éternelle, - en grand circuit, - du même au même, ou si les cycles ont des branches ascendantes et des branches descendantes.

Le mauvais infini ³⁵³. Hegel plaçait déjà, à juste titre, le véritable infini dans l'espace

³⁵⁰ On sait tout le parti qu'Einstein tira précisément de cette idée que les concepts d'espace et de temps physique ne doivent pas être autre chose que le résultat d'une abstraction portant sur la pratique de la mesure des distances et des durées. (N.R.)

³⁵¹ D'après Naegeli. (N.R.)

³⁵² Tiré des notes de la quatrième liasse. La date de rédaction de cette note n'est pas connue. En tout cas elle a été rédigée après septembre 1877, date du discours de Naegeli sur « les limites de la connaissance ». (O.G.I.Z., Obs.)

³⁵³ Tiré des notes de la première liasse. 1874. (O.G.I.Z., Obs.)

et le temps *remplis*, dans le processus naturel et l'histoire. Maintenant, la nature entière se résout elle-même en histoire et l'histoire ne se distingue de l'histoire de la nature que comme le processus de développement d'organismes *conscients*. Cette multiplicité infinie de la nature et de l'histoire n'implique l'infini de l'espace et du temps - le mauvais infini - que comme moment dépassé, certes essentiel, mais non prédominant. La limite extrême de notre science de la nature est jusqu'ici *notre* univers et nous n'avons pas besoin des univers infiniment nombreux qui sont hors des limites du nôtre pour connaître la nature. Bien plus, parmi des millions de soleils, un seul soleil et son système constituent la base essentielle de nos recherches astronomiques. Pour la mécanique, la physique et la chimie terrestres, nous sommes plus ou moins limités à la petite terre; pour la science organique, nous le sommes tout à fait. Et, pourtant, cela ne porte aucun préjudice essentiel à la multiplicité pratiquement infinie des phénomènes et à la connaissance de la nature, pas plus que la limitation semblable, et même plus grande encore, à un temps relativement court et à une portion relativement petite de la terre ne nuit à l'histoire.

1. Selon Hegel, la progression à l'infini est le vide absolu, car elle n'apparaît que comme *la répétition éternelle de la même chose*: 1 +1 +1, etc.

2. Or, en réalité, elle n'est nullement une répétition, mais un développement, un progrès ou une régression et devient par là une forme nécessaire du mouvement. Sans compter qu'elle il est nullement infinie : on peut prévoir dès maintenant la fin de la période de vie de la terre. Par contre, la terre n'est pas non plus l'univers entier. Le système hégélien excluait tout développement dans le temps de l'histoire de la nature, sans quoi celle-ci ne serait pas l'Être-en-dehors-de-soi de l'Esprit. Mais, dans l'histoire des hommes, la progression à l'infini est reconnue comme la seule forme vraie d'existence de l' « Esprit », à ceci près que, par un effet de l'imagination, on admet une fin de ce développement... avec l'établissement de la philosophie de Hegel.

3. Il y a aussi une connaissance infinie ³⁵⁴ : *questa infinità che le cose non hanno in progresso, la hanno in giro* ³⁵⁵. Ainsi, la loi du changement de forme du mouvement est une loi infinie, se refermant sur elle-même. Mais pareilles infinités sont à leur tour entachées de finitude, elles ne se présentent que fragmentairement. De même $1/r^2$ ³⁵⁶

Les lois éternelles de la nature se transforment aussi de plus en plus en lois historiques. Que l'eau soit liquide entre 0° et 100° est une loi éternelle de la nature ; mais pour que celle-ci soit valable, il faut qu'il y ait 1° de l'eau ; 2° la température

³⁵⁴ Dans le manuscrit il y a ici une remarque complémentaire d'Engels « (Quantité, p. 259. Astronomie)* ». (O.G.I.Z.)

* Ceci renvoie à *la Grande Logique* de HEGEL (Livre I, 2e Section : quantité). « Il y eut des astronomes qui considéraient leur science comme sublime parce qu'elle a affaire à des quantités *innombrables* d'étoiles, à des espaces et à des durées échappant à toute mesure... Leur science.. mérite en effet notre admiration, non à cause de cette infinité quantitative, mais, au contraire, à cause des rapports de mesure et des lois que la raison découvre dans ces phénomènes et qui constituent l'infini rationnel par opposition à l'autre, qui est l'infini irrationnel. » (Trad. Jankélévitch, tome I, p. 251-252.) (N.R.)

³⁵⁵ « Cette infinité que les choses n'atteignent pas dans la progression, elles l'atteignent dans la rotation. » (GALIANI : *Della Monda*, p. 156.) Cette citation a déjà été utilisée par Marx dans le livre I du *Capital* (Éditions Sociales, tome I, p. 157 n.). (N.R.)

³⁵⁶ Les mots : De même $1/r^2$ ont été ajoutés en supplément par Engels. Il est possible qu'Engels pense ici au nombre π qui a une signification tout à fait déterminée mais ne peut être exprimé par aucune fraction décimale exacte ni par aucune fraction ordinaire. Si l'on prend pour unité la surface du cercle, on tire de la formule $\pi r^2 = 1$ l'égalité $1/r^2$ (r étant le rayon du cercle). Cette note est tirée de la première liasse. (O.G.I.Z., Obs.)

donnée; 3° une pression normale ³⁵⁷. Sur la lune, il n'y a pas d'eau; sur le soleil, il n'y en a que les éléments, et, pour ces corps célestes, la loi en question n'existe pas. - Les lois de la météorologie sont éternelles aussi, mais seulement pour la terre, ou pour un corps de l'univers ayant la dimension, la densité, la déclinaison et la température de la terre, à supposer qu'il soit enveloppé d'une atmosphère présentant le même mélange d'oxygène et d'azote, ainsi que des quantités égales de vapeur d'eau qui s'évaporent et sont précipitées. La lune n'a pas d'atmosphère; le soleil en a une, qui est constituée de vapeurs métalliques incandescentes; la première n'a pas de météorologie, le second en a une toute différente de la nôtre. - Toute notre physique, notre chimie et notre biologie officielles sont exclusivement *géocentriques*, prévues seulement pour la terre. Nous n'avons toujours pas la moindre connaissance des rapports de tension électrique et magnétique sur le soleil, les étoiles fixes et les nébuleuses, ni même sur les planètes d'une autre densité ³⁵⁸. Sur le soleil, les lois des combinaisons chimiques des éléments sont rendues inopérantes par l'élévation de la température; ou bien elles n'ont qu'une action éphémère aux confins de l'atmosphère solaire et ces combinaisons se dissocient à nouveau en s'approchant du soleil. Mais la chimie solaire est seulement naissante et nécessairement toute différente de celle de la terre; elle ne la réfute pas, mais n'a rien à voir avec elle. Dans les nébuleuses, il est possible que n'existent même pas ceux des 65 éléments ³⁵⁹ qui sont peut-être eux-mêmes complexes. Si nous voulons donc parler de lois universelles de la nature qui s'appliquent uniformément à tous les corps - de la nébuleuse à l'homme - il ne nous reste que la pesanteur, et, à la rigueur, sous sa forme la plus générale, la théorie de la transformation de l'énergie, autrement dit la théorie mécanique de la chaleur. Mais cette théorie elle-même, si on l'applique d'une façon conséquente et universelle à tous les phénomènes de la nature, se change en un exposé historique des transformations qui se succèdent dans un système d'univers quelconque depuis sa naissance jusqu'à son déclin, c'est-à-dire en une histoire dans laquelle, à chaque stade, règnent d'autres lois, c'est-à-dire d'autres formes de manifestation du même mouvement universel, et ainsi il ne reste rien qui ait une valeur absolument universelle sinon... le *mouvement* ³⁶⁰.

Le point de vue *géocentrique* en astronomie est borné, et il a été éliminé à juste titre. Mais, à mesure que les recherches progressent, il reprend de plus en plus ses droits. Le soleil, etc., *servent* à la terre (HEGEL : *Philosophie de la nature*, p. 153) ³⁶¹. (Tout le gros soleil n'est là qu'à cause des petites planètes.) Rien d'autre n'est possible pour nous qu'une physique, une chimie, une biologie, une météorologie, etc., *géocentriques*, et on ne leur enlève rien en disant que tout cela n'est valable que pour la terre, et par suite n'est que relatif. Si l'on prend cela au sérieux et que l'on

³⁵⁷ Nous pouvons ajouter aujourd'hui d'autres conditions encore. Il faut, pour que l'ébullition se produise à 100°, la présence de bulles gazeuses microscopiques dans l'eau, provenant par exemple de l'air dissous. Il faut que l'eau soit le mélange naturel d'eau légère et d'eau lourde. Il ne fait pas de doute que nos successeurs trouveront des conditions plus nombreuses encore. (N.R.)

³⁵⁸ Aujourd'hui, grâce au spectroscope, beaucoup de connaissances ont été acquises sur l'électrisation des atomes qui composent l'atmosphère du soleil, sur le champ magnétique existant dans les taches solaires, etc. (N.R.)

³⁵⁹ On connaît aujourd'hui 92 éléments naturels et non plus 65. En outre, les progrès de la technique nucléaire ont permis de fabriquer plusieurs éléments n'existant pas dans la nature. L'élément portant le numéro *cent* dans la classification de Mendelév a été préparé. C'est le *centium*. (N.R.)

³⁶⁰ Tiré des notes de première liasse. Cette note a été probablement écrite dans la seconde moitié de 1876 (sur la même feuille que la première esquisse de l'introduction de l'*Anti-Dühring* qui fut publié sous sa forme définitive dans le n° du *Vorwaerts* du 3 janvier 1877). (O.G.I.Z., Obs.)

³⁶¹ HEGEL: *Philosophie de la nature*: « Le soleil sert à la planète, de même qu'aussi, somme toute, le soleil, la lune, les comètes, les étoiles sont seulement les conditions de la terre. » (N.R.)

exige une science qui n'ai pas de centre, on arrête le mouvement de *toute* science; pour nous, [il suffit] de savoir, que dans des circonstances [il se passe] partout la même chose [...] ³⁶².

Connaissance ³⁶³. Les fourmis ont d'autres yeux que nous, elles voient les rayons lumineux chimiques (?) ³⁶⁴ (*Nature*, 8 juin 1882, Lubbock) ³⁶⁵, mais, dans la connaissance de ces mêmes rayons invisibles pour nous, nous sommes parvenus considérablement plus loin que les fourmis. Le simple fait que nous puissions prouver *que* les fourmis voient des choses invisibles pour nous, et que cette preuve repose uniquement sur des observations faites avec nos yeux, montre que la structure particulière de l'œil humain n'est pas une limite absolue pour la connaissance humaine.

A notre oeil s'ajoutent non seulement les autres sens, mais l'activité de notre pensée. De celle-ci, il en va à son tour exactement comme de l'œil. Pour savoir ce que notre pensée peut saisir, il ne sert à rien, cent ans après Kant, de s'efforcer de découvrir les limites de notre pensée dans la *Critique de la raison pure*, dans l'étude de l'instrument de la connaissance ; cela est tout à fait aussi inutile que lorsque, dans l'insuffisance de notre vue (qui est certes nécessaire, un œil voyant *tous* les rayons ne verrait précisément pour cela *absolument rien*) ³⁶⁶ et dans la construction de notre oeil, qui borne la vue à des limites définies et ne reproduit pas non plus très exactement ce qu'il perçoit, Helmholtz trouve la preuve que notre oeil nous renseigne mal ou vaguement sur les propriétés de ce que nous voyons. Ce que notre pensée peut saisir, nous le voyons plutôt d'après ce qu'elle a déjà saisi et saisit encore chaque jour. Et c'est déjà suffisant, tant en quantité qu'en qualité. Par contre, l'étude des formes de la pensée, des catégories logiques, est très profitable et nécessaire, et, depuis Aristote, Hegel est seul à l'avoir entreprise systématiquement.

A vrai dire, nous n'arriverons jamais à savoir *comment* les rayons chimiques apparaissent aux fourmis. Celui que cela chagrine, tant pis pour lui.

La forme de développement de la science de la nature, dans la mesure où celle-ci pense, est l'hypothèse. L'observation révèle un fait nouveau qui rend impossible le

³⁶² Sur la photocopie de la page où est écrite cette note, que possède l'Institut Marx-Engels-Lénine, la dernière ligne du texte et le début de l'avant dernière ligne ne sont pas reproduits en entier du fait que, lors de la photographie, le bas de la feuille était partiellement replié. Les mots es *genügt* reproduits entre [] sont reconstitués d'après le sens et à l'aide de la partie supérieure de quelques lettres qui sont reproduites sur la photocopie. Les mots [il se passe] sont ajoutés d'après le sens. Cette note est tirée de la quatrième liasse. (O.G.I.Z., Obs.)

³⁶³ Tiré des notes de la première liasse. Écrit en 1882, ainsi qu'il ressort de la référence à la revue *Nature* du 8 juin 1882. (O.G.I.Z., Obs.)

³⁶⁴ C'est-à-dire ce qu'on appelle aujourd'hui les radiations ultraviolettes. (N.R.)

³⁶⁵ Engels fait allusion au compte-rendu par Georges Romanes du livre de *John Lubbock : Anis, Bees and Wasps (Fourmis, abeilles et guêpes)* Londres 1882. Ce compte-rendu a été publié par la revue anglaise *Nature* du 8 juin 1882. Le passage *qui* a attiré l'attention d'Engels sur « la grande sensibilité des fourmis aux rayons ultraviolets » est à la page 112 du tome XXVI de *Nature*. (O.G.I.Z., Obs.)

³⁶⁶ Si notre œil, par impossible, captait indistinctement toute l'énergie électromagnétique qui se propage dans l'espace, depuis les ondes radioélectriques jusqu'aux rayons gamma, il nous donnerait de la nature une image confuse et décolorée, sans contrastes. Par exemple, le contraste entre lumière et obscurité disparaîtrait, puisqu'un radiateur à eau chaude suffirait à éclairer une chambre. La sensation est fondée sur les différences, les contrastes; elle suppose que l'organe des sens opère un tri parmi les innombrables mouvements que les objets peuvent émettre dans l'espace. (N.R.)

mode d'explication antérieur des faits appartenant au même groupe. Dès cet instant naît le besoin de nouveaux modes d'explication fondés d'abord sur un nombre seulement limité de faits et d'observations. Le matériel d'expérience qui vient s'y ajouter épure ces hypothèses, élimine les unes, corrige les autres jusqu'à ce que la loi soit enfin établie sous sa forme pure. Si l'on voulait attendre jusqu'à ce que les matériaux nécessaires à la loi soient purs, cela signifierait suspendre jusque-là les investigations de la pensée, et ce serait une raison suffisante pour que la loi ne soit jamais mise sur pied.

Le nombre et la variété des hypothèses qui s'éliminent l'une l'autre, - étant donné le manque de formation logique et dialectique des savants, - donnent alors facilement naissance à l'idée que nous ne pouvons connaître l'essence des choses (Haller et Goethe)³⁶⁷. Cela n'est pas particulier à la science de la nature, étant donné que la connaissance humaine se développe en une courbe aux entrelacs multiples et que, même dans les disciplines historiques, y compris la philosophie, les théories s'éliminent l'une l'autre, ce dont personne ne conclut cependant que la logique formelle, par exemple, est un non-sens. - Forme dernière de cette conception : la « chose-en-soi ». Cette sentence selon laquelle nous ne pouvons connaître la chose en soi (HEGEL : *Encyclopédie*, § 44) sort premièrement du domaine de la science pour passer dans celui de l'imagination. En second lieu, elle n'ajoute pas un mot à notre connaissance scientifique, car, si nous ne pouvons pas nous occuper des choses, elles n'existent pas pour nous. Et, troisièmement, elle est pure phraséologie et n'est jamais appliquée. Prise abstraitement, elle rend un son très raisonnable. Mais qu'on la mette en application. Que penser du zoologiste qui dirait : « Le chien semble avoir quatre pattes, mais nous ne savons pas si en réalité il en a quatre millions ou s'il n'en a aucune » ? Du mathématicien qui commencerait par définir un triangle comme une figure ayant trois côtés et déclarerait ensuite qu'il ne sait pas s'il n'en a pas 25 ? Que 2×2 semblent faire 4 ? Mais les savants se gardent bien d'appliquer dans la science de la nature la phrase creuse de la « chose-en-soi » ; ce n'est que lorsqu'ils font une incursion dans le domaine de la philosophie qu'ils se le permettent. C'est la meilleure preuve du peu de sérieux qu'ils accordent à cette « chose-en-soi » et du peu de valeur qu'elle a. S'ils la prenaient au sérieux, à quoi bon³⁶⁸ étudier quoi que ce soit ?

Prise historiquement, la chose aurait un certain sens : nous ne pouvons connaître que dans les conditions de notre époque et dans les limites de, celles-ci³⁶⁹.

*Chose-en-soi*³⁷⁰. HEGEL, *Logique*, II, p. 10, ainsi que plus loin toute une section sur ce sujet³⁷¹.

Cela est, voilà ce que le scepticisme n'a pas osé dire; et l'idéalisme moderne (c'est-

³⁶⁷ Engels pense à la poésie de Haller publiée en 1732 : *Falschkeit menschlicher Tugenden* (Fausseté des vertus humaines) dans laquelle Haller affirme qu'aucun esprit créé ne peut pénétrer dans le noyau interne de la nature. Dans des poésies comme *Allerdings* (Certes) (1820) et *Ultimatum* (Ultimatum) (1821), Goethe prit position contre ces déclarations de Haller en montrant que dans la nature tout est un et qu'il ne faut pas la diviser en un noyau interne inconnaissable et une coquille extérieure accessible à l'homme comme le fait Haller. Hegel, mentionne aussi ce désaccord entre Goethe et Haller (*Encyclopédie*, I, p. 276). (O.G.I.Z. Obs.)

³⁶⁸ En français dans le texte. (N.R.)

³⁶⁹ Tiré des notes de la première liasse, 1874. (O.G.I.Z., Obs.)

³⁷⁰ Tiré des notes de la première liasse, 1874. (O.G.I.Z., Obs.)

³⁷¹ Engels pense au livre II de la *Grande Logique*. La section entière qu'il mentionne est la section « Le phénomène ». Le passage cité se trouve dans l'édition Jankélévitch, tome II, pp. 12-13. (N.R.)

à-dire Kant et Fichte) ne s'est pas permis de considérer nos connaissances comme étant celle des choses-en-soi³⁷²... Mais en même temps le scepticisme attribua à ces apparences les déterminations les plus variées ou plutôt leur donna pour contenu toute la richesse multiforme du monde. Et l'idéalisme, de son côté, conçoit un *monde phénoménal* * (c'est-à-dire ce que l'idéalisme appelle les phénomènes) comme comprenant tout l'ensemble de ces déterminations multiples et variées... Le contenu ne peut donc avoir pour base aucun Être, aucune chose, aucune chose-en-soi; il reste *Pour soi ce qu'il est, il ne fait passer de l'être à l'apparence...* *

Hegel est donc ici un matérialiste beaucoup plus résolu que les savants modernes.

Savoureuse autocritique de la chose-en-soi de Kant, [le fait] que Kant échoue aussi sur la question du moi pensant et qu'il y trouve également une chose-en-soi inconnaissable. Hegel, V. p. 256 sqq³⁷³.

³⁷² En marge du manuscrit d'Engels on peut lire: « Cf. Encyclopédie I, p. 252 ». (O.G.I.Z.)

* Souligné par Engels. (N.R.)

³⁷³ Tiré des notes de la première liasse. Écrit probablement vers 1881 La référence à Hegel vise le livre III de la *Grande Logique*. (O.G.I.Z., Obs.)

[LES FORMES DU MOUVEMENT DE LA MATIÈRE CLASSIFICATION DES SCIENCES]

Causa finalis - la matière et le mouvement qui lui est inhérent. Cette matière *n'est pas une abstraction*. Déjà sur le soleil les divers corps sont dissociés et ne se différencient pas dans leur action. Mais, dans *la sphère gazeuse de la nébuleuse*, tous les corps, bien qu'existant séparément, *se fondent en pure matière en tant que telle*, n'agissant que comme matière et non selon leurs propriétés spécifiques³⁷⁴.

(D'ailleurs, chez Hegel déjà, l'opposition entre *causa efficiens* et *causa finalis* est levée dans l'action réciproque.)³⁷⁵

*Matière primitive*³⁷⁶ :

La conception que la matière existe à l'origine et n'a pas de forme en soi est très ancienne et nous la trouvons déjà chez les Grecs, d'abord sous la forme mythique du Chaos, qui -est représenté comme l'informe fondement du monde existant. (HEGEL : Encyclopédie, I, p. 258.)

Nous retrouvons ce Chaos, chez Laplace: chez lui, la nébuleuse, qui n'a plus qu'un *commencement* de forme, s'en rapproche. Ensuite vient la différenciation.

On admet communément que la pesanteur est la détermination la plus générale de la matérialité, c'est-à-dire que l'attraction est une propriété nécessaire de la matière, mais non la répulsion. Mais attraction et répulsion sont aussi inséparables l'une de l'autre que positif et négatif et, par suite, sur la base de la dialectique elle-même, on peut prédire d'avance que la théorie vraie de la matière doit assigner à la répulsion une place tout aussi importante qu'à l'attraction, qu'une théorie de la matière reposant sur la seule attraction est fautive, insuffisante, loin de compte. En fait, il y a assez de phénomènes qui l'indiquent à l'avance. Déjà à cause de la lumière on ne peut se passer de l'éther. L'éther est-il matériel? De toute façon, s'il *est*, il doit être matériel, il doit être englobé dans le concept de matière. Mais il n'a pas de pesanteur. On admet que les queues de comètes sont matérielles. Elles manifestent une énorme répulsion. La chaleur dans le gaz produit de la répulsion, etc.³⁷⁷.

*Attraction et gravitation*³⁷⁸. Toute la théorie de la gravitation repose sur l'affirmation que l'attraction est l'essence de la matière. Cela est nécessairement faux. Là où il y a attraction, il faut qu'elle soit complétée par la répulsion. C'est pourquoi Hegel déjà remarquait très justement que l'essence de la matière est attraction *et* répulsion³⁷⁹. Et, en effet, nous sommes de plus en plus obligés d'admettre que la dispersion de la

³⁷⁴ Effectivement, mm le soleil (à l'exception de quelques combinaisons dans us couches extérieures), toute la matière est dissociée en atomes et les atomes peuvent perdre quelques électrons. On peut encore les distinguer par leur spectre, c'est-à-dire par le genre de lumière qu'ils émettent. Dans une nébuleuse, cette distinction elle-même n'est plus possible, sauf pour la fraction infinitésimale des atomes qui, à un moment donné, ont assez d'énergie pour émettre des radiations. (N.R.)

³⁷⁵ Tiré des notes de la première basse, 11874. (O.G.I.Z., Obs.)

³⁷⁶ Tiré des notes de la première liasse, 1814. (O.G.I.Z., Obs.)

³⁷⁷ Tiré des notes de la quatrième liasse. (O.G.I.Z. Obs.)

³⁷⁸ Tiré des notes de la quatrième liasse. (O.G.I.Z. Obs.)

³⁷⁹ Cf. Hegel : « L'attraction est tout autant une propriété essentielle de la matière que la répulsion. » (N.R.)

matière a une limite où l'attraction se convertit en répulsion, et qu'inversement la condensation de la matière soumise à répulsion a une limite où elle devient attraction ³⁸⁰.

La conversion d'attraction en répulsion et inversement est ,mystique chez Hegel, mais, au fond, il a anticipé sur les découvertes ultérieures de la science de la nature. Déjà, dans le gaz, il y a répulsion des molécules, plus encore dans la matière de fragmentation plus fine, par exemple dans les queues de comète, où elle agit même avec une force énorme. Hegel est génial même en ceci qu'il déduit l'attraction, comme élément second, de la répulsion, comme élément primaire : un système solaire ne se forme que parce que l'attraction prend peu à peu le pas sur la répulsion primitivement prédominante. - Dilatation par la chaleur = répulsion. Théorie cinétique des gaz ³⁸¹.

Divisibilité de la matière ³⁸². Question pratiquement indifférente pour la science. Nous savons qu'il existe en chimie une limite déterminée à la divisibilité, au delà de laquelle les corps ne peuvent plus avoir d'action chimique : l'atome, et que plusieurs atomes sont toujours en combinaison ³⁸³ : la molécule. De même, en physique, nous sommes obligés d'admettre certaines particules, les plus petites pour la recherche physique, dont la disposition conditionne La farine et la cohésion des corps, dont les vibrations se manifestent dans la chaleur, etc. Mais est-ce que la molécule physique et la molécule chimique sont identiques ou différentes, nous n'en savons rien jusqu'ici ³⁸⁴. - Hegel se tire très facilement d'affaire sur cette question de la divisibilité en, disant que la matière est l'un et l'autre, divisible et continue, et en même temps ni l'un ni l'autre ³⁸⁵, ce qui n'est pas une réponse, mais est presque prouvé maintenant (Voir feuille 5, 3 en bas : Clausius) ³⁸⁶.

Divisibilité. Le mammifère indivisible: chez le reptile une patte peut encore repousser. - Les ondes d'éther, divisibles et mesurables jusqu'à l'infiniment petit ³⁸⁷. Tout corps

³⁸⁰ Cf. aussi la note « Cohésion », p. 292. (O.G.I.Z. Obs.)

De telles conversions de contraires ont été mises en évidence par la physique moderne. Ainsi, entre deux atomes d'hydrogène existe une attraction mutuelle qui les agrège pour former une molécule. Mais, si les deux atomes se rapprochent en, deçà d'une certaine distance critique, cette attraction se convertit en répulsion mutuelle. Dans le domaine de la physico-chimie nucléaire, deux noyaux atomiques se repoussent tant que leur distance est supérieure à une certaine valeur critique, en deçà de laquelle la répulsion se convertit en attraction. (N.R.)

³⁸¹ Tiré des notes de la première liasse, 1874. (O.G.I.Z. Obs.)

³⁸² Tiré des notes de la première liasse, 1874. (O.G.I.Z. Obs.)

³⁸³ En réalité, un petit nombre d'éléments, par exemple le néon et le mercure, existe à l'état d'atomes isolés à température ordinaire, et tous les éléments sont dans ce même état aux très hautes températures. (N.R.)

³⁸⁴ Le problème est complexe. Pour les gaz et les vapeurs, la molécule physique et la molécule chimique sont identiques. Pour les liquides, il n'en va déjà pas de même : souvent, plusieurs molécules chimiques se groupent, plus ou moins solidement liées ensemble. Les solides sont formés de cristaux, constitués par des groupes d'atomes disposés selon une régularité géométrique dans l'espace. Ces groupes d'atomes peuvent être identiques à la molécule chimique ou différents -notamment être des ions. L'étude de la structure de la matière à l'aide des rayons X a, depuis l'époque où Engels écrivait, beaucoup aidé à approfondir le problème posé par lui. (N.R.)

³⁸⁵ Engels pense probablement au raisonnement de Hegel dans le livre I de la *Grande Logique* (trad. Jankélévitch, tome I, pp. 202-213). (N.R.)

³⁸⁶ Cette phrase entre parenthèses a été ajoutée en complément par Engels après qu'il eut rédigé la 50 feuille des notes (la présente note se trouve sur la 40 feuille). Le chiffre 3 après le no de la feuille désigne la page (la feuille en compte 4). Cette note sur Clausius (à propos de la théorie cinétique des gaz et de l'hypothèse de l'éther) est donnée ci-dessous p. 293. (O.G.I.Z. Obs.)

³⁸⁷ Les ondes électromagnétiques sont, en première approximation, continues, c'est-à-dire « divisibles et mesurables jusqu'à l'infiniment petit ». Mais une étude plus approfondie a révélé, à partir de 1900, qu'elles ont

est divisible, en pratique, à l'intérieur de certaines limites, p. ex. en chimie ³⁸⁸.

Son essence (l'essence du mouvement) consiste en l'unité immédiate de l'espace et du temps... Espace et temps sont nécessaires au mouvement, la vitesse, la quantité de mouvement, c'est l'espace en fonction du temps déterminé qui s'est écoulé. ([HEGEL] *Philosophie de la nature*, p. 65 ³⁸⁹.) Espace et temps sont remplis de matière... Pas plus qu'il n'y a de mouvement sans matière, il n'y a de matière sans mouvement (p. 67) ³⁹⁰

L'indestructibilité du mouvement est énoncée dans la thèse de Descartes selon laquelle la même quantité de mouvement se conserve constamment dans l'univers. Les savants, en parlant de l'« indestructibilité de la force », expriment la chose d'une manière imparfaite. L'expression purement quantitative de Descartes est également insuffisante: le mouvement en tant que tel, en tant que manifestation essentielle, en tant que forme d'existence de la matière, aussi indestructible que celle-ci, cette formulation implique déjà l'aspect quantitatif de la chose. Donc, ici aussi, le savant a confirmé deux cents ans après le philosophe ³⁹¹.

Indestructibilité du mouvement ³⁹², joli passage chez Grove, p. 20 sqq. ³⁹³.

Mouvement et équilibre ³⁹⁴. L'équilibre est inséparable du mouvement ³⁹⁵. Dans le mouvement des corps célestes, il y a *mouvement dans l'équilibre et équilibre dans le mouvement* (relativement). Mais tout mouvement spécialement relatif, c'est-à-dire ici tout mouvement singulier de corps singuliers sur un corps céleste en mouvement, tend au rétablissement de l'état de repos relatif de l'équilibre. La possibilité du repos relatif des corps, la possibilité d'états d'équilibre temporaires sont des conditions essentielles de la différenciation de la matière et, par suite, de la vie. Sur le soleil, pas d'équilibre des corps singuliers, mais seulement équilibre de la masse entière ; s'il y a équilibre de corps singuliers, équilibre très restreint, conditionné par d'importantes différences de densité ; à la surface mouvement éternel, agitation, dissociation. Sur la lune semble régner l'équilibre exclusif, sans aucun mouvement relatif : la mort (la lune = négativité). Sur la terre le mouvement s'est différencié dans l'alternance du repos et de l'équilibre : le mouvement singulier tend vers l'équilibre, la totalité du mouvement supprime à nouveau l'équilibre singulier. La roche est parvenue à l'état de repos, mais l'effet des intempéries, l'action du ressac marin, des fleuves, des glaciers détruisent constamment l'équilibre. L'évaporation et la pluie, le vent, la chaleur, les phénomènes, électriques et magnétiques nous donnent le même

une structure fine discontinue. Elles règlent le mouvement de corpuscules extrêmement légers, les Photons. (N.R.)

³⁸⁸ Tiré des notes de la première liasse, 1874. (O.G.I.Z. Obs.)

³⁸⁹ Engels cite la *Philosophie de la nature* de HEGEL, d'après l'édition allemande de 1842. (N.R.)

³⁹⁰ Tiré des notes de la première liasse, 1874. (O.G.I.Z., Obs.)

³⁹¹ Tiré des notes de la première liasse, 1874. (O.G.I.Z., Obs.)

³⁹² Tiré des notes de la première liasse, 1874. (O.G.I.Z., Obs.)

³⁹³ Engels pense au livre connu de GROVE : la *Corrélation des forces physiques* (cf. p. 234, note 2). Il se sert sans doute de la 3e édition de ce livre. Aux pages 20-29, Grove parle de « l'indestructibilité de la force à lors de la transformation du mouvement mécanique en « état de tension P et en chaleur. (O.G.I.Z., Obs.)

³⁹⁴ Tiré des notes de la première liasse, 1874. (O.G.I.Z., Obs.)

³⁹⁵ *Au-dessus de cette ligne, au sommet de la page, cette remarque au crayon « Équilibre = prédominance de l'attraction sur la répulsion. » (O.G.I.Z.)*

spectacle. Enfin, dans l'organisme vivant, nous observons le mouvement constant de toutes ses particules les plus petites aussi bien que d'organes plus grands, mouvement qui a pour résultat, pendant la période normale de vie, l'équilibre constant de l'ensemble de l'organisme, et qui pourtant ne cesse pas : unité vivante du mouvement et de l'équilibre.

Tout équilibre seulement *relatif* et *temporaire*.

1. Mouvement des corps célestes. Équilibre approximatif entre attraction et répulsion dans le mouvement.

2. Mouvement sur un corps céleste singulier. Masse. Dans la mesure où ce mouvement est dû à des causes purement mécaniques, il y a également équilibre. Les masses reposent sur leur base. Cela se réalise, semble-t-il, tout à fait sur la lune. L'attraction mécanique a vaincu la répulsion mécanique. Du point de vue de la mécanique pure, nous ne savons pas ce qu'il est advenu de la répulsion, et la mécanique pure explique tout aussi peu d'où viennent les « forces » grâce auxquelles on met, par exemple sur terre, des masses en mouvement *contre* la pesanteur. Elle prend le fait comme donné. Ici, donc, on a une simple transmission de mouvement mécanique de répulsion, d'éloignement de masse à masse, cependant que l'attraction et la répulsion sont égales entre elles.

3. Mais l'énorme masse de tous les mouvements sur la terre représente la transformation d'une forme du mouvement en l'autre, - de mouvement mécanique en chaleur, en électricité, en mouvement chimique, - et de chacun de ceux-ci en l'autre; donc, soit³⁹⁶ conversion d'attraction en répulsion - mouvement mécanique en chaleur, en électricité, en décomposition chimique (cette conversion est la transformation en chaleur du mouvement mécanique qui à l'origine est *élévateur*, et non mouvement de *chute*, comme il semble au premier abord), [- soit conversion de répulsion en attraction.]

4. Toute³⁹⁷ l'énergie actuellement en action sur la terre est de la chaleur solaire transformée³⁹⁸.

*Mouvement mécanique*³⁹⁹. Pour les savants, il va toujours de soi d'identifier le mouvement au mouvement mécanique, au changement de lieu. C'est un héritage du XVIIIe siècle, qui ne connaissait pas encore la chimie, et cela rend beaucoup plus difficile la conception claire des processus. Le mouvement, appliqué à la matière c'est *le changement en général*. C'est du même malentendu que vient aussi la rage de tout réduire au mouvement mécanique, - déjà Grove inclinait fortement à penser que les autres états de la matière sont ou du moins seront finalement reconnus comme des variétés du mouvement (p. 16)⁴⁰⁰.

³⁹⁶ A cet *entweder* (soit) ne correspond aucun *oder* (soit). On peut supposer qu'à la fin de cette phrase Engels voulait mentionner aussi, et par opposition, la conversion de répulsion en attraction, mais qu'il n'a pas réalisé cette intention. La fin probable de cette phrase est donnée entre crochets. (O.G.I.Z., Obs.)

³⁹⁷ La plus grande partie de cette énergie seulement. (N.R.)

³⁹⁸ Tiré des notes de la quatrième liasse. Engels a développé les idées exprimées dans cette note dans le chapitre « Les formes fondamentales du mouvement 8 (cf. pp. 75-90). Elle a été rédigée vers 1880. (O.G.I.Z., Obs.)

³⁹⁹ Tiré des notes de la première liasse, 1874. (O.G.I.Z., Obs.)

⁴⁰⁰ Engels cite sans doute d'après la 3e édition du livre de Grove. Par « états de la matière » (affections) Grove entend « la chaleur, la lumière, l'électricité, le magnétisme, l'affinité et le mouvement chimiques » (p. 13) et par « mouvement » (motion) le mouvement mécanique et le changement de lieu. (O.G.I.Z., Obs.)

- ce qui brouille le caractère spécifique des autres formes de mouvement. Cela ne veut pas dire que chacune des formes supérieures du mouvement ne soit pas toujours liée à quelque mouvement mécanique réel (externe ou moléculaire), de même que les formes supérieures du mouvement en produisent aussi simultanément d'autres et que l'action chimique n'est pas possible sans changement de la température et de l'état électrique, la vie organique sans changement mécanique, moléculaire, chimique, thermique, électrique, etc. Mais la présence de ces formes accessoires n'épuise pas dans chaque cas considéré l'essence de la forme principale. Nous « réduirons » certainement un jour par la voie expérimentale la pensée à des mouvements moléculaires et chimiques dans le cerveau ; mais cela épuise-t-il l'essence de la pensée ?

*Dialectique de la science de la nature*⁴⁰¹ : objet : la matière en mouvement. On ne peut connaître à leur tour les diverses formes et aspects de la matière que par le mouvement ; ce n'est qu'en lui qu'apparaissent les propriétés des corps ; il n'y a rien à dire d'un corps qui n'est pas en mouvement. Des formes du mouvement découlent donc la nature des corps en mouvement.

1. La première forme de mouvement, la plus simple, est la forme mécanique, le pur changement de lieu.

a) Le mouvement d'un corps singulier n'existe pas - [on ne peut en parler]⁴⁰² que d'une manière relative - chute.

b) Mouvement de corps séparés: trajectoire, astronomie - équilibre apparent - la fin est toujours *le contact*.

c) Mouvement des corps en contact l'un par rapport à l'autre - pression. Statique: Hydrostatique et gaz. Levier et autres formes de la mécanique proprement dite, qui se ramènent toutes, dans leur forme de contact la plus simple, au frottement et au choc qui ne diffèrent l'un de l'autre que par degrés. Mais le frottement et le choc, en fait le contact, ont aussi d'autres conséquences qui, ici, n'ont jamais été mentionnées par les savants : dans des circonstances déterminées, ils produisent du son, de la chaleur, de la lumière, de l'électricité, du magnétisme⁴⁰³.

2. Ces forces diverses (à l'exception du son) - physique des corps célestes

a) Se convertissent l'une en l'autre et se substituent l'une à l'autre, et

b) A un certain degré d'accroissement quantitatif de chacune de ces forces, différent pour chaque corps, dans les corps subissant leur action, - que ce soient des corps chimiquement composés ou plusieurs corps chimiquement simples, - interviennent des changements *chimiques*. Et nous entrons dans la chimie. Chimie des corps célestes. La cristallographie - partie de la chimie.

⁴⁰¹ Cette esquisse a été écrite sur la première feuille de la première liasse de *Dialectique de la nature*. Par son contenu elle coïncide avec la lettre d'Engels à Marx du 30 mai 1873. Celle-ci commence par ces mots: a Voilà les idées dialectiques qui me sont venues ce matin au lit à propos des sciences de la nature. P (MEGA, III 4, p. 396). La disposition des idées elle-même est plus au point dans la lettre que dans l'esquisse en question. D'où l'on peut déduire que l'esquisse a été écrite le jour même, mais avant la lettre (30 mai 1873). A part le fragment sur Büchner (p. 203) écrit peu avant cette esquisse, tous les autres chapitres et fragments de *Dialectique de la nature* ont été rédigés postérieurement à celui-ci. (O.G.I.Z., Obs.)

⁴⁰² La partie entre [] est tirée de la lettre du 30 mai 1873. (N.R.)

⁴⁰³ Aux formes fondamentales de mouvement connues au temps d'Engels, il faut ajouter le mouvement nucléaire, notamment l'attraction et la répulsion entre nucléons (protons et neutrons), dont l'opposition détermine la stabilité ou la transmutation du noyau atomique. (N.R.)

3. La physique pouvait ou devait laisser de côté le corps organique vivant, la chimie ne trouve l'explication vraie de la véritable nature des corps les plus importants que dans l'étude des composés, organiques ; d'autre part, elle réalise par synthèse des corps qu'on ne rencontre que dans la nature organique. Ici, la chimie mène à la vie organique et elle est parvenue assez loin pour nous donner l'assurance *qu'elle seule* nous expliquera le passage dialectique à l'organisme.

4. Mais le passage *réel* seulement dans *l'histoire* - du système solaire, de la terre ; elle est la condition préalable *effective* de la nature organique.

5. Nature organique.

La classification des sciences, dont chacune analyse une forme singulière du mouvement ou une série de formes de mouvement connexes et passant de l'une à l'autre, est, par suite, classification de ces formes du mouvement elles-mêmes, disposition selon la succession qui leur est inhérente, et c'est en cela que réside son importance.

A la fin du siècle dernier [XVIIIe], après les matérialistes français, qui étaient pour la plupart mécanistes, le besoin se fit jour de *réaliser la synthèse encyclopédique* de toute la science de la nature de la *vieille* école Newton-Linné, et deux des hommes les plus géniaux s'y appliquèrent : Saint-Simon (n'a pas terminé) et *Hegel*. Maintenant que la conception nouvelle de la science de la nature est achevée dans ses traits fondamentaux, le même besoin se fait sentir, et des tentatives sont faites dans ce sens. Mais, comme il faut maintenant montrer l'enchaînement général du développement dans la nature, le groupement externe des matériaux en une série dont les membres sont seulement juxtaposés est aujourd'hui aussi insuffisant que les passages dialectiques artificiellement réalisés par Hegel. Les passages doivent se faire d'eux-mêmes, ils doivent être naturels. De même qu'une forme du mouvement se développe à partir d'une autre, de même leurs reflets, les diverses sciences, doivent découler l'une de l'autre d'une manière nécessaire.⁴⁰⁴

Combien il y a peu de chance pour que Comte soit l'auteur de sa hiérarchie encyclopédique des sciences de la nature, copiée sur Saint-Simon, on le voit au seul fait que pour lui elle n'a pour but que *l'aménagement des matériaux et de la marche de l'enseignement* et conduit ainsi à la folie de *l'enseignement intégral*⁴⁰⁵, où chaque science doit être épuisée avant que l'on puisse en aborder une autre, où une idée, juste au fond, est exagérée mathématiquement jusqu'à l'absurde⁴⁰⁶.

La division (primitive) de Hegel en mécanisme, chimisme, organisme⁴⁰⁷ était complète pour l'époque. Le mécanisme, c'est le mouvement des masses ; le chimisme, le mouvement des molécules (car la physique y est aussi comprise et les deux font bien partie du même ordre) et des atomes ; l'organisme, c'est le mouvement de corps tels que l'un est inséparable de l'autre, Car l'organisme est

⁴⁰⁴ Tiré des notes de la première liasse. (O.G.I.Z., Obs.)

⁴⁰⁵ En français dans le texte. (N.R.)

⁴⁰⁶ Tiré des notes de la quatrième liasse. (O.G.I.Z., Obs.)

⁴⁰⁷ Engels pense au livre III de la *Grande Logique* paru en 1816. Dans la *Philosophie de la nature*, Hegel désigne ces trois sections principales de la science de la nature par les termes : mécanique, physique et organique. Cette note est tirée de la quatrième liasse. (O.G.I.Z., Obs.)

assurément *l'unité supérieure qui englobe en un tout mécanique, physique et chimie*, dans laquelle la trinité ne peut plus être dissociée. Dans l'organisme, le mouvement mécanique est causé directement par le changement physique et chimique, et celui-ci a trait à la nourriture, la respiration, la sécrétion, etc. tout aussi bien qu'au mouvement purement musculaire.

Chaque groupe à son tour est double. Mécanique : 1. céleste, 2. terrestre.

Mouvement moléculaire : 1. physique, 2. chimie.

Organisme : 1. plante, 2. animal.

*Physiographie*⁴⁰⁸. Après que s'est opéré le passage de la chimie à la vie, il faut avant tout examiner les conditions dans lesquelles la vie est née et existe, - donc en premier la géologie, la météorologie et le reste. Puis les diverses formes de la vie elle-même, qui sans cela restent certes inintelligibles.

Sur la conception « mécaniste » de la nature⁴⁰⁹.

Note 2 à la page 46⁴¹⁰ : *les différentes formes du mouvement et les sciences qui en traitent*.

Depuis qu'est paru l'article ci-dessus (*Vorwaerts*, 9 février 1877)⁴¹¹, Kékulé a défini de façon tout à fait analogue la mécanique, la physique et la chimie (*Les Buts et les résultats scientifiques de la chimie*)⁴¹²:

Si l'on prend pour base cette conception de la nature de la matière, on pourra définir la chimie comme la *science des atomes* et la physique comme la *science des molécules*, et on est alors tenté de détacher cette partie de la physique actuelle qui traite des masses pour en faire une discipline particulière et de lui réserver le nom de *mécanique*. La mécanique apparaît ainsi comme la science de base de la physique et de la chimie, dans la mesure où toutes deux ont, dans certaines considérations et surtout dans des calculs, à traiter leurs molécules ou leurs atomes comme des masses.

⁴⁰⁸ Tiré des notes de la quatrième liasse. Le mot « physiographie » signifie « description de la nature ». (O.G.I.Z., Obs.)

⁴⁰⁹ Ce fragment fait partie des trois importantes « Notes » qu'Engels a incluses dans la deuxième liasse des matériaux de *Dialectique de la nature* (les notes d'étendue moindre ont été réparties dans la première et la quatrième liasses). Dans les précédentes éditions de *Dialectique de la nature*, ces trois notes figuraient toutes sous le titre : « Notes à propos de l'*Anti-Dühring* ». Ce titre ne se trouve pas chez Engels. Les deux premières seules se rapportent à l'*Anti-Dühring*, mais elles ne sont pas des notes au sens ordinaire. Elles sont le développement détaillé de quelques idées tout à fait importantes abordées en passant dans divers passages de l'ouvrage. L'époque de leur rédaction est vraisemblablement le début de 1885, période où Engels préparait la 28^e édition augmentée de l'*Anti-Dühring*. D'après ses lettres à Bernstein, Kautsky et Schlüter, il semble qu'il envisageait d'écrire une série de compléments (*Zusätze*) à divers passages du livre, qu'il voulait placer à la fin de la 2^e édition. Mais, pris par d'autres travaux (surtout la préparation de l'édition des livres II et III du *Capital*), Engels ne put réaliser son projet. Il réussit seulement à esquisser au brouillon deux « Notes » sur les pages 7-18 et sur la page 46 du texte de la 1^{re} édition. Le titre « Sur la conception mécaniste » de la nature a été donné par Engels dans le sommaire de la deuxième liasse de *Dialectique de la nature*. Le sous-titre « Note 2 à la page 46 : les différentes formes du mouvement et les sciences qui en traitent » figure au début de la note elle-même. (O.G.I.Z., Obs.)

⁴¹⁰ Cette page se réfère à la 1^{re} édition de l'*Anti-Dühring*. Cf. dans notre édition (*Éditions sociales*, 1950) p. 99. (N.R.)

⁴¹¹ C'est le numéro du *Vorwaerts* dans lequel a paru pour la 1^{re} fois le chapitre auquel se réfère cette note. (N.R.)

⁴¹² Discours à l'université de Bonn le 18 octobre 1877. Paru en 1878. (N.R.)

Comme on le voit, cette conception ne se distingue de celle donnée dans le texte ⁴¹³ et dans la note qui précède ⁴¹⁴ que par un peu moins de précision. Mais si une revue anglaise (*Nature*) transpose la phrase ci-dessus de Kékulé pour lui faire dire que la mécanique serait la statique et la dynamique des masses, la physique, la statique et la dynamique des molécules, la chimie, la statique et la dynamique des atomes ⁴¹⁵; il me semble que cette réduction absolue, même des phénomènes chimiques, à des phénomènes purement mécaniques, rétrécit indûment tout au moins le champ de la chimie. Et, cependant, elle est si à la mode que, par exemple, Haeckel emploie continuellement « mécaniste » et « moniste » comme ayant le même sens et que d'après lui « la physiologie actuelle... ne fait... agir dans son domaine que des forces physico-chimiques, ou mécaniques *au sens large* ». (*Périgénèse* ⁴¹⁶).

Si j'appelle la physique, mécanique des molécules, la chimie, physique des atomes et, plus loin, la biologie, chimie des albumines, je veux exprimer par là le passage d'une de ces sciences à l'autre, donc aussi bien la connexion, la continuité que la différence, la discontinuité de l'une et de l'autre. Il me semble inadmissible d'aller plus loin, de définir la chimie comme étant pareillement une sorte de mécanique. La mécanique - au sens large ou étroit - ne connaît que des quantités, elle calcule avec des vitesses et des masses, et tout au plus avec des volumes. Là où elle rencontre sur sa route la qualité des corps, comme dans l'hydrostatique et l'aérostatique, elle ne peut s'en tirer qu'en entrant dans les états moléculaires et le mouvement moléculaire, elle n'est elle-même qu'une simple science accessoire, une condition préalable de la physique. Or, en physique, et plus encore en chimie, il ne se produit pas seulement des changements qualitatifs continus par suite de changements quantitatifs, une conversion de la quantité en qualité, mais il faut considérer encore une foule de changements qualitatifs dont le conditionnement par un changement quantitatif n'est nullement démontré. Que le courant actuel de la science aille dans cette direction, on peut bien l'accorder, mais cela ne prouve pas qu'il soit le seul juste et que la poursuite de ce courant *épuisera* la physique et la chimie. Tout mouvement inclut du mouvement mécanique, du déplacement dans l'espace de parties plus ou moins grosses de la matière, et la *première* tâche de la science, mais sa *première* tâche seulement, est de reconnaître ce mouvement. Mais ce mouvement mécanique n'épuise nullement le mouvement en général. Le mouvement n'est pas seulement changement de lieu : il est aussi, dans les domaines supramécaniques, changement de qualité. Là découverte que la chaleur était un mouvement moléculaire a fait époque. Mais si je sais dire de la chaleur en tout et pour tout qu'elle est un certain changement de lieu des molécules, mieux vaut me taire. La chimie semble très bien partie pour expliquer par le rapport des volumes atomiques aux poids atomiques toute une série des propriétés chimiques et physiques des éléments. Mais aucun chimiste n'affirmera que toutes les propriétés d'un élément sont exprimées d'une façon exhaustive par sa position sur la courbe de Lothar Meyer ⁴¹⁷, que cela suffira

⁴¹³ Cf. *Anti-Dühring* (Éditions sociales, 1950), p. 99. (N.R.)

⁴¹⁴ Il s'agit de la note : « Sur les prototypes de l'infini mathématique dans le monde réel » donnée p. 272 (N.R.)

⁴¹⁵ Le numéro de *Nature* du 15 novembre 1877 avait donné un compte rendu du discours de Kékulé. (O.G.I.Z., Obs.)

⁴¹⁶ HAECKEL: *Die Perigenesis der Plastidule oder die Wollenzeugung der Lebensteilchen*. Berlin 1876, p. 13. Souligné par Engels. (N.R.)

⁴¹⁷ L'article de L. Meyer : « Die Natur der chemischen Elemente als Funktion ihrer Atomgewichte » (La nature des corps chimiques fonction de leurs poids atomiques) parut en 1870. L'article de Mendéléiev : « La corrélation des propriétés des corps avec leurs poids atomiques » avait été publié en 1869. Dans ses conclusions,

jamais pour expliquer, par exemple, la qualité particulière du carbone qui en fait le véhicule essentiel de la vie organique, ou la nécessité de la présence de phosphore dans le cerveau. Et pourtant la conception « mécaniste » n'aboutit à rien d'autre. Elle explique tout changement par le changement de lieu, toute différence qualitative par des différences quantitatives et elle ne voit pas que la relation de qualité et de quantité est réciproque, que la qualité se convertit aussi bien en quantité que la quantité en qualité, qu'il y a précisément action réciproque. Si toutes les différences et les changements de qualité peuvent se réduire à des différences et des changements quantitatifs, à un changement de lieu mécanique, nous en arrivons nécessairement au principe que toute matière se compose de particules infimes *identiques* et que toutes les différences qualitatives des éléments chimiques de la matière ont pour cause des différences quantitatives, des différences de nombre ou de groupement local de ces particules infimes en atomes. Mais nous n'en sommes pas encore là ⁴¹⁸.

C'est l'ignorance de nos savants actuels relativement à toute philosophie autre que la philosophie vulgaire la plus ordinaire telle qu'elle sévit aujourd'hui dans les Universités allemandes, qui leur permet de manier de la sorte des expressions comme « mécaniste » sans se rendre compte, sans pressentir seulement, quelles conclusions ils se mettent ainsi nécessairement sur le dos. La théorie de l'identité qualitative absolue de la matière a ses adeptes, - empiriquement, on ne peut pas plus la réfuter que la prouver. Mais si on demande aux gens qui veulent tout expliquer « mécaniquement » s'ils ont conscience de cette conclusion et s'ils acceptent l'identité de la matière, que de réponses différentes on entendrai

Le plus drôle, c'est que cette assimilation de « matérialiste » et de « mécaniste » vient de *Hegel*, qui veut discréditer le matérialisme en lui adjoignant l'épithète de « mécaniste ». Le matérialisme critiqué par Hegel, - le matérialisme français du XVIIIe siècle, - était, en effet, exclusivement *mécaniste*, et cela pour la raison très naturelle qu'en ce temps la physique, la chimie et la biologie étaient encore dans les langes et bien loin de pouvoir offrir la base d'une conception universelle de la nature. De même, Haeckel emprunte la traduction *causae efficientes* = *causes* à action mécanique et *causae finales* = *causes* à action finale à Hegel, qui pose donc ici mécanique comme équivalent de : agissant aveuglément, inconsciemment, et non comme équivalent de : mécanique au sens de Haeckel. Cependant, toute cette opposition est pour Hegel lui-même un point de vue tellement surmonté qu'il *ne le mentionne même pas* dans aucun de ses deux exposés de la causalité dans la *Logique*, mais le mentionne seulement dans *l'Histoire de la philosophie* là où il se présente historiquement (donc pur malentendu de Haeckel dû à la légèreté !), et d'une façon tout à fait occasionnelle à propos de la téléologie (*Logique, III, II, 3*) ⁴¹⁹,

Mendéléiev allait bien plus loin que L. Meyer. La courbe de Lothar Meyer représente la corrélation entre les poids atomiques et les volumes atomiques des éléments chimiques. (O.G.I.Z., Obs.)

⁴¹⁸ Nous n'en sommes pas encore là non plus aujourd'hui. Les premiers modèles de structure atomique (Rutherford, Bohr, 1913) n'utilisaient que les corpuscules alors identifiés : l'électron et le proton. On semblait côtoyer l'idéal de Prout qui, dès 1815, envisageait tous les atomes comme des agglomérats d'atomes d'hydrogène. Jusqu'en 1930, des mécanistes impénitents cherchèrent à réduire à un élément unique la dualité proton-électron (cf. le pantogène de Hinrich et Schutzenberger). Or, depuis la découverte du neutron et de l'électron positif (1931-1932), des Mésons (1938), la physique atomique ne cesse de révéler au contraire la riche diversité qualitative des micro-objets du monde atomique. (N.R.)

⁴¹⁹ *Grande Logique*. édit., Jankélévitch. tome II. Livre III : Théorie du concept. Section II L'objectivité. Ch. III : Téléologie. (pp. 435-443). (N.R.)

comme forme sous laquelle la *métaphysique ancienne* a conçu l'opposition de mécanisme et téléologie; habituellement, il traite cela comme un point de vue depuis longtemps surmonté. Dans sa joie de trouver une confirmation de sa conception « mécaniste », Haeckel a donc mal copié et il arrive ainsi à ce beau résultat que, lorsqu'une modification déterminée est provoquée chez un animal ou chez une plante par sélection naturelle, c'est l'effet d'une *causa efficiens*, et, lorsque la même modification est obtenue par sélection *artificielle*, c'est l'effet d'une *causa finalis* ! L'éleveur *causa finalis* ! Un dialecticien du calibre de Hegel ne pouvait vraiment pas tourner en rond dans l'étroite opposition de *causa efficiens* et de *causa finalis*. Et pour le point de vue actuel, il a été mis fin à tout le verbiage sans issue sur cette opposition par le fait que nous savons par expérience et par théorie que l'on ne peut pas plus créer la matière que son mode d'existence, le mouvement, et qu'ils sont donc leur propre cause finale; tandis qu'aux causes singulières qui s'isolent momentanément et localement, ou qui sont isolées par notre réflexion, dans l'action réciproque du mouvement de l'univers, on n'ajoute absolument aucune nouvelle détermination, mais seulement un élément de confusion en les nommant causes *agissantes*. Une cause qui n'agit pas n'en est pas une.

N.-B. - La matière, comme telle, est pure création de la pensée et pure abstraction. Nous faisons abstraction des différences qualitatives des choses en les embrassant en tant qu'existant corporellement sous le concept de matière. La matière comme telle, à la différence des matières déterminées existantes, n'a donc pas d'existence sensible. Quand la science de la nature entreprend de dépister la matière une en tant que telle, de réduire les différences qualitatives à des différences purement quantitatives dans la combinaison de particules infimes identiques, elle fait la même chose que si, au lieu de cerises, de poires, de pommes, elle voulait voir le fruit en tant que tel, ou, au lieu de chats, de chiens, de moutons, etc., le mammifère en tant que tel, de même le gaz en tant que tel, le métal en tant que tel, la pierre en tant que telle, la combinaison chimique en tant que telle, le mouvement en tant que tel. La théorie de Darwin exige ce mammifère primitif, le Promammale (Haeckel), mais elle est forcée en même temps d'admettre que si, en *germe*, il contenait en soi tous les mammifères futurs et actuels, il était en réalité inférieur à tous les mammifères actuels et d'une malfaçon primitive, donc plus périssable qu'eux tous. Comme Hegel (*Encyclopédie*, I, 199)⁴²⁰ l'a déjà démontré, cette conception, dans laquelle la matière est considérée comme déterminable seulement par voie quantitative, mais identique qualitativement à l'origine, est donc « un point de vue étroit de mathématicien » ; elle n'est « que le point de vue du » matérialisme français du XVIIIe siècle. C'est même une régression à Pythagore, qui concevait déjà le nombre, la détermination quantitative, comme l'essence des choses.

Premièrement, Kékulé⁴²¹. Puis : la systématization de la science de la nature, qui devient maintenant de plus en plus nécessaire, ne peut être trouvée que dans les

⁴²⁰ HEGEL. *Encycl.*: « D'ailleurs, à y regarder de plus près, ce point de vue exclusivement mathématique qui identifie la quantité, stade déterminé de l'idée logique, avec l'idée logique elle-même n'est rien d'autre que le point de vue du matérialisme, tel qu'il trouve sa confirmation en tant que tel dans l'histoire de la conscience scientifique et surtout en France, depuis le milieu du siècle dernier. » (N.R.)

⁴²¹ Engels pense à l'affirmation de Kékulé: la chimie est la science des atomes, la physique la science des molécules. (Cf. ci-dessus p. 256). Ce fragment, écrit sur une feuille séparée sans pagination est tiré des notes de la première liasse. La date de rédaction n'est pas connue, mais se place en tout cas après 1877. Il est possible que ce fragment soit la première ébauche de la note donnée précédemment. (O.G.I.Z., Obs.).

connexions des phénomènes eux-mêmes. Ainsi, le mouvement mécanique de petites masses sur un corps céleste se termine dans le contact de deux corps, lequel a les deux formes de frottement et de choc différenciées seulement de façon graduelle. Nous étudions donc d'abord l'effet mécanique du frottement et du choc. Mais nous trouvons qu'il n'est pas épuisé ainsi : le frottement produit de la chaleur, de la lumière et de l'électricité; le choc, de la chaleur et de la lumière, sinon aussi de l'électricité; donc, transformation de mouvement des masses en mouvement moléculaire. Nous entrons dans le domaine du mouvement moléculaire, la physique, et nous continuons nos recherches. Mais nous trouvons ici aussi que le mouvement moléculaire ne constitue pas la conclusion de l'étude. L'électricité se transforme en changements chimiques et elle en provient. Chaleur et lumière, *dito*. Le mouvement des molécules se convertit en mouvement des atomes, en chimie. L'étude des processus chimiques trouve devant elle le monde organique comme domaine de recherche, donc un monde dans lequel les Processus chimiques se déroulent selon les mêmes lois, mais dans d'autres conditions que dans le monde non organique, que la chimie suffit à expliquer. Par contre, toutes les études chimiques du monde organique ramènent en dernière analyse à un corps qui, résultat de processus chimiques ordinaires, se distingue de tous les autres par le fait qu'il est un processus chimique permanent s'accomplissant de lui-même : l'albumine. Si la chimie parvient à préparer cette albumine dans la détermination dans laquelle elle est manifestement née, ce qu'on appelle le protoplasme, détermination, ou plutôt indétermination, dans laquelle elle contient en soi, en puissance, toutes les autres formes de l'albumine (ce qui n'oblige pas à admettre qu'il n'y ait qu'une sorte de protoplasme), dès lors le passage dialectique est mis en évidence dans la réalité, donc complètement. Jusque-là, la chose reste dans la pensée, autrement dit dans l'hypothèse. Du fait que la chimie produit l'albumine, le processus chimique se dépasse lui-même comme plus haut le processus mécanique, c'est-à-dire qu'il accède à un domaine plus compréhensif, celui de l'organisme. La physiologie est, assurément, la physique et plus particulièrement la chimie du corps vivant, mais, par là, elle cesse aussi d'être spécialement chimie : d'un côté, elle limite son horizon, mais elle s'élève aussi par là à une puissance supérieure.

Les rares déterminations de la pensée dont les mathématiques aient besoin comme points de départ sont ce qu'on appelle les axiomes mathématiques. Les mathématiques sont la science des grandeurs; elles partent du concept de grandeur. Elles en donnent une définition boiteuse et y ajoutent ensuite de l'extérieur, sous forme d'axiomes, les autres déterminations élémentaires de la grandeur qui ne sont pas contenues dans la définition, ce qui fait apparaître les axiomes comme non démontrés et, naturellement aussi, non démontrables *mathématiquement*. L'analyse de la grandeur ferait apparaître toutes ces déterminations axiomatiques comme des déterminations nécessaires de la grandeur. Spencer à raison dans ce sens que *l'évidence*, manifeste pour nous, de ces axiomes est *acquise par hérédité*. Ils sont démontrables dialectiquement dans la mesure où ils ne sont pas de pures tautologies ⁴²².

Éléments mathématiques ⁴²³. Rien, semble-t-il, ne repose sur une base plus inébranlable que la différence entre les quatre opérations, rudiments de toute mathématique. Et pourtant, d'emblée, la multiplication s'avère déjà être une addition abrégée; la division, une soustraction abrégée d'un nombre déterminé de grandeurs numériques égales et, dans un cas au moins, - quand le diviseur est une fraction, - la division est effectuée à l'aide d'une multiplication par la fraction renversée. Mais en algèbre on va beaucoup plus loin. Toute soustraction ($a - b$) peut être figurée comme addition ($- b + a$), toute division $\frac{a}{b}$ comme multiplication $a \times \frac{1}{b}$. Quand on opère avec des grandeurs élevées à une puissance, on va bien plus loin encore. Toutes les différences fixes des opérations mathématiques disparaissent, tout peut être figuré sous la forme inverse. Une puissance peut être figurée comme racine ($x^2 = \sqrt{x^4}$), une racine comme puissance ($\sqrt{x} = x^{\frac{1}{2}}$). L'unité divisée par une puissance ou une racine, comme puissance du dénominateur $\{\frac{1}{\sqrt{x}} \equiv x^{-\frac{1}{2}}; \frac{1}{x^2} = x^{-2}\}$. La

multiplication ou la division des puissances d'une grandeur se change en l'addition ou la soustraction de ses exposants. Tout nombre peut être considéré et figuré comme puissance de tout autre nombre (Logarithmes, $y = a^x$): Et. cette métamorphose d'une forme en son inverse n'est pas un jeu oiseux, elle est un des leviers les plus puissants de la science mathématique, sans lequel il n'est guère de calcul un peu difficile qui soit effectué aujourd'hui. Que l'on retranche seulement de la mathématique les puissances négatives et fractionnelles, et l'on verra si, sans elles, il est possible d'aller loin.

(- x - = +, ÷ = +, $\sqrt{-1}$, etc., à développer auparavant.)

La *grandeur variable de Descartes* a marqué un tournant en mathématique. C'est avec elle que le *mouvement et la dialectique* sont entrés dans la mathématique et que *devinrent tout de suite indispensables le calcul différentiel et intégral*; qui naissent d'ailleurs immédiatement et devaient être en général et dans l'ensemble mis

⁴²² Tiré des notes de la première liasse, 1874. (O.G.I.Z., Obs.)

⁴²³ Tiré des notes de la première liasse, 1875. (O.G.I.Z., Obs.)

au point, non pas inventés, par Newton et Leibniz.

*Quantité et qualité*⁴²⁴. Le nombre est la détermination quantitative la plus pure que nous connaissions. Mais il est plein de différences qualitatives. 1. Hegel, nombre et unité, multiplication, division, élévation à une puissance, extraction de racine. Ceci produit déjà, ce qui n'apparaît pas chez Hegel, des différences qualitatives : nombres premiers et produits, racines simples et puissances. 16 n'est pas seulement l'addition de 16 unités, il est aussi le carré de 4, le bicarré de 2. Plus encore, les nombres premiers communiquent aux nombres résultant de leur multiplication par d'autres nombres des qualités nouvelles, bien déterminées : seuls les nombres pairs sont divisibles par 2, détermination semblable pour 4 et 8. Pour 3 intervient la somme des chiffres, de même pour 9 et pour 6, où elle se combine avec la propriété de nombre pair. - Pour 7, une loi particulière. C'est là-dessus que se fondent ensuite des tours de passe-passe numériques qui paraissent incompréhensibles aux profanes. Donc ce que dit Hegel (Quantum, p. 237)⁴²⁵ sur la pauvreté de pensée de l'arithmétique est inexact. Cf. toutefois « Mesure »⁴²⁶.

Dès que les mathématiques parlent d'infiniment grand et d'infiniment petit, elles introduisent une différence qualitative qui se présente même comme une opposition qualitative inconciliable : il s'agit de quantités dont la différence entre elles est si énorme que cessent tout rapport rationnel, toute comparaison entre elles, qu'elles deviennent incommensurables quantitativement. L'incommensurabilité ordinaire, par exemple celle du cercle et de la droite, est elle aussi une différence qualitative dialectique; mais, ici⁴²⁷, c'est la différence entre *quantité* de grandeurs *de même nature* qui intensifie la différence de *qualité* jusqu'à les rendre incommensurables.

*Nombre*⁴²⁸. Le nombre isolé reçoit déjà une qualité dans le système numérique et selon ce système. 9 n'est pas seulement 1 additionné 9 fois, mais la base de 9, 99, 900.000, etc. Toutes les lois des nombres dépendent du système de base adopté et sont déterminées par lui. Dans le système numérique à base 2 et à base 3⁴²⁹. 2 x 2 ne fait pas 4, mais 100 ou 11. Dans tout système à base impaire, la différence entre nombres pairs et impairs disparaît. Par exemple dans le système à base cinq, 5 = 10, 10 = 20, 15 = 30⁴³⁰. De même dans ce système on voit disparaître la règle de la somme (divisible par 3) des chiffres des multiples de 3 ou de 9 (6 = 11, 9 = 14)⁴³¹. Le nombre de base détermine donc non seulement sa propre qualité, mais aussi celle de tous les autres nombres.

⁴²⁴ Tiré des notes de la première liasse. (O.G.I.Z., Obs.)

⁴²⁵ HEGEL: *Grande Logique* : « *Indépendante* de tout concept, [l'arithmétique] échappe à la pensée conceptuelle, dont elle est même le contraire. Étant donné l'indifférence des combinaisons... la pensée se trouve ici dans un état d'activité qui équivaut à son extrême auto-aliénation... » (Édit. Jankélévitch, tome I, p. 230). (N.R.)

⁴²⁶ La référence à la section « Mesure » de la *Grande Logique* a été ajoutée après coup. Engels pense au passage de Hegel : « Le système des nombres naturels présente déjà une pareille *ligne nodale* de rapports qualitatifs qui s'affirment à la faveur d'une progression purement extérieure. » (Édit. Jankélévitch, I, p. 420). (O.G.I.Z., Obs.)

⁴²⁷ C'est-à-dire dans l'infini mathématique. (O.G.I.Z., Obs.)

⁴²⁸ Tiré des notes de la première liasse. (O.G.I.Z., Obs.)

⁴²⁹ Par exemple 100, dans le système à base 2, signifie une fois 4, plus zéro fois 2 plus zéro unité; et 11, dans le système à base 3, signifie une fois 3 plus 1 unité. (N.R.)

⁴³⁰ Dans chacune de ces égalités, le premier des deux nombres est écrit selon la notation ordinaire, le second selon le système à base 5. (N.R.)

⁴³¹ La règle valable dans la numération décimale ordinaire : si un nombre est divisible par 3 ou par 9, la somme de ses chiffres l'est aussi, n'est pas valable dans la numération à base 5. (N.R.)

Avec la relation de puissance, les choses vont plus loin encore tout nombre peut être conçu comme puissance de tout autre nombre - il y a autant de systèmes de logarithmes qu'il y a de nombres fractionnaires.

*Unité*⁴³². Rien ne semble plus simple que l'unité quantitative et rien n'est plus varié qu'elle, dès que nous commençons à l'étudier en liaison avec la pluralité correspondante et que, du point de vue de ses différents modes d'apparition, nous l'étudions à partir de cette pluralité. L'unité est avant tout le nombre de base de tout système numérique dont l'addition successive avec lui-même donne naissance à tous les autres nombres. - Un est l'expression de toutes les puissances positives, négatives ou fractionnaires de un: $[1^2, \sqrt{1,1^{-2}}]$ sont tous égaux à 1. - Un est la valeur de toutes les fractions dont le numérateur et le dénominateur s'avèrent égaux. - Il est l'expression de tout nombre élevé à la puissance zéro et donc le seul nombre dont, dans tous les systèmes, le logarithme est le même, à savoir = 0. L'unité est par là même la limite qui divise en deux tous les systèmes de logarithmes possibles : si la base est plus grande que 1, les logarithmes de tous les nombres supérieurs 1 sont positifs, ceux de tous les nombres inférieurs à 1 négatifs ; si elle est inférieure à 1, c'est l'inverse qui se produit. - Si donc tout nombre renferme en soi l'unité dans la mesure où il se compose uniquement d'unités additionnées, celle-ci à son tour renferme en elle tous les autres nombres. Non seulement virtuellement, dans la mesure où nous pouvons construire tout nombre avec des unités, mais réellement, dans la mesure où l'unité est une puissance déterminée de tous les autres nombres. Mais ces mêmes mathématiciens qui, sans sourciller, introduisent dans leur calcul, où cela leur convient, $x^0 = 1$, ou une fraction de numérateur et de dénominateur égaux (qui représente donc également 1), ces mathématiciens qui utilisent donc mathématiquement la multiplicité contenue dans l'unité, rechignent et grimacent quand on leur dit en l'exprimant sous forme générale que l'Un et le Multiple sont inséparables, qu'ils sont des concepts qui se pénètrent mutuellement et que le Multiple n'est pas moins contenu dans l'Un que l'Un dans le Multiple. Nous voyons à quel point il en est ainsi dès que nous quittons le domaine des nombres purs. Déjà dans la mesure des lignes, des surfaces et des volumes il apparaît que nous pouvons adopter comme unité toute grandeur quelconque de l'ordre correspondant, et il en va de même dans la mesure du temps, du poids, du mouvement, etc. Pour mesurer les cellules, le millimètre et le milligramme sont encore trop grands; pour mesurer des distances stellaires ou des vitesses de la lumière, le kilomètre est déjà aussi incommode par sa petitesse que le kilogramme pour les masses planétaires ou, à plus forte raison, salaires. Ici on voit se manifester avec évidence quelle variété et quelle multiplicité sont contenues dans le concept, au premier abord si simple, d'unité.

Du fait qu'il est la négation de toute quantité déterminée, zéro n'est cependant pas sans contenu. Il a au contraire un contenu tout à fait déterminé. Comme limite entre toutes les grandeurs positives, et toutes les grandeurs négatives, comme unique numériquement neutre qui ne peut être ni positif ni négatif, il est non seulement un nombre très déterminé, mais encore plus important par sa nature que tous les autres nombres qu'il limite. En fait, zéro est plus riche de contenu que tout autre nombre. Placé à la droite de tout autre nombre dans notre système de numération, il décuple

⁴³² Tiré des notes de la quatrième liasse. (O.G.I.Z., Obs.)

sa valeur. Au lieu de zéro on pourrait utiliser à cette fin tout autre signe, mais seulement à la condition que, pris en soi, ce signe signifie zéro, soit = 0. Il est donc dans la nature du zéro lui-même qu'il soit employé de cette façon, que seul il *puisse* être utilisé ainsi. Zéro annule tout autre nombre par lequel on le multiplie ; pris comme diviseur ou dividende de tout autre nombre, il rend celui-ci, dans le premier cas infiniment grand, dans le second infiniment petit ; il est le seul nombre qui soit dans un rapport infini avec tout autre nombre. La fraction $\frac{0}{0}$ peut exprimer tout nombre entre $+\infty$ et $-\infty$ et représente en tout cas une grandeur réelle. - Le contenu réel d'une équation n'apparaît clairement que lorsque tous ses termes sont passés du *même* côté et que l'équation est réduite à la valeur de zéro, comme c'est le cas déjà pour les équations du second degré et presque universellement la règle dans l'algèbre supérieure. Une fonction $F(x, y) = 0$ peut ensuite être posée de même comme égale à x , et ce z , bien que $= 0$, peut être différencié comme une variable dépendante ordinaire; on peut obtenir son quotient différentiel partiel ⁴³³.

Mais le néant de toute quantité déterminée est lui-même encore déterminé quantitativement et c'est seulement pour cela qu'il est possible d'opérer avec zéro. Ces mêmes mathématiciens qui opèrent sans aucune gêne avec zéro de la manière indiquée ci-dessus, c'est-à-dire qui opèrent avec lui comme avec une représentation quantitative déterminée, en le mettant dans des rapports quantitatifs avec d'autres représentations quantitatives, lèvent les bras au ciel quand ils lisent cela chez Hegel sous la farine générale suivante: le néant de quelque chose est un néant *déterminé* ⁴³⁴.

Passons maintenant à la géométrie (analytique). Ici zéro est un point déterminé à partir duquel on mesure sur une ligne les grandeurs positives dans un sens, les grandeurs négatives dans l'autre. Ici le point zéro a donc non seulement une importance tout aussi grande que tout autre point désigné par une indication de grandeur positive ou négative, mais il a même une importance bien plus grande qu'eux tous: il est le point dont ils dépendent tous, auquel ils se rapportent tous, qui les détermine tous. Il peut même, dans beaucoup de cas, être pris d'une manière tout à fait arbitraire. Mais, une fois choisi, il reste le centre de toute l'opération, il détermine même souvent le sens de la ligne sur laquelle les autres points - les extrémités des abscisses - doivent être portés. Si, par exemple, pour arriver à l'équation du cercle, nous choisissons comme point zéro un point quelconque de la circonférence, l'axe des abscisses doit passer par le centre du cercle ⁴³⁵. Cela s'applique tout aussi bien à la mécanique où également, dans le calcul des mouvements, le point zéro choisi dans chaque cas constitue le point principal et le pivot de toute l'opération. Le zéro du thermomètre est la limite inférieure bien déterminée du secteur de température qu'on a divisé en un nombre quelconque de degrés et qui sert ainsi à mesurer aussi bien des grandeurs de température dans ce secteur lui-même que les températures plus hautes ou plus basses. Il constitue donc

⁴³³ C'est ce qu'on fait dans le cas des « points doubles » sur une courbe dont l'équation est donnée. [P. ex. si $z = x^3 + y^3 + 3axy = 0$] est l'équation d'une courbe, elle se coupe elle-même à l'origine, car $\left[\frac{dz}{dx} = 3x^2 + 3ay, \frac{dz}{dy} = 3y^2 + 3ax \right]$ et tous deux sont = 0 quand x et $y = 0$. (N.R.)

⁴³⁴ HEGEL : *Grande Logique* (édit. Jankélévitch, tome I, p. 73). Souligné par Engels. (N.R.)

⁴³⁵ Si l'on veut que l'équation du cercle respecte la symétrie de la figure, il faut, en effet, faire passer l'un des axes par le centre. Si c'est l'axe des abscisses, l'équation devient $x^2 + y^2 - 2rx = 0$, le terme en y a disparu. (N.R.)

ici aussi un point tout à fait essentiel. Et même le zéro absolu du thermomètre ne représente nullement une négation pure, abstraite, mais un état très déterminé de la matière : la limite où disparaît la dernière trace de mouvement indépendant des molécules et où la matière n'agit plus que comme masse ⁴³⁶. Partout où nous rencontrons le zéro, il représente donc quelque chose de bien déterminé, et son utilisation pratique en géométrie, mécanique, etc. prouve qu'il est - en tant que limite - plus important que toutes les grandeurs réelles qu'il limite ⁴³⁷.

Puissances zéro ⁴³⁸. Leur importance dans la série logarithmique :

$\frac{0}{10^0} \frac{1}{10^1} \frac{2}{10^2} \frac{3}{10^3} \log$. Toutes les variables passent en un point par l'unité ; donc

aussi la constante d'une puissance variable (a^x) est égale à 1 quand $x = 0$. L'expression $a^0 = 1$ ne signifie pas autre chose sinon que l'unité est prise dans sa liaison avec les autres termes de la série des puissances de a . C'est seulement dans ce cas que l'expression a un sens et peut conduire à des résultats $(\sum x^0 \equiv \frac{x}{\omega})$ ⁴³⁹,

mais autrement pas. Il s'ensuit que l'unité également, si identique à elle-même qu'elle paraisse, renferme en elle une infinie diversité puisqu'elle peut être la puissance zéro de tout autre nombre ; que cette diversité ne soit pas une diversité purement imaginaire, cela est démontré chaque fois que l'unité est conçue comme unité déterminée, comme un des résultats variables d'un processus (comme grandeur momentanée ou forme d'une variable) en liaison avec ce processus.

$\sqrt{-1}$ - Les grandeurs négatives de l'algèbre ne sont réelles que dans la mesure où elles se rapportent à des grandeurs positives, que dans les limites de leur rapport à celles-ci ; prises en elles-mêmes, en dehors de ce rapport, elles sont purement imaginaires. Dans la trigonométrie et dans la géométrie analytique, ainsi que dans les branches des mathématiques supérieures édifiées sur celles-ci, elles expriment un sens déterminé du mouvement qui est le contraire du sens positif. Mais on peut compter les sinus et les tangentes du cercle aussi bien à partir du quadrant supérieur droit que du quadrant inférieur gauche, et donc inverser directement le plus et le moins. De même dans la géométrie analytique, les abscisses peuvent être comptées dans le cercle soit à partir de la circonférence, soit à partir du centre et, d'une manière générale, dans toutes les courbes elles peuvent être comptées à partir de la courbe dans le sens ordinairement affecté du signe moins [ou] dans tout sens quelconque, et elles donnent cependant une équation rationnelle exacte de la

⁴³⁶ La mécanique quantique a mis à jour le fait que le mouvement d'agitation thermique lui-même ne s'éteint pas au zéro absolu de température. (N.R.)

⁴³⁷ Tiré des notes de la quatrième liasse. (O.G.I.Z., Obs.)

⁴³⁸ Tiré des notes de la première liasse, 875. (O.G.I.Z., Obs.)

⁴³⁹ Cette expression se rencontre dans le livre de Bossut auquel Engels se réfère dans le fragment « Droite et courbe ». Dans le chapitre « Le calcul infinitésimal avec des différences finies », Bossut considère avant tant ce problème : « Intégrer ou additionner les puissances entières de la variable x ». Ici, il suppose que la différence Δx est constante et la désigne par la lettre grecque ω . Étant donné que la somme des Δx ou des ω est x , la somme des ωx^1 ou des ωx^0 sera aussi $= x$. Bossut écrit cette égalité : $\sum \omega x^0 = x$. Ensuite, il extrait la constante en la plaçant devant le signe de l'addition et obtient l'égalité : $\omega \sum x^0 = x$, d'où il tire l'égalité

$\sum x^0 = \frac{x}{\omega}$. Cette équation est par la suite utilisée par Bossut pour trouver les grandeurs $\sum x$, $\sum x^2$, $\sum x^3$,

et pour la solution d'autres problèmes. A. BOSSUT: *Traité de calcul différentiel et de calcul intégral*, tome I. Paris 1798, p. 38. (O.G.I.Z., Obs.)

courbe. Ici + n'existe que comme complément nécessaire de - et inversement. Mais l'abstraction de l'algèbre traite [les grandeurs négatives] comme des grandeurs positives réelles, comme des grandeurs indépendantes, [ayant un sens] même en dehors du rapport à une grandeur positive plus *grande* ⁴⁴⁰.

Mathématiques ⁴⁴¹. Pour le sens commun, il apparaît stupide de développer une grandeur déterminée, un binôme par exemple, en une série infinie, donc en quelque chose d'indéterminé. Mais où en serions-nous sans les séries infinies ou le théorème du binôme ?

Asymptotes ⁴⁴². La géométrie commence par la découverte que droit et courbe sont des oppositions absolues, qu'il est totalement impossible d'exprimer, de mesurer le droit par le courbe et le courbe par le droit. Et pourtant le calcul du cercle lui-même n'est possible que si l'on exprime son périmètre sous forme de lignes droites. Or, dans les courbes asymptotiques, le droit se perd complètement dans le courbe et le courbe dans le droit, tout autant que la représentation du parallélisme : les lignes ne sont pas parallèles, elles se rapprochent sans cesse l'une de l'autre et pourtant ne coïncident jamais. La branche de la courbe devient de plus en plus droite, sans jamais le devenir jamais entièrement, de même qu'en géométrie analytique la ligne droite est considérée comme la courbe du premier degré avec une courbure infiniment petite. Le - x de la courbe logarithmique ⁴⁴³ peut toujours grandir, y ne peut jamais devenir = 0.

Droit et courbe ⁴⁴⁴ sont posés dans le calcul différentiel ⁴⁴⁵ comme identiques en dernière analyse. Dans le triangle différentiel, dont l'hypoténuse constitue la différentielle de l'arc (dans la méthode des tangentes), cette hypoténuse peut être considérée « comme une petite ligne droite qui est tout à la fois l'élément de l'arc et celui de la tangente », - que l'on considère la courbe comme composée d'un nombre infini de droites, ou « qu'on la considère comme rigoureuse ; puisque le détour à chaque point M étant infiniment petit, la raison dernière de l'élément de la courbe à celui de la tangente est *évidemment une raison d'égalité* ⁴⁴⁶. » Donc ici le rapport tend sans cesse vers l'égalité, mais il y tend, selon la nature de la courbe, *d'une manière asymptotique*. Néanmoins, comme le contact se limite à un *point* qui n'a pas d'épaisseur, on admet donc, en fin de compte, que l'identité de droit et de courbe est atteinte. BOSSUT: *Calcul diff. et intégr.* Paris, an VI, I, p. 149. Dans des courbes, polaires ⁴⁴⁷, on suppose même que l'abscisse différentielle imaginaire est parallèle à l'abscisse réelle et on opère sur cette base, bien que toutes deux se rencontrent au pôle; on en conclut même à la similitude des deux triangles, dont l'un a précisément

⁴⁴⁰ Tiré des notes de la première liasse. (O.G.I.Z., Obs.)

Les mots « plus grande » correspondent au fait qu'en algèbre les quantités positives sont considérées comme plus grandes que les quantités négatives. (N.R.)

⁴⁴¹ Tiré des notes de la première liasse. (O.G.I.Z., Obs.)

⁴⁴² Tiré des notes de la première liasse, 1875. (O.G.I.Z., Obs.)

⁴⁴³ C'est-à-dire l'hyperbole équilatère $xy = c$. (N.R.)

⁴⁴⁴ Tiré des notes de la première liasse, 1875. (O.G.I.Z., Obs.)

⁴⁴⁵ Bien que les cours d'analyse modernes aient remplacé les considérations à demi-intuitives utilisées aux siècles précédents par des raisonnements aux limites de forme plus rigoureuse, le point de départ du calcul d'un arc de courbe reste toujours le même. En posant $ds^2 = dx^2 + dy^2$ pour définir la différentielle de l'arc, on assimile en dernière analyse le droit et le courbe. L'observation d'Engels garde toute sa valeur. (N.R.)

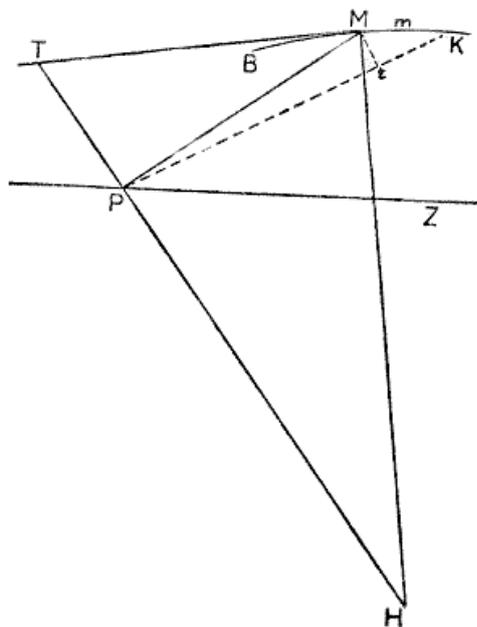
⁴⁴⁶ Les passages entre « » de cette note sont en français dans le texte. Les mots soulignés le sont par Engels. (N.R.)

⁴⁴⁷ C'est-à-dire les courbes considérées dans un système de coordonnées polaires. (O.G.I.Z., Obs.)

un angle au point d'intersection des deux lignes sur le parallélisme desquelles est fondée toute la similitude (fig. 17) ⁴⁴⁸.

Lorsque la mathématique du droit et du courbe est à peu près épuisée, une nouvelle vole presque infinie est ouverte par la mathématique *qui conçoit le courbe comme droit* (triangle différentiel) et *le droit comme courbe* (courbe du premier degré à courbure infiniment petite). O métaphysique !

Trigonométrie ⁴⁴⁹. Une fois que la géométrie synthétique a épuisé les propriétés d'un triangle, pour autant qu'elles sont considérées en elles-mêmes, et qu'elle n'a plus rien à dire, un horizon plus vaste s'ouvre grâce à un procédé très simple, absolument dialectique. Le triangle n'est plus considéré en soi et pour soi, mais en liaison avec une autre figure : le cercle. Tout triangle rectangle peut être considéré comme appartenant à un cercle si l'hypoténuse = r , les côtés de l'angle droit sont alors \sin et \cos si un côté de l'angle droit = r , l'autre = tg , l'hypoténuse = sec . Par là, les côtés et les angles entrent dans des relations déterminées toutes différentes à l'égard les unes des autres, relations qu'il serait impossible de découvrir et d'utiliser sans ce rapport du triangle au cercle et l'on voit se développer une nouvelle théorie du triangle qui dépasse de loin l'ancienne et est applicable partout, parce que tout triangle peut être résolu en deux triangles rectangles. Ce développement de la trigonométrie à partir de la géométrie synthétique est un bon exemple pour illustrer la dialectique, qui saisit les choses dans leur liaison réciproque au lieu de les saisir dans leur isolement.



Identité et différence. - Le rapport dialectique est déjà dans le calcul différentiel où dx est infiniment petit, mais cependant efficace et fait tout ⁴⁵⁰.

⁴⁴⁸ Engels se réfère à la figure 17 du tome I du traité de Bossut. Elle se présente de la manière suivante : BMK: courbe - MT : tangente à cette courbe - P : pôle ou extrémité de l'abscisse - Pz : axe polaire - MP: abscisse du point M (on dirait aujourd'hui rayon vecteur) - Pm : abscisse infiniment proche de M du point m (Engels appelle ce rayon a l'abscisse différentielle imaginaire »). Les triangles Mrm et TPM (ainsi que les triangles Mrm et MPH) sont considérés comme semblables. (O.G.I.Z., Obs.).

⁴⁴⁹ Tiré des notes de la quatrième liasse. (O.G.I.Z., Obs.)

⁴⁵⁰ Tiré des notes de la première liasse, 1875. (O.G.I.Z., Obs.)

*Molécule et différentielle*⁴⁵¹. Wiedemann (III, p. 636)⁴⁵² oppose directement l'une à l'autre distance *finie* et distance *moléculaire*.

Sur les prototypes île l'infini mathématique
dans le monde réel⁴⁵³

*A propos des pages 17-18*⁴⁵⁴. *Accord de la pensée et de l'être. L'infini en mathématiques.*

Le fait que notre pensée subjective et le monde objectif sont soumis aux mêmes lois et que, par suite, tous deux, dans leurs résultats, ne peuvent pas en fin de compte se contredire, mais doivent forcément s'accorder, domine absolument notre pensée théorique dans sa totalité. Il est sa condition inconsciente et inconditionnelle. En raison de son caractère essentiellement métaphysique, le matérialisme du XVIIIe siècle n'a étudié cette condition que dans son contenu. Il s'est borné à démontrer que le contenu de toute pensée et savoir doit procéder de l'expérience sensible et il a rétabli le principe : *nihil est in intellectu, quod non fuerit in sensu*⁴⁵⁵.

C'est seulement la philosophie moderne idéaliste, mais en même temps dialectique, et surtout Hegel, qui l'a étudié également dans sa *forme*. Malgré les constructions et les fantaisies arbitraires sans nombre que nous rencontrons ici; malgré la forme idéaliste, mise sur la tête, que prend le résultat de cette philosophie : l'unité de la pensée et de l'être, il est indéniable qu'elle a démontré, dans une foule de cas et dans les domaines les plus divers, l'analogie des processus de la pensée avec les processus de la nature et de l'histoire et inversement, et la validité de lois identiques pour tous ces processus. D'autre part, la science moderne de la nature a élargi le principe de l'origine empirique de tout contenu de pensée d'une manière qui jette par-dessus bord la vieille étroitesse et la vieille formulation métaphysiques de ce principe. En reconnaissant l'hérédité des qualités acquises, la science élargit le sujet de l'expérience de l'individu au genre ; ce n'est plus nécessairement l'individu singulier qui doit avoir fait l'expérience, son expérience singulière peut, dans une certaine mesure, être remplacée par les résultats des expériences d'une série de ses ancêtres. Si chez nous, par exemple, les axiomes mathématiques paraissent à tout enfant de huit ans être évidents et faire l'économie de la preuve expérimentale, c'est là uniquement le résultat de l'« hérédité accumulée ». Ils seraient difficiles à faire admettre par démonstration à un Boschiman ou à un Nègre australien.

Dans le présent ouvrage⁴⁵⁶, la dialectique a été conçue comme la science des lois les plus universelles de *tout* mouvement. Cela inclut que ses lois doivent être

⁴⁵¹ Tiré des notes de la quatrième liasse. (O.G.I.Z., Obs.)

⁴⁵² Engels pense ait livre de WIEDEMANN : *Théorie du galvanisme et de l'électromagnétisme* (Cf. note 1, p. 119). (O.G.I.Z., Obs.)

⁴⁵³ Ce fragment fait partie des trois grandes « Notes » qu'Engels a insérées dans la deuxième liasse des matériaux de *Dialectique de la nature*. A l'origine il a été rédigé comme brouillon du plan de la « Note » se rapportant aux pages 17-18 de *l'Anti-Dühring*. Sa rédaction se situe au début de 1885. Le titre : « Sur les prototypes de l'infini mathématique dans le monde réel » a été donné par Engels dans le sommaire de la deuxième liasse. Le sous-titre figure au début de la note elle-même. (O.G.I.Z., Obs.)

⁴⁵⁴ Cf. pp. 67-69 de notre édition de *l'Anti-Dühring* (Éditions sociales, 1950). (N.R.)

⁴⁵⁵ Il n'y a rien dans l'entendement qui n'ait été dans les sens. (N.R.)

⁴⁵⁶ C'est-à-dire dans *l'Anti-Dühring*. (N.R.)

valables aussi bien pour le mouvement dans la nature et dans l'histoire humaine que pour le mouvement de la pensée. Une telle loi peut être reconnue dans deux de ces trois sphères et même dans toutes trois, sans que ce routinier de métaphysicien se rende compte que c'est une -seule et même loi qu'il a reconnue.

Prenons un exemple. De tous les progrès théoriques, aucun ne passe sans doute pour un triomphe aussi élevé de l'esprit humain que l'invention du calcul infinitésimal dans la deuxième moitié du XVII^e siècle. Plus que n'importe où, nous avons là un exploit pur et exclusif de l'esprit humain. Le mystère qui entoure, aujourd'hui encore, les grandeurs employées dans le calcul infinitésimal, différentielles et infinies de différents degrés, est la meilleure preuve de la persistance de cette illusion qu'on a ici affaire à de pures « créations et imaginations libres »⁴⁵⁷ de l'esprit humain, auxquelles rien ne répondrait dans le monde objectif. Et c'est pourtant le contraire qui est vrai. Pour toutes ces grandeurs imaginaires, la nature offre les modèles.

Notre géométrie part de relations spatiales, notre arithmétique et notre algèbre partent de grandeurs numériques, qui correspondent à nos conditions terrestres, qui correspondent donc aux grandeurs corporelles que la mécanique appelle des masses, - masses telles qu'on les trouve sur terre et qu'elles sont mises en mouvement par les hommes. Par rapport à ces masses, la masse de la terre apparaît infiniment grande, et elle est aussi traitée comme infiniment grande par la mécanique terrestre. Rayon de la terre = ∞ , principe fondamental de toute mécanique dans la loi de la chute des corps. Pourtant non seulement la terre, mais aussi tout le système solaire et les distances qu'on y rencontre apparaissent à leur tour comme infiniment petits dès que nous nous occupons du système stellaire visible pour nous au télescope avec ses distances qu'il faut estimer en années-lumière. Nous avons donc ici déjà un infini non seulement du premier, mais du deuxième ordre, et nous pouvons laisser à l'imagination de nos lecteurs le soin de se construire encore d'autres infinies d'ordres plus élevés dans l'infinité de l'espace, s'ils en ressentent l'envie.

Or les masses terrestres, les corps avec lesquels la mécanique opère, se composent, d'après l'opinion qui prévaut aujourd'hui en physique et en chimie, de molécules, particules très petites, qui ne peuvent continuer à être divisées sans qu'on supprime l'identité physique et chimique du corps en question. D'après les calculs de W. Thomson, le diamètre de la plus petite de ces molécules ne peut pas être inférieur à 1 / 50.000.000 de millimètre⁴⁵⁸. Mais admettons également que la molécule la plus grosse elle-même atteigne un diamètre de 1 / 25.000.000 de millimètre; cela reste encore une grandeur infiniment petite par rapport à la masse la plus petite avec laquelle opèrent la mécanique, la physique et même la chimie. Cependant elle est douée de toutes les qualités propres à la masse en question, elle peut représenter la masse physiquement et chimiquement et la représente réellement dans toutes les équations chimiques. Bref, elle a exactement les mêmes propriétés vis-à-vis de la masse en question que la différentielle mathématique vis-à-vis de ses variables. A cela près que ce qui, dans la différentielle, dans l'abstraction mathématique, nous apparaît mystérieux et inexplicable, devient ici évident, et pour ainsi dire apparent.

⁴⁵⁷ Expression, employée par Dühring. (N.R.)

⁴⁵⁸ Ce chiffre apparaît dans l'article de W. THOMSON : « The Size of Atoms » (La dimension des atomes) publié d'abord dans la revue *Nature* du 31 mars 1870 (vol. 1, p. 553) et paru ensuite comme annexe F dans la 2^e édition du *Treatise of Natural Philosophy* (1883), de THOMSON et TAIT. (O.G.I.Z., Obs.)

Avec ces différentielles que sont les molécules, la nature opère exactement de la même manière et selon les mêmes lois que les mathématiques avec leurs différentielles abstraites. Voici, par exemple, la différentielle de $x^3 = 3x^2dx$, dans laquelle $3x dx^2$ et dx^3 sont négligés. Si nous faisons construction géométrique, nous avons un cube de côté x , lequel côté est augmenté de la grandeur infiniment petite dx . Admettons que ce cube soit fait d'un corps chimique qui peut facilement se sublimer, disons le soufre ; les trois faces adjacentes à un sommet sont protégées, les trois autres sont libres. Si nous exposons ce cube de soufre à une atmosphère de vapeur de soufre et que nous abaissions suffisamment la température de celle-ci, il se déposera de la vapeur de soufre sur les trois faces libres du cube. Nous restons tout à fait dans le cadre des procédés courants en physique et en chimie si nous admettons, pour nous représenter le phénomène dans sa pureté, que sur chacune de ces trois faces il se dépose d'abord une couche de l'épaisseur d'une molécule. Le côté x du cube s'est donc augmenté du diamètre d'une molécule, dx . Le volume du cube x^3 a grandi de la différence entre x^3 et $(x^3 + 3x^2dx) + 3x dx^2 + dx^2$, formule dans laquelle nous avons autant le droit qu'en mathématiques de négliger dx^3 , une molécule, et $3x dx^2$, trois rangées de molécules simplement alignées l'une contre l'autre de longueur $x + dx$. Le résultat est le même : la croissance du volume du cube est $3x^2dx$.

A y regarder de près, on ne rencontre sur le cube de soufre ni dx^3 ni $3x dx^2$, parce qu'il ne peut pas y avoir en un même lieu de l'espace deux ou trois molécules, et son augmentation de volume est donc exactement $3x^2dx + 3x dx + dx$. Cela s'explique par le fait qu'en mathématiques dx est une grandeur linéaire, mais, comme on le sait, ce genre de ligne sans épaisseur ni largeur ne se rencontre pas par lui-même dans la nature, donc les abstractions mathématiques n'ont une validité absolue que dans les mathématiques pures. Et, comme on néglige également ces $3x dx^2 + dx^3$, cela ne fait aucune différence.

Il en va de même dans l'évaporation. Si, dans un verre d'eau., la couche supérieure de molécules s'évapore, la hauteur de la couche d'eau x a diminué de dx , et la volatilisation continue d'une couche moléculaire après l'autre est effectivement une différenciation continuée. Et si la vapeur chaude est de nouveau condensée en eau dans un récipient par pression et refroidissement et qu'une couche moléculaire se dépose sur l'autre (nous pouvons faire abstraction des circonstances accessoires qui ôtent au phénomène sa pureté), jusqu'à ce que le récipient soit plein, nous avons eu ici littéralement une intégration qui ne se distingue de l'intégration mathématique que du fait que l'une est accomplie consciemment par le cerveau de l'homme et l'autre inconsciemment par la nature.

Mais ce n'est pas seulement lors du passage de l'état liquide à l'état gazeux et inversement que se présentent des processus parfaitement analogues à ceux du calcul infinitésimal. Quand le mouvement des masses est supprimé en tant que tel - par choc - et transformé en chaleur, en mouvement moléculaire, que s'est-il passé d'autre sinon que le mouvement des masses a été différencié ? Et lorsque les mouvements moléculaires de la vapeur dans le cylindre de la machine à vapeur ont pour résultat total de soulever le piston d'une quantité déterminée, de se changer en mouvement des masses, n'ont-ils pas été intégrés ? La chimie décompose les molécules en atomes, grandeurs d'une masse et d'une extension spatiale plus faibles,

mais grandeurs du même ordre, de sorte que les unes et les autres sont réciproquement dans des relations finies déterminées. L'ensemble des équations chimiques qui expriment la composition moléculaire des corps sont donc par leur forme des équations différentielles. Mais, en réalité, elles sont déjà intégrées du fait des poids atomiques qui y figurent. C'est avec des différentielles, dont le rapport réciproque de grandeur est connu, que la chimie calcule

Les atomes ne passent nullement pour simples ou, en général, pour les plus petites particules de matière connues. Abstraction faite de la chimie elle-même, penchant de plus en plus vers l'opinion que les atomes sont composés, la majorité des physiciens affirme que l'éther universel qui transmet une radiation lumineuse et calorique est composé pareillement de particules discrètes, mais qui sont si petites qu'elles sont aux atomes chimiques et aux molécules physiques comme celles-ci sont aux masses mécaniques, donc comme d^2x à dx . Nous avons donc également ici, dans la conception maintenant courante de la constitution de la matière, la différentielle du deuxième ordre et il n'y a absolument aucune raison pour que celui à qui la chose fait plaisir ne puisse concevoir qu'il existe aussi dans la nature des analogues de d^3x , d^4x , etc.

Quelque idée qu'on se fasse donc de la constitution de la matière, il est en tout cas certain qu'elle est articulée en une série de grands groupes bien délimités de masse relative, en sorte que les membres de chaque groupe ont entre eux, quant à la masse, des rapports finis déterminés, mais sont à l'égard de ceux du groupe le plus voisin comme l'infiniment grand ou l'infiniment petit au sens des mathématiques. Le système stellaire visible, le système solaire, les masses terrestres, les molécules et les atomes, enfin les particules d'éther constituent chacun, un de ces groupes. Cela ne change rien à la chose que nous trouvons des chaînons intermédiaires entre certains groupes. Ainsi, entre les masses du système solaire et les masses terrestres, les astéroïdes, dont quelques-uns n'ont pas un diamètre plus grand que disons le duché de Reuss branche cadette, les météores, etc. Ainsi, entre les masses terrestres et les molécules, la cellule dans le monde organique. Ces chaînons intermédiaires ne prouvent qu'une chose : s'il n'y a pas de bonds dans la nature, c'est *précisément Parce que* la nature ne se compose que de bonds.

Tant que les mathématiques calculent avec des grandeurs réelles, elles appliquent cette conception sans autre forme de procès. Pour la mécanique terrestre, la masse de la terre est déjà l'infiniment grand; de même qu'en astronomie les masses terrestres et les météores qui y correspondent sont l'infiniment petit, de même les distances et les masses planétaires du système solaire disparaissent pour elle dès que, au delà des étoiles fixes les plus proches, elle étudie la constitution de notre système stellaire. Mais, dès que les mathématiciens se retirent dans leur citadelle imprenable de l'abstraction, ce qu'on appelle la mathématique pure, toutes ces analogies sont oubliées, l'infini devient quelque chose de totalement mystérieux et la manière dont on s'en sert en analyse apparaît comme quelque chose de purement inconcevable, qui contredit toute expérience et toute raison. Les folies et les absurdités avec lesquelles les mathématiciens ont plutôt excusé qu'expliqué cette méthode qui est la leur et qui, chose curieuse, conduit toujours à des résultats justes, surpassent les pires fantaisies apparentes et réelles de la Philosophie de la nature de Hegel par exemple, au sujet desquelles les mathématiciens et les savants ne sauraient exprimer assez d'horreur. Ce qu'ils reprochent à Hegel, de pousser les

abstractions à leur comble, ils le font eux-mêmes à une bien plus large échelle. Ils oublient que tout ce qu'on nomme mathématiques pures s'occupe d'abstractions, que toutes leurs grandeurs, rigoureusement parlant, sont des grandeurs imaginaires et que toutes les abstractions poussées à leur comble se convertissent en absurdité, en leur contraire. L'infini mathématique est emprunté à la réalité, même si c'est inconsciemment, et c'est pourquoi il ne peut être expliqué que par la réalité et non par lui-même, par l'abstraction mathématique. Et si nous étudions la réalité sur ce point, nous trouvons aussi, comme nous l'avons vu, les relations réelles auxquelles est emprunté le rapport d'infini mathématique, et même les analogues naturels de la façon mathématique de faire agir ce rapport. Voilà donc la chose expliquée ⁴⁵⁹.

(Mauvaise reproduction chez Haeckel ⁴⁶⁰ de l'identité de la pensée et de l'être. Et aussi la *contradiction de matière continue et discrète* ⁴⁶¹ voir chez Hegel ⁴⁶².)

C'est seulement le calcul différentiel qui permet à la science de la nature de représenter mathématiquement des *Processus* et non des *états* seulement : mouvement ⁴⁶³.

Application des mathématiques : absolue dans la mécanique des corps solides, approximative dans celle des gaz, déjà plus difficile dans celle des liquides, - plutôt tentée et relative en physique, - en chimie, simples équations du premier degré de la nature la plus élémentaire, - en biologie = 0 ⁴⁶⁴.

[MÉCANIQUE ET ASTRONOMIE]

⁴⁵⁹ Engels voit dans l'étagement du monde physique par « échelles » - astronomique, terrestre, atomique, etc. - le modèle des infiniment petits et des infiniment grands de divers « ordres » sur lesquels opèrent les mathématiciens. Établissant un parallèle entre l'analyse infinitésimale et le morcellement atomique de la matière, il montre également à l'œuvre, dans la nature inanimée, des mouvements de différenciation et d'intégration dont l'analogie est profonde avec ceux de la pensée mathématique.

Certes, son affirmation nous paraît aujourd'hui trop absolue que la molécule est exactement par rapport à une masse visible ce que la différentielle est à sa variable.

La différentielle n'est qu'une réduction essentiellement quantitative de sa variable, celle-ci étant continue. La molécule est qualitativement différente de la masse sensible, et celle-ci est discontinue. Cependant, la molécule conserve des qualités essentielles de la masse sensible - inertie, pesanteur, magnétisme, etc. - et, dans cette mesure, elle s'apparente à une différentielle.

Ajoutons que Leibniz s'appuya sur des considérations analogues à celles d'Engels lorsqu'il fonda le calcul infinitésimal. Dans sa Lettre à Varignon (1702), pour montrer que les concepts d'infiniment petit et d'infiniment grand d'ordres différents « ont leur fondement dans la réalité », il donne comme modèle naturel de ces concepts « la particule de matière magnétique... vis-à-vis d'un grain de sable », « ce grain de sable vis-à-vis du globe terrestre » et le « globe terrestre vis-à-vis des firmaments ». (N.R.)

⁴⁶⁰ Il est probable qu'Engels pense ici au monisme psychologique de Haeckel tel qu'il l'expose dans l'opuscule cité par Engels par ailleurs: *Die Pe rigenesis der Plastidule*, Dans cet ouvrage (pp. 38-40) Haeckel prétend que « l'âme » élémentaire n'est pas propre à la seule « plastidule » (c'est-à-dire à la molécule de protoplasme), mais aussi aux atomes, que tous les atomes sont à animés », qu'ils possèdent la « sensation » et la « volonté ». (O.G.I.Z. Obs.)

⁴⁶¹ Il est possible qu'Engels pense ici aux opinions de Haeckel, qui dans *la « Périgénèse »*, parle des atomes comme de quelque chose d'absolument discontinu, indivisible et invariable, et admet, à côté des atomes discrets, l'existence de l'éther, comme quelque chose d'absolument continu. (O.G.I.Z., Obs.)

⁴⁶² Ces trois lignes ont été ajoutées en complément par Engels, (O.G.I.Z., Obs.)

⁴⁶³ Tiré des notes de la première liasse. (O.G.I.Z., Obs.)

⁴⁶⁴ Tiré des notes de la première liasse. (O.G.I.Z., Obs.)

Depuis qu'Engels a écrit ces lignes, les applications des mathématiques dans les autres branches de la science ont pris une importance beaucoup plus considérable ; mais la classification qu'il avait établie reste toujours valable. Si la biologie moderne commence à utiliser les mathématiques, elle le fait beaucoup moins que la chimie et surtout que la physique. (N.R.)

Exemple de la nécessité de la pensée dialectique et de l'absence de fixité des catégories et des rapports dans la nature: la loi de la chute des corps, qui devient déjà inexacte pour un temps de chute de plusieurs minutes, car dans ce cas on ne peut plus poser sans erreur sensible le rayon de la terre = ∞ , et l'attraction de la terre augmente au lieu de rester égale à elle-même, comme le suppose la, loi de la chute des corps de Galilée. Pourtant, on continue toujours à enseigner cette loi, mais en laissant de côté cette réserve ⁴⁶⁵ !

L'attraction et la force centrifuge de Newton sont un exemple de pensée métaphysique : le problème n'est pas résolu, mais seulement *posé*, et cela est présenté comme étant une solution ⁴⁶⁶. - De même la perte de chaleur de Clausius ⁴⁶⁷.

Gravitation newtonienne ⁴⁶⁸. Le mieux qu'on en puisse dire, c'est qu'elle n'explique pas l'état actuel du mouvement planétaire, mais qu'elle en *donne une représentation concrète*. Le mouvement est donné, la force d'attraction du soleil aussi : comment peut-on expliquer le mouvement en partant de ces données ? Par le parallélogramme des forces, par une force tangentielle que nous *devons* admettre, qui devient maintenant un postulat nécessaire. C'est-à-dire une fois supposée *l'éternité* de l'état existant, nous devons admettre une *impulsion première*, Dieu. Or ni l'état existant du monde planétaire n'est éternel, ni le mouvement n'est à l'origine composé ; il se présente comme une *simple rotation*. Et le parallélogramme des forces appliqué ici est faux, dans la mesure où il n'a même pas tiré au clair l'*x*, la grandeur inconnue qui restait à trouver, c'est-à-dire dans la mesure où Newton avait la prétention, non pas de poser la question, mais de la résoudre.

Le parallélogramme des forces de Newton, dans le système solaire, est vrai au meilleur cas *pour le moment où les corps annulaires se séparent*, car là le mouvement de rotation entre en contradiction avec lui-même, il apparaît d'une part comme attraction, d'autre part comme force tangentielle. Mais, dès que la séparation est accomplie, le mouvement redevient *un*. Que cette séparation doive intervenir ⁴⁶⁹, c'est une preuve du processus dialectique ⁴⁷⁰.

La théorie de Laplace ne suppose que la matière en mouvement - rotation nécessaire pour tous les corps en suspension dans l'espace de l'univers ⁴⁷¹.

Mädler. Étoiles fixes ⁴⁷².

⁴⁶⁵ Tiré des notes de la première liasse 1974, (O.G.I.Z., Obs.)

⁴⁶⁶ La théorie de la relativité générale d'Einstein (1913) est un premier pas vers la solution. Elle unit la gravitation et la force centrifuge comme deux aspects différents d'un même mouvement matériel. (N.R.)

⁴⁶⁷ Tiré des notes de la première liasse, 1873. (O.G.I.Z., Obs.)

⁴⁶⁸ Tiré des notes de la première liasse, 1874. (O.G.I.Z., Obs.)

⁴⁶⁹ Tiré des notes de la première liasse, 1875. (O.G.I.Z., Obs.)

⁴⁷⁰ Tiré des notes de la première liasse, 1875. (O.G.I.Z., Obs.)

⁴⁷¹ Tiré des notes de la première liasse, 1873. (O.G.I.Z., Obs.)

⁴⁷² Tiré des notes de la première liasse, 1876. Cette note se compose d'extraits de la 5^e partie, intitulée « Les étoiles fixes » du livre de Mädler : *Der Wunderbau des Weltalls, oder Populäre Astronomie* (La structure merveilleuse de l'univers, ou Astronomie populaire), 5^e édition, Berlin 1861, pp. 408-484. (O.G.I.Z., Obs.)

Les nombres donnés par Mädler ont parfois été modifiés par des observations ultérieures plus précises. C'est ainsi, par exemple, que l'étoile au mouvement apparent le plus rapide est actuellement l'étoile de Barnard qui se

Halley, début du XVIII^e siècle, est arrivé pour la première fois, sur la base de la différence entre les données d'Hipparque et de Flamsteed relative à trois étoiles, à l'idée du mouvement propre des étoiles (p. 410). - *British Catalogue* de Flamsteed, le premier - tant soit peu précis et vaste (p. 420) ; puis vers 1750 Bradley, Maskelyne et Lalande.

Théorie insensée sur la portée des rayons lumineux dans les corps de dimensions énormes et calcul de Mädler basé sur elle, - théorie aussi insensée que n'importe quelle thèse de la philosophie de la nature de Hegel. (pp. 424-425).

Mouvement propre (apparent) le plus grand d'une étoile = 701 par siècle = 11' 41" = 1/3 du diamètre du soleil ; mouvement moyen le plus faible de 921 étoiles télescopiques 8", 65, dans des cas isolés 4".

Voie lactée : série d'anneaux qui ont tous un centre de gravité commun.

Le groupe des Pléiades et en lui Alcyon (n du Taureau), centre du mouvement pour notre univers-île « jusqu'aux régions les plus éloignées de la Voie lactée » (p. 448). Temps moyen de révolution à l'intérieur du groupe des Pléiades, environ 2 millions d'années (p. 449). Autour des Pléiades, groupes en forme d'anneaux alternativement pauvres et riches en étoiles. - Secchi conteste la possibilité de fixer dès maintenant un centre.

D'après Bessel, outre le mouvement universel, *Sirius* et *Procyon* décrivent une orbite autour d'une corps *obscur* (p. 450).

L'obscurcissement d'Algol tous les trois jours pendant huit heures, *confirmé par l'analyse spectrale* (Secchi ⁴⁷³, p. 786).

Dans la région de la *Voie lactée*, mais loin à *l'intérieur* de celle-ci, un anneau dense d'étoiles de 7^e à 11^e grandeur. Bien en dehors de cet anneau, les anneaux concentriques de la Voie lactée, dont deux sont visibles. Dans la Voie lactée, d'après Herschel, environ 18 millions d'étoiles visibles pour son télescope ; celles qui sont situées à *l'intérieur* de l'anneau, sont environ 2 millions ou plus, donc plus de 20 millions en tout. En outre toujours un rayonnement indécomposable dans la Voie lactée elle-même, derrière les étoiles discernables, c'est-à-dire peut-être encore d'autres anneaux cachés par la perspective ? (pp. 451-452.)

Alcyon à une distance de 573 années-lumière du soleil. *Diamètre de l'anneau de la Voie lactée* avec des étoiles visibles individuellement : au moins 8.000 années-lumière (pp. 462-463).

La *masse* des corps qui se meuvent à l'intérieur de la sphère dont le rayon est la distance du soleil à *Alcyon*, soit 573 années-lumière, est calculée à 118 millions de fois la masse solaire (p. 462) ce qui ne correspond pas du tout aux 2 millions d'étoiles

déplace sur la sphère céleste de 10",3 par an. On a renoncé également à l'idée que la Voie lactée était formée d'une série d'anneaux d'étoiles ayant tous même centre de gravité. (N.R.)

⁴⁷³ Engels pense au livre de SECCHI: *Die Sonne. Autorisierte deutsche Ausgabe* (Le soleil. Édition allemande autorisée), Braunschweig 1872. Secchi explique les éclipses périodiques partielles de l'étoile Algol par l'existence d'un satellite obscur de cette étoile. (O.G.I.Z., Obs.)

au maximum qui s'y meuvent. Corps obscurs ? En tout cas *something wrong* [quelque chose qui cloche]. Cela prouve combien les conditions d'observation que nous avons sont encore imparfaites.

Pour l'anneau de la Voie lactée le plus extérieur, Mädler admet une distance de milliers, peut-être de centaines de milliers d'années-lumière (p. 464).

Belle argumentation contre la prétendue absorption de la lumière :

Sans doute un tel éloignement existe (d'où aucune lumière ne nous parvient plus), mais la cause est tout autre. La vitesse de la lumière est *finie* ; du début de la création à nos jours, il s'est écoulé un temps fini et nous ne pouvons donc percevoir les corps célestes que jusqu'à la distance que la lumière parcourt dans ce temps fini ! (p. 466).

Que la lumière s'affaiblissant en raison du carré de la distance doive atteindre un point où elle n'est plus visible à nos yeux, si perçants et si armés soient-ils, cela va pourtant de soi et suffit pour réfuter l'opinion d'Olbers que seule l'absorption de la lumière serait en mesure d'expliquer l'obscurité de l'espace céleste qui est pourtant rempli d'étoiles lumineuses dans toutes les directions à une distance infinie. Ce qui ne veut pas dire qu'il n'y a pas une distance où l'éther *ne laisse plus passer la lumière* ⁴⁷⁴.

Taches nébuleuses ⁴⁷⁵. Ici on rencontre toutes les formes : nettement circulaires, elliptiques ou irrégulières et dentelées. Tous les degrés de résolubilité, s'estompant jusqu'à l'indiscernabilité totale où l'on ne distingue qu'une condensation en direction du centre. Dans quelques-unes des taches décomposables, on peut percevoir jusqu'à 10.000 étoiles. Le centre est pour la plus grande part plus dense, dans des cas très rares, une étoile centrale à l'éclat plus vif. Le télescope géant de Rosse a de nouveau discerné beaucoup de nébuleuses; Herschel I compte 1,97 amas d'étoiles et 2.300 nébuleuses à quoi s'ajoutent encore celles qui sont enregistrées dans le catalogue de la partie sud du ciel par Herschel II. - Les nébuleuses irrégulières *doivent être des univers-îles lointains* ⁴⁷⁶, étant donné que les masses gazeuses ne peuvent subsister en équilibre que sous forme de sphère ou d'ellipsoïde. La plupart ne sont aussi que tout juste visibles, même avec les lunettes les plus puissantes. Les nébuleuses circulaires *peuvent* en tout cas être des masses gazeuses, il y en a 78 parmi les 2.500 ci-dessus. Quant à leur éloignement de nous, Herschel le fixe à deux millions d'années-lumière, Mädler, - en admettant un diamètre réel = 8.000 années-lumière, - à 30 millions. Étant donné que la distance de tout système de corps astronomique au système le plus proche est au moins le centuple de son diamètre, l'éloignement de notre galaxie de l'univers-île le plus proche comporterait au moins

⁴⁷⁴ La découverte de la structure discontinue des ondes lumineuses, notamment grâce aux expériences d'A. Einstein sur l'effet photo-électrique (1905), a révélé que l'affaiblissement de l'éclairement en raison inverse du carré de la distance ne peut être un processus continu allant insensiblement jusqu'à l'obscurité. A une distance très grande d'une étoile, on ne reçoit pas, à proprement parler, arien», mais un photon à des intervalles de temps d'autant plus longs que l'étoile est plus loin.

La question soulevée par Engels est délicate. L'absorption de la lumière par la matière interstellaire joue certainement un rôle. L'infinité des distances et l'infinité du nombre d'étoiles posent d'autre part des problèmes théoriques très ardues. (N.R.)

⁴⁷⁵ Tiré des notes de la première liasse, 1876. (O.G.I.Z., Obs.)

⁴⁷⁶ C'est-à-dire des systèmes d'étoiles, comme notre Voie lactée. Les chiffres modernes diffèrent d'une manière appréciable de ceux qui sont donnés par Engels, mais sont du même ordre de grandeur (N.R.)

cinquante fois 8.000 années-lumière = 400.000 années-lumière, de sorte que, étant admise l'existence de plusieurs milliers de nébuleuses, nous arrivons déjà bien au delà des 2 millions d'années-lumière de Herschel I ([MÄDLER, loc. cit. p.] 492).

*Secchi*⁴⁷⁷ : Les nébuleuses résolubles⁴⁷⁸ donnent un spectre stellaire continu et ordinaire. Les nébuleuses proprement dites donnent en partie un spectre continu comme la nébuleuse dans Andromède, mais le plus souvent elles donnent un spectre composé d'une ou de très rares raies lumineuses, comme les nébuleuses dans Orion, dans le Sagittaire, dans la Lyre et le grand nombre de celles *qui* sont connues sous le nom de nébuleuse *planétaire* (circulaires)⁴⁷⁹ (p. 787).

(D'après Mädler, p. 495, la nébuleuse d'Andromède n'est pas résoluble. - La nébuleuse d'Orion irrégulière, floconneuse et étendant comme des bras, p. 495. - La Lyre et la Croix du Sud ne sont que faiblement elliptiques, p. 498.) - Huggins a trouvé dans le spectre de la nébuleuse N° 4374 (Catalogue Herschel) trois raies lumineuses ; il en résultait immédiatement que cette nébuleuse ne se compose pas d'un amas d'étoiles individuelles, mais est une *nébuleuse réelle*⁴⁸⁰, une substance incandescente à l'état gazeux.

Les raies proviennent de l'azote et de l'hydrogène, la troisième est inconnue. De même pour la nébuleuse d'Orion. Même des nébuleuses qui contiennent des points lumineux (Hydre, Sagittaire) ont ces raies lumineuses, de sorte que les masses stellaires qui se condensent ne sont donc pas encore solides ou liquides (p. 789). La nébuleuse de la Lyre : seulement une raie d'azote (p. 789) - Nébuleuse d'Orion, à l'endroit le plus dense 1°, extension totale 4° [pp. 790-791]

*Secchi*⁴⁸¹ : Sirius.

Onze ans après (après le calcul de Bessel, Mädler, p.450)⁴⁸² non seulement on découvrit le satellite de Sirius sous l'aspect d'une étoile de 6e grandeur brillant par elle-même, mais il fut aussi démontré que son orbite coïncide avec celle calculée par Bessel. Pour Procyon et son satellite également, l'orbite a été déterminée par Auwers, toutefois on n'a pas encore vu le satellite lui-même (p. 793)

Secchi : Étoiles fixes.

Comme, à l'exception de deux *ou* trois, les étoiles fixes n'ont pas de parallaxe perceptible, elles sont au moins éloignées de nous de quelques 30 années-lumière (p. 799). D'après *Secchi*, les étoiles de 16e grandeur (encore discernables avec le grand télescope de Herschel) sont à 7.560 années-lumière, celles qui sont discernables avec le télescope de Rosse au moins à 20.900 années-lumière (p. 802).

⁴⁷⁷ Les extraits continuent avec le livre de SECCHI : Die Sonne... (O.G.I.Z., Obs.)

⁴⁷⁸ Astres qui, avec un petit télescope, apparaissent comme des nébuleuses, mais avec un grand, comme des groupes d'étoiles. (N.R.)

⁴⁷⁹ Parenthèse d'Engels. (N.R.)

⁴⁸⁰ Le mot « réelle » est souligné par Engels. (N.R.)

⁴⁸¹ Tiré des notes de la première liasse, 1876. La note se compose d'extraits du livre de SECCHI: *Le soleil*. (O.G.I.Z., Obs.)

⁴⁸² Le passage entre parenthèses est d'Engels qui se réfère au livre de Mädler cité plus haut. (N.R.)

Secchi pose lui-même la question (p. 810) : Si le soleil et tout le système se figent, existe-t-il dans la nature des forces qui puissent refaire passer le système mort à l'état primitif de nébuleuse incandescente et l'éveiller derechef à une vie nouvelle ? Nous ne le savons pas ⁴⁸³.

Secchi et le pape ⁴⁸⁴.

Descartes a découvert que le flux et le reflux sont causés par l'attraction de la lune. De même, en même temps que Snellius, il découvrait la loi fondamentale de la réfraction de la lumière ⁴⁸⁵, et cela sous une forme qui lui est particulière, différente de celle de Snellius ⁴⁸⁶.

Mayer, *Théorie mécanique de la chaleur*, p. 328 ⁴⁸⁷ : Kant a déjà dit que le flux et le reflux exercent une action retardatrice sur la rotation de la terre. (Calcul d'Adams ⁴⁸⁸, selon lequel la durée du jour sidéral ⁴⁸⁹ augmente actuellement d' 1/100 de seconde en 1.000 ans ⁴⁹⁰.)

⁴⁸³ Ce passage est cité par Engels dans l'introduction. (N.R.)

⁴⁸⁴ Tiré des notes de la première liasse. 873. (O.G.I.Z., Obs.)

⁴⁸⁵ A cet endroit du texte, celle remarque en marge : « Cela est contesté par Wolf, p. 325*. » (O.G.I.Z.)

* Engels pense au livre de RUDOLF WOLF : *Geschichte der Astronomie* (Histoire de l'Astronomie), Munich 1877. A la page 325 de ce livre, Wolf prétend que la loi de la réfraction de la lumière n'a pas été découverte par Descartes, mais par Snellius, qui l'a exposée dans ses oeuvres inédites, où Descartes l'aurait empruntée par la suite (après la mort de Snellius). (O.G.I.Z., Obs.)

⁴⁸⁶ Tiré des notes de la quatrième liasse. (O.G.I.Z., Obs.)

⁴⁸⁷ JULIUS ROBERT MAYER : *Die Mechanik der Wärme in Gesammelten Schriften*, zweite, umgearbeitete und vermehrte Auflage, Stuttgart 874. (N.R.)

⁴⁸⁸ Mayer cite les calculs de l'astronome anglais Adams dans son livre, p. 330. (O.G.I.Z., Obs.)

⁴⁸⁹ C'est-à-dire l'intervalle de temps qui s'écoule entre deux passages consécutifs de même sens d'une même étoile fixe au méridien d'un Heu. Le jour sidéral est beaucoup plus constant que le jour solaire et peut être déterminé avec une grande précision. (N.R.)

⁴⁹⁰ Tiré des notes de la première liasse, 1874. (O.G.I.Z., Obs.)

*Choc et frottement*⁴⁹¹. La mécanique considère l'action du choc comme *s'opérant d'une manière pure*. Mais en réalité les choses se passent autrement. A chaque choc, une partie du mouvement mécanique est transformée en chaleur, et le frottement n'est rien d'autre qu'une forme de choc qui convertit d'une manière continue du mouvement mécanique en chaleur (feu par frottement connu de toute antiquité).

La dépense d'énergie cinétique en tant que telle, dans les limites de la dynamique, est toujours de double nature et elle a un double résultat: 1. le travail cinétique fourni, la production d'une quantité correspondante d'énergie potentielle qui est cependant toujours plus petite que l'énergie cinétique dépensée ; 2. la victoire - outre sur la pesanteur - sur les résistances dues au frottement etc., qui convertissent le reste d'énergie cinétique dépensée *en chaleur*. - De même dans la transformation inverse : selon le mode de transformation, une partie, perdue du fait du frottement, 'etc., est dissipée sous forme de chaleur, - et tout cela est vieux comme le monde⁴⁹² !

La première conception naïve est, en règle générale, plus juste que la conception ultérieure, métaphysique. Ainsi déjà pour *Bacon* (après lui Boyle, Newton et presque tous les Anglais), la chaleur serait du mouvement (chez Bo le même du mouvement moléculaire). Ce n'est qu'au XVIIe siècle en France qu'est apparu le « calorique » et il a été admis plus ou moins universellement sur le continent⁴⁹³.

*Conservation de l'énergie*⁴⁹⁴. La constance *quantitative* du mouvement a déjà été exprimée par Descartes, et, presque dans les mêmes termes que maintenant (par Clausius, Robert Mayer ?), Par contre le changement *de forme du* mouvement a été découvert seulement depuis 1842, et c'est cela, et non la loi de 'la constance quantitative, qui est la nouveauté.

*Force et conservation de la force*⁴⁹⁵. Citer contre Helmholtz les passages de J. R. Mayer dans ses deux premiers mémoires⁴⁹⁶.

*Force*⁴⁹⁷. Hegel (*Histoire de la philosophie, 1, p. 208*) dit : « Il vaut mieux dire que l'aimant a une âme » (*ainsi que s'exprime Thalès*)

⁴⁹¹ Tiré des notes de la quatrième liasse. (O.G.I.Z., Obs.)

⁴⁹² Tiré des notes de la quatrième liasse. (O.G.I.Z., Obs.)

⁴⁹³ Tiré des notes de la quatrième liasse. (O.G.I.Z., Obs.)

La théorie qui considérait la chaleur comme un fluide indestructible et impondérable a été introduite en 1696 par Amontons, auteur des premières mesures de quantité de chaleur. La théorie expliquait très simplement pourquoi, dans l'échange de chaleur entre deux corps isolés, le corps froid gagne autant de chaleur *que* le corps chaud en perd. (N.R.)

⁴⁹⁴ Tiré des notes de la première liasse. (O.G.I.Z., Obs.)

⁴⁹⁵ Tiré des notes de la quatrième liasse. (O.G.I.Z., Obs.)

⁴⁹⁶ Voici les travaux de Mayer dont il est question: 1. Bemerkungen über die Kräfte der unbelebten (Remarques sur les forces dans la nature inanimée), 1842, in *Annalen der Chemie und Pharmacie*, hrsg. von Wöhler und Liebig. 2. Die organische Bewegung in ihrem Zusammenhang mit dem Stoffwechsel (Le mouvement organique dans sa liaison avec l'échange de substances), 1845, Heilbronn. Ces deux mémoires sont inclus dans: *Die Mechanik der Wärme* (1867). (O.G.I.Z., Obs.)

⁴⁹⁷ Tiré des notes de la première liasse, 1874. Engels a utilisé cette citation dans le chapitre: « Les formes fondamentales du mouvement » (cf. p. 86). (O.G.I.Z., Obs.)

que de dire qu'il a la force d'attirer ; la force est un genre de qualité qui, séparable de la matière, est représenté comme un prédicat, - l'âme, par contre, est ce mouvement de soi-même, elle est la même chose que la nature de la matière ⁴⁹⁸.

Si Hegel conçoit comme identiques la force et sa manifestation, la cause et l'effet, la preuve en est donnée aujourd'hui dans le changement des formes de la matière, où leur équivalence est démontrée mathématiquement. Cette équivalence était déjà reconnue auparavant dans la mesure : la force est mesurée par sa manifestation, la cause par son effet ⁴⁹⁹.

Force. ⁵⁰⁰ Lorsqu'un mouvement quelconque se transmet d'un corps à un autre, on peut concevoir le mouvement, dans la mesure où il se transmet, où il est actif, comme la cause du mouvement, dans la mesure où ce dernier est transmis, où il est passif; et cette cause, ce mouvement actif apparaît alors comme la *force*, le mouvement passif comme *sa manifestation*. D'après la loi de l'indestructibilité du mouvement, il en résulte évidemment que la force est exactement aussi grande que sa manifestation, étant donné que c'est bien, dans l'un comme dans l'autre cas, *le même mouvement*. Or le mouvement qui se transmet est plus ou moins déterminable quantitativement, puisqu'il se manifeste dans deux corps dont l'un peut servir d'unité de mesure pour mesurer le mouvement dans l'autre. C'est le caractère mesurable du mouvement qui donne sa valeur à la catégorie *force*. Sans cela, elle n'en a pas. En conséquence, plus on peut mesurer le mouvement, plus les catégories de force et de manifestation de la force sont utilisables pour l'observation. C'est pourquoi elles sont employées surtout en mécanique où l'on pousse encore plus loin l'analyse des forces en les considérant comme composées et où l'on atteint par là des résultats nouveaux, ce qui ne doit cependant pas faire oublier que c'est seulement là une opération mentale. Si l'on applique l'analogie des forces réellement composées, telle qu'elle s'exprime dans le parallélogramme des forces, à des forces réellement simples, elles n'en deviennent pas pour autant réellement composées. Il en va de même dans la statique. Il en va de même également dans la conversion d'autres formes du mouvement en mouvement mécanique (chaleur, électricité, magnétisme dans le cas de l'attraction du fer), où le mouvement primitif peut être mesuré par l'effet mécanique produit ⁵⁰¹. Mais ici déjà, où l'on considère simultanément des formes différentes du mouvement, on voit apparaître l'étroitesse de la catégorie ou de l'abréviation *force*. Aucun physicien honnête ne désignera plus le magnétisme, l'électricité, la chaleur comme de simples forces, pas plus qu'il ne les désignera comme des matières ou des impondérables. Lorsque nous savons en quelle quantité de mouvement mécanique se convertit une quantité déterminée de mouvement calorique, nous ne savons toujours rien sur la nature de la chaleur, si nécessaire que puisse être l'étude de ces conversions pour étudier cette nature de la chaleur. Le dernier progrès de la physique consiste à saisir celle-ci comme une forme de mouvement, et, par là, la catégorie force est supprimée en elle: dans certaines

⁴⁹⁸ Tous les passages soulignés de cette citation le sont par Engels. (O.G.I.Z., Obs.)

⁴⁹⁹ Tiré des notes de la première liasse. La première phrase est écrite au crayon, la seconde à l'encre. (O.G.I.Z., Obs.)

⁵⁰⁰ Tiré des notes de la première liasse, 1874. (O.G.I.Z., Obs.)

⁵⁰¹ En dynamique, la force exercée sur un mobile par le milieu extérieur est mesurée par l'accroissement de l'impulsion mv du mobile par unité de temps. La force est bien mesurée, comme l'affirme Engels, par sa manifestation qui est ici le mouvement mécanique. (N.R.)

connexions - celles du passage d'une forme à une autre, - elles⁵⁰² peuvent apparaître comme des forces et être ainsi mesurées. Ainsi, la chaleur est mesurée par la dilatation d'un corps chauffé. Si la chaleur ne passait pas ici d'un corps à un autre (qui sert d'étalon), c'est-à-dire si la chaleur du corps étalon ne changeait pas, on ne pourrait parler ni de mesure, ni de changement de grandeur. On dit simplement : « La chaleur dilate les corps » ; dire par contre « la chaleur a la force de dilater les corps » serait une pure tautologie, et dire « la chaleur est la force qui dilate les corps » serait inexact, car 1. la dilatation, par exemple dans les gaz, peut encore être produite autrement, et 2. la chaleur n'est pas exprimée par là de façon exhaustive.

Quelques chimistes parlent aussi de force chimique, entendant par là cette force qui réalise les combinaisons des corps et les maintient ensemble. Or il n'y a pas à proprement parler ici passage, mais union du mouvement de corps différents en un seul⁵⁰³, et par là le concept de « force » arrive ici à la limite de son emploi. Cette force est cependant encore mesurable par la production de chaleur, sans grands résultats jusqu'ici toutefois. Elle se transforme ici en phrase creuse comme partout où, au lieu d'étudier des formes de mouvement non explorées⁵⁰⁴, on *invente* une prétendue force pour les expliquer (disons, par exemple, la flottabilité pour expliquer la flottaison du bois sur l'eau, la force de réfraction pour la lumière, etc.), ce qui donne alors autant de forces que de phénomènes inexpliqués et ne fait précisément que traduire le phénomène extérieur en une phraséologie interne⁵⁰⁵. (L'emploi de catégories comme attraction et répulsion est déjà plus excusable ; ici une foule de phénomènes inexplicables pour le physicien sont rassemblés sous une appellation commune, qui marque le pressentiment de quelque liaison interne.)

Enfin, dans la nature organique, la catégorie de force est absolument insuffisante, et pourtant on l'applique constamment. On peut certes désigner, et aussi mesurer, 1 action des muscles selon leur effet mécanique comme force musculaire ; on peut même concevoir d'autres fonctions mesurables comme des forces, par exemple la capacité de digestion d'estomacs différents. Mais par cette voie on arrive bientôt à

⁵⁰² C'est-à-dire les différentes formes du mouvement : mouvement mécanique, chaleur, électricité, etc. (O.G.I.Z., Obs.)

⁵⁰³ Cette observation est pleinement confirmée par les découvertes modernes sur le mouvement des électrons dans les combinaisons chimiques. Par exemple, un atome d'hydrogène est constitué par un noyau et un électron, animé d'un mouvement très complexe autour du noyau et centré sur celui-ci. Lorsque deux atomes d'hydrogène se combinent pour former une molécule, ils mettent pour ainsi dire les deux électrons en commun. Ceux-ci enveloppent dans leur mouvement les deux noyaux à la fois, ils n'appartiennent plus ni à l'un ni à l'autre, mais à la molécule. Ainsi dans la combinaison chimique se réalise bien l'« union du mouvement des deux corps en un seul », prévue par Engels à une époque où les chimistes considéraient la combinaison chimique plutôt comme un édifice statique que comme union de mouvements. (N.R.)

⁵⁰⁴ Dans le manuscrit d'Engels, ce passage est en partie biffé. Engels a ajouté à la rédaction primitive de la dernière phrase « arrive ici à la limite de son emploi. Cette force est cependant encore mesurable par la production de chaleur, sans grands résultats jusqu'ici toutefois », mais la fin qui commence avec « on invente une prétendue force » est restée sans changement, sans liaison avec l'addition d'Engels. Pour restituer le sens plein et la construction grammaticale de la dernière phrase, nous avons rétabli les mots biffés « se transforme ici en phrase creuse comme partout où, au lieu d'étudier des formes de mouvement non explorées » et repris comme sujet « le concept de force » qui vient juste avant le passage ajouté. (O.G.I.Z., Obs.)

⁵⁰⁵ Cf. HEGEL: *Grande Logique* : « Au point de vue du contenu, cette explication (la force] ne dit pas autre chose, ou rien de plus, que ce qui est déjà contenu dans la phénomène lui-même... mais elle est formulée dans les termes d'une détermination réfléchie sur soi, et qui est la force... Dans la vie courante, ces tautologies, qui sont le privilège de la science, sont prises pour ce qu'elles sont, pour un verbiage tautologique sans aucune signification. » (Édit. Jankélévitch, tome II, pp. 91-92.) (N.R.)

l'absurde (par exemple : la force nerveuse), et, en tout cas, il ne peut être ici question de forces que dans un sens très restreint et figuré (l'expression courante « prendre des forces »). Mais cet abus de vocabulaire a conduit à parler d'une force vitale. Si l'on veut dire par là que, dans le corps organique, la forme du mouvement est différente de la forme mécanique, physique, chimique, qu'elle les contient toutes en elle sous une forme dépassée, cette façon de s'exprimer est erronée, en particulier pour cette raison que la force, - qui a pour condition préalable le transfert du mouvement, - apparaît ici comme quelque chose qui est apporté à l'organisme de l'extérieur, et non qui lui est inhérent, inséparable de lui ; et c'est pourquoi la force vitale a été le dernier refuge de tous les partisans du surnaturel.

Défaut : 1. La force est traitée habituellement comme une existence autonome (HEGEL: *Philosophie de la nature*, p. 79)⁵⁰⁶

2. La force *latente*, au repos, - expliquer cela en partant du rapport entre mouvement et repos (*inertia*, équilibre), et, à cette occasion, en finir avec la force d'excitation.

Force (cf. ci-dessus)⁵⁰⁷. La transmission du mouvement ne s'opère naturellement que si sont présentes *toutes* les diverses conditions nécessaires, qui sont souvent tout à fait multiples et compliquées, particulièrement dans les machines (machine à vapeur, fusil à platine, détente, amorce et poudre). Si *une* condition fait défaut, la transmission n'a pas lieu jusqu'à ce que cette condition soit établie. On peut alors se représenter la chose comme si la force devait d'abord être *sollicitée* par l'adjonction de cette dernière condition, comme si elle existait de façon *latente* dans un corps, appelé le support de force (poudre, charbon). Or en réalité, pour provoquer précisément cette transmission particulière, non seulement ce corps doit être présent, mais encore toutes les autres conditions. -

La représentation de force nous vient tout à fait d'elle-même, du fait que, dans notre propre corps, nous possédons des moyens de transmettre le mouvement. Ceux-ci, à l'intérieur de certaines limites, peuvent être actionnés par notre volonté, en particulier les muscles des bras grâce auxquels nous pouvons provoquer le changement de lieu mécanique, le mouvement d'autres corps (lever, porter, jeter, battre, etc.) et par là des effets utiles déterminés. Ici, il semble que le mouvement soit *produit* et non transmis, et cela donne lieu à la représentation que la force *Produit* en général *le mouvement*. La physiologie vient tout juste de prouver que la force musculaire n'est elle-même que transmission de mouvement.

*Force*⁵⁰⁸. Analyser aussi le côté négatif : la résistance qui s'oppose à la transmission du mouvement⁵⁰⁹.

⁵⁰⁶ HEGEL : *Philosophie de la nature* p. 79 : « L'important n'est pas qu'une telle direction existe, mais qu'elle existe pour elle-même, séparée de la pesanteur, ainsi qu'on la représente absolument indépendante dans la force... Distinguer le mouvement externe et le mouvement essentiel, ce qui est nécessaire, les noter mathématiquement comme des lignes distinctes, etc., est une chose... les considérer comme des existences physiques indépendantes, en est une autre. » (N.R.)

⁵⁰⁷ Tiré des notes de la première liasse, 1874. (O.G.I.Z., Obs.)

⁵⁰⁸ Tiré des notes de la première liasse, 1874. (O.G.I.Z., Obs.)

⁵⁰⁹ Engels fait ici allusion à l'inertie. Dans l'« esquisse du plan », il envisage également l'inertie comme « la forme négative de l'indestructibilité du mouvement ». Toute la théorie développée par Engels sur la transmission du mouvement et la force implique que l'inertie n'est elle-même qu'une forme du mouvement. Or le développement ultérieur de la physique devait confirmer brillamment et enrichir le matérialisme dialectique sur ce point fondamental de la philosophie physique. En 1905-1906, indépendamment l'un de l'autre, A. Einstein et

*Rayonnement de la chaleur dans l'espace de l'univers*⁵¹⁰. Toutes les hypothèses de rénovation des corps célestes morts citées chez Lavrov (p. 109)⁵¹¹ impliquent une perte de mouvement. La chaleur qui a été rayonnée, c'est-à-dire la plus grande partie du mouvement originel, est et reste perdue. Jusqu'ici, selon Helmholtz, 453 / 454^e. On en arrive tout de même, en fin de compte, à l'épuisement et à la cessation du mouvement. La question ne sera définitivement résolue qu'une fois montrée la façon dont la chaleur rayonnée dans l'espace de l'univers redevient utilisable. La théorie de la transformation du mouvement pose cette question sous une forme absolue, et il n'y a pas moyen d'y échapper en ajournant l'échéance sous de mauvais prétextes ou en éludant la réponse. Mais que, de ce fait, les conditions de la solution soient déjà données par la même occasion, - c'est autre chose⁵¹². La transformation du mouvement et son indestructibilité ont été seulement découvertes il y a quelque trente ans à peine, et ce n'est que tout récemment qu'elles ont été développées et poussées dans leurs conséquences. La question de savoir ce qu'il advient de la chaleur apparemment perdue n'est pour ainsi dire nettement posée⁵¹³ que depuis 1867 (Clausius)⁵¹⁴. Rien d'étonnant à ce qu'elle ne soit pas encore résolue; il est possible qu'il s'écoule beaucoup de temps encore avant que nous en soyons là, avec nos petits moyens. Mais elle sera résolue, aussi certainement qu'il est établi qu'il ne se passe pas de miracles dans la nature et que la chaleur primitive de la sphère nébuleuse ne lui est pas transmise par miracle de l'extérieur du monde. L'affirmation générale que la masse du mouvement est infinie, donc inépuisable, permet tout aussi peu de triompher des difficultés de chaque cas individuel; elle non plus ne parvient pas à ranimer des mondes morts, sauf dans les cas prévus dans les hypothèses mentionnées ci-dessus, et toujours liés à une perte de force, donc seulement temporaires. Le cycle n'est pas refermé, et il ne le sera pas, jusqu'à ce qu'on ait découvert comment la chaleur rayonnée redevient utilisable⁵¹⁵.

Clausius - si je le comprends bien - démontre que le monde a été créé, donc que la matière peut être créée, donc qu'elle peut être détruite, donc que la force (ou le

P. Langevin découvraient la loi de l'inertie de l'énergie. Selon cette loi, toute portion de l'espace douée de mouvement possède, de ce fait, une inertie m liée à l'énergie E du mouvement par la relation $E = mc^2$ (où c est la vitesse de la lumière). Inversement, un agrégat matériel d'inertie m recèle un, mouvement interne d'énergie $E = mc^2$, qui se manifeste à l'extérieur lors de la désintégration de cet agrégat. Ainsi l'inertie dont l'idéalisme avait fait l'antithèse métaphysique du mouvement, n'est qu'une forme et une mesure du mouvement, tandis que le mouvement possède de l'inertie et peut lui servir de mesure. La loi de l'inertie de l'énergie est à la base de l'explication des transmutations nucléaires; elle rend compte, notamment, de la prodigieuse quantité d'énergie qu'elles libèrent (par la grandeur énorme du facteur c^2). (N.R.)

⁵¹⁰ Tiré des notes de la première liasse, 1875. (O.G.I.Z., Obs.)

⁵¹¹ Engels pense au livre de LAVROV: *Essai d'histoire de la pensée*, tome I (Saint-Petersbourg 1875). A la page 109, Lavrov écrit: « Les soleils éteints avec leurs systèmes morts de planètes et de satellites continuent leurs mouvements dans l'espace jusqu'à ce qu'ils atteignent une nouvelle nébuleuse en formation. Alors, les restes du monde mort deviennent les matériaux qui accélèrent le processus de formation d'un monde nouveau. » Mais, en note, Lavrov donne l'opinion de Zöllner, disant que l'état d'engourdissement des astres éteints « ne peut être interrompu que par des influences extérieures, par exemple par la chaleur développée par la collision avec quelque autre corps. » (O.G.I.Z., Obs.)

⁵¹² En français dans le texte. (N.R.)

⁵¹³ En français dans le texte. (N.R.)

⁵¹⁴ Engels pense au discours de CLAUSIUS: *Sur le deuxième principe de la théorie mécanique de la chaleur*, prononcé à Francfort-sur-le-Main le 23 septembre 1867 et paru en brochure à Braunschweig la même année. (O.G.I.Z., Obs.)

⁵¹⁵ C'est-à-dire comment elle peut à nouveau fournir du travail et se transformer en autres formes de mouvement. (O.G.I.Z., Obs.)

mouvement) peuvent être également créés ou détruits, donc que toute la théorie de la « conservation de la force » est absurde.... donc que toutes les conclusions qu'il en a tiré sont aussi absurdes ⁵¹⁶.

De quelque façon que se présente à nous *le deuxième Principe de Clausius*, etc., il implique en tout cas que de l'énergie se perd, qualitativement sinon quantitativement. *L'entropie ne peut être détruite par voie naturelle, mais par contre elle peut être créée.* L'horloge de l'univers doit d'abord avoir été remontée, puis elle marche jusqu'au moment où elle arrive à l'état d'équilibre; à partir de ce moment, seul un miracle pourra la faire sortir de cet état et la remettre en mouvement. L'énergie dépensée pour la remonter a disparu, du moins qualitativement, et ne peut être restituée que par *une impulsion venue de l'extérieur*. Donc l'impulsion de l'extérieur était également nécessaire au début, donc la quantité de mouvement ou d'énergie existant dans l'univers n'est pas constante, donc de l'énergie a dû être créée, donc pouvoir être créée, donc pouvoir être détruite. *Ad absurdum* ⁵¹⁷ !

Conclusion pour Thomson, Clausius, Loschmidt : *La transformation consiste en ceci que la répulsion se repousse elle-même et quitte le milieu pour revenir dans les corps célestes inertes.* Mais cela implique aussi la preuve que la répulsion est le côté *actif* du mouvement, l'attraction le côté *passif* ⁵¹⁸.

Dans le mouvement des gaz - dans le processus d'évaporation - le mouvement des masses se transforme directement en mouvement moléculaire. C'est donc ici qu'il faut effectuer le passage ⁵¹⁹.

États d'agrégation : points nodaux, où des changements quantitatifs se convertissent en changements qualitatifs ⁵²⁰.

Cohésion - déjà négative dans les gaz - conversion de l'attraction en *répulsion*, celle-ci effective seulement dans les gaz et l'éther (?) ⁵²¹.

Au on absolu, aucun gaz n'est possible. Tout mouvement des molécules est arrêté. La moindre pression, donc leur propre attraction, les agglomère. *Par suite un gaz permanent est un non-sens* ⁵²².

mv^2 est aussi démontré pour les molécules gazeuses par la théorie cinétique des gaz. Donc une loi identique aussi bien pour le mouvement moléculaire que pour le mouvement des masses ; leur différence réciproque est ici levée ⁵²³.

⁵¹⁶ Tiré des notes de la première liasse, 875. (O.G.I.Z., Obs.)

⁵¹⁷ Tiré des notes de la première liasse, 1875. (O.G.I.Z., Obs.)

⁵¹⁸ Tiré des notes de la quatrième liasse. Écrit approximativement en 1880 (sur le même feuillet que l'esquisse de plan partiel). (O.G.I.Z. Obs.)

⁵¹⁹ Tiré des notes de la quatrième liasse. (O.G.I.Z., Obs.)

⁵²⁰ Tiré des notes de la première liasse, 1873. (O.G.I.Z., Obs.)

⁵²¹ Tiré des notes de la première liasse, 1873. Le point d'interrogation après le mot « éther » est d'Engels. (O.G.I.Z., Obs.)

⁵²² Tiré des notes de la première liasse. (O.G.I.Z., Obs.)

L'évolution ultérieure de la physique a confirmé cette conclusion. La réalisation de température de plus en plus basses, notamment, permit de liquéfier l'hydrogène (Wroblewski 1885, Dewar 1895), puis l'hélium (K. Ohnes, 1908). Il n'y a pas de « gaz permanents », ainsi qu'Engels l'affirme, conformément à l'opinion de tous les physiciens avancés de son époque. (N.R.)

⁵²³ Tiré des notes de la première liasse. (O.G.I.Z., Obs.)

La théorie cinétique doit montrer ⁵²⁴ comment les molécules qui tendent vers le haut peuvent simultanément exercer une pression vers le bas et, - l'atmosphère étant supposée plus ou moins permanente vis-à-vis de l'espace universel, - peuvent, malgré la pesanteur, s'éloigner du centre de la terre; mais cependant, à une certaine distance, - lorsque la pesanteur a diminué en raison du *carré* des distances, - elles peuvent être amenée par elle à l'état de repos ou même contraintes de rebrousser chemin ⁵²⁵.

Théorie cinétique des gaz : « Dans un gaz parfait... les molécules sont déjà si éloignées les unes des autres que leur action réciproque peut être négligée. » (CLAUSIUS ⁵²⁶, p. 6.) *Qu'est-ce qui remplit les intervalles ? Aussi l'éther* ⁵²⁷. Il y a donc ici le *postulat d'une matière qui n'est pas divisée en cellules moléculaires ou atomiques* ⁵²⁸.

Passage d'une contradiction à l'autre dans le développement théorique : de *l'horror vacui* ⁵²⁹ on passe tout de suite à l'espace universel absolument vide, *l'éther* ne vient qu'après ⁵³⁰.

Éther ⁵³¹. Si, d'une manière générale, l'éther offre une résistance, il doit aussi offrir une résistance à *la lumière* et par suite, à une certaine distance, être impénétrable à la lumière. Mais le fait que l'éther *propage* la lumière, qu'il est son *milieu*, implique nécessairement qu'il offre une résistance ⁵³² aussi à la lumière, sans quoi la lumière ne pourrait pas le faire vibrer. - Cela résout les questions litigieuses abordées chez Mädler ⁵³³ et mentionnées chez Livrov ⁵³⁴.

La lumière et l'obscurité constituent certainement l'opposition la plus criante, la plus catégorique dans la nature. Du quatrième évangile jusqu'aux *Lumières* ⁵³⁵ du XVIIIe

⁵²⁴ C'est maintenant un fait accompli. (N.R.)

⁵²⁵ Tiré des notes de la première liasse, 1875. (O.G.I.Z., Obs.)

⁵²⁶ CLAUSIUS : *Ueber den zweiten Hauptsatz der mahanischen Wärmethorie*. Fin Vortrag, gehalten in einer allgemeinen Sitzung der 41. Versammlung deutscher Naturforscher und Aerzte zu Frankfurt a/Main am 23. September 1867. Braunschweig 1867. (Cf. note 2, P. 291). (N.R.)

⁵²⁷ Il est probable qu'Engels pense à la page 16 de la brochure en question où Clausius effleure le problème de l'éther qui se trouverait en *dehors* des corps célestes. Ici aussi, il est question de l'éther, mais il n'est déjà plus en dehors des corps, mais dans les intervalles des particules infimes les composant. (O.G.I.Z., Obs.)

⁵²⁸ Tiré des notes de la première liasse. 1874. (O.G.I.Z., Obs.)

L'éther, selon les donnée actuelles, peut avoir lui aussi une structure discontinue, manifestée notamment par l'existence des photons. (N.R.)

⁵²⁹ L'horreur du vide. (N.R.)

⁵³⁰ Tiré des notes de la première liasse. Écrit au crayon, 1874. (O.G.I.Z., Obs.)

⁵³¹ Tiré des notes de la première liasse, 1875. (O.G.I.Z., Obs.)

⁵³² L'idée d'une absorption de la lumière par le « vide », par l' « éther », est mise en avant, sous une forme moderne, entièrement nouvelle, par certains astrophysiciens qui cherchent à expliquer autrement que par l'éloignement des nébuleuses spirales le « déplacement vers le rouge » de la lumière qu'elles émettent. (N.R.)

⁵³³ Il est probable qu'Engels pense au passage du livre de MÄDLER, *la Structure merveilleuse de l'univers*, dans lequel celui-ci aborde la question de ce qu'on appelle l'absorption de la lumière et des causes qui font que, malgré le nombre infini des étoiles brillantes, le ciel est obscur la nuit. (O.G.I.Z., Obs.)

⁵³⁴ Le nom de Lavrov est écrit par Engels en lettres russes. Il pense au livre de celui-ci paru anonymement à Saint-Petersbourg en 875 : *Essai d'histoire de la pensée*. Dans le chapitre « Fondement cosmique de l'histoire de la pensée », Lavrov mentionne les points de vue des diverses théories sur l'extinction de la lumière parcourant de très grandes distances (p. 103-104). (O.G.I.Z., Obs.)

⁵³⁵ En français dans le texte. (N.R.)

siècle, elle a toujours servi de phraséologie rhétorique à la religion et à la philosophie. FICK ⁵³⁶ p. 9:

Le principe déjà rigoureusement démontré depuis très longtemps en physique... que la forme de mouvement appelée chaleur rayonnante est, dans tous les points essentiels, identique à cette forme de mouvement que nous appelons la lumière ⁵³⁷.

Clerk Maxwell ⁵³⁸, p. 14:

Ces rayons (de chaleur rayonnante) ont toutes les propriétés physiques des rayons lumineux et sont capables de réflexion etc... Certains des rayons calorifiques sont identiques aux rayons lumineux, tandis que d'autres sortes de rayons calorifiques n'impressionnent pas nos yeux.

Il y a donc des rayons lumineux *obscurs*, et la fameuse opposition de la lumière et de l'obscurité disparaît de la science de la nature en tant qu'opposition absolue. Remarquons en passant que l'obscurité la plus profonde comme la lumière la plus vive, la plus éblouissante produisent sur nos yeux le même effet *d'aveuglement*, et sous ce rapport elles sont également identiques *pour nous*. - *Voici* comment les choses se passent : selon la longueur de l'oscillation, les rayons du soleil ont un effet différent ; ceux qui ont la plus grande longueur d'onde ⁵³⁹ transmettent de la chaleur, ceux de longueur moyenne de la lumière, ceux de la longueur d'onde la plus faible de l'action chimique (SECCHI ⁵⁴⁰, p. 632 sqq.), cependant que les maxima des trois actions étant rapprochés, les minima *internes* des groupes de rayons extrêmes coïncident par leur action dans le groupe lumineux ⁵⁴¹. Ce qui est lumière et non-lumière dépend de la structure de l'œil. Les oiseaux de nuit peuvent probablement voir encore une partie, sinon des rayons calorifiques, du moins des rayons

⁵³⁶ Adolf FICK: Die Naturkräfte in ihrer Wechselbeziehung, Populäre Vorträge. Würzburg 1869. (N.R.)

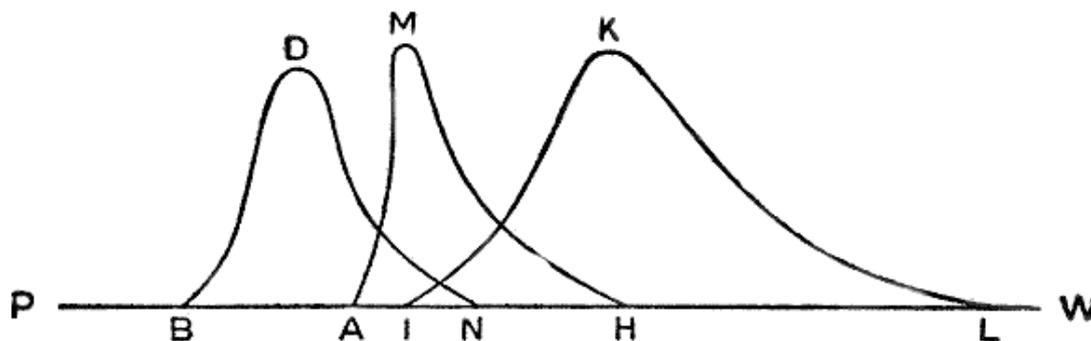
⁵³⁷ Souligné par Engels. (N.R.)

⁵³⁸ CLERK MAXWELL : Theory of Heat, 4th edition, London 1875. (N.R.)

⁵³⁹ C'est-à-dire les radiations ultra violettes. (N.R.)

⁵⁴⁰ SECCHI : *Die Sonne*, Autorisierte deutsche Ausgabe. Braunschweig 1875. (N.R.)

⁵⁴¹ Engels pense au diagramme représenté à la page 632 du livre de Secchi dont nous reproduisons ici les parties essentielles :



La courbe BDN représente l'intensité du rayonnement calorifique depuis les rayons de longueur d'onde la plus grande (au point B) jusqu'aux rayons de longueur d'onde la plus courte (au point N). La courbe AMH représente l'intensité des rayons lumineux visibles des longueurs d'onde les plus longues (au point A) aux plus courtes (au point H). La courbe IKL représente l'intensité des rayons chimiques des longueurs d'onde les plus longues (au point I) aux plus courtes (au point L). Dans les trois cas, l'intensité du rayonnement est représentée par la distance du point de la courbe considéré à la ligne PW. (O.G.I.Z., Obs.)

Les courbes montrent que les rayons visibles AH ont des effets calorifiques AN -et des effets chimiques IH. (N.R.).

chimiques, car leurs yeux sont adaptés à des longueurs d'onde plus faibles que les nôtres. La difficulté disparaît si, au lieu de rayons de trois espèces, on n'en admet que d'une seule (et scientifiquement nous n'en connaissons qu'une, tout le reste est conclusion prématurée), qui, selon leur longueur d'onde, produisent un effet différent, mais compatible à l'intérieur de limites étroites ⁵⁴².

Hegel construit la théorie de la lumière et des couleurs en partant de la pensée pure et tombe cependant dans l'empirisme le plus grossier de l'expérience prosaïque du philistin (bien qu'à bon droit dans un certain sens, car à l'époque ce point n'était pas encore éclairci), par exemple quand il fait état, contre Newton, des mélanges de couleurs des peintres (p. 314 en bas) ⁵⁴³.

Électricité ⁵⁴⁴. A propos des histoires de brigands de Thomson, Cf. HEGEL ⁵⁴⁵, pp. 346-347, où l'on trouve tout à fait la même chose. - Par contre Hegel conçoit déjà très clairement l'électricité de frottement comme tension à l'opposé de la théorie des fluides et de la matière électrique (p. 347) ⁵⁴⁶.

Lorsque Coulomb parle des « particules d'électricité qui se repoussent en raison inverse du carré de leur distance », Thomson admet tranquillement cela comme démontré (p. 358) ⁵⁴⁷. De même (p. 366) l'hypothèse que l'électricité se compose de « deux fluides, l'un positif et l'autre négatif, dont les particules se repoussent réciproquement ». p. 360, il est dit que l'électricité est retenue dans un corps chargé par la seule pression atmosphérique. Faraday plaçait l'électricité dans les pôles opposés des atomes (ou des molécules, ce qui est encore très embrouillé), et il exprimait ainsi pour la première fois l'idée que l'électricité n'est pas un fluide, mais une forme du mouvement, une « force » (p. 378). Ceci ne veut pas entrer dans la tête du vieux Thomson : l'étincelle est précisément quelque chose de matériel !

Dès 1822, Faraday avait découvert que le courant instantané induit - primaire aussi bien que secondaire, inverse - avait plutôt les propriétés du courant produit par la décharge de la bouteille de Leyde que celles du courant produit par la batterie voltaïque, en quoi résidait tout le mystère (p. 385).

Sur l'étincelle, toutes sortes d'histoires de brigands qui sont reconnues maintenant comme des cas particuliers ou des illusions. ainsi l'étincelle d'un corps positif serait

⁵⁴² Conception juste et admise à l'époque par tous les physiciens avancés. Peu après (1888) avaient lieu les célèbres expériences de Hertz sur les ondes électromagnétiques et la reconnaissance définitive de la nature électromagnétique des ondes lumineuses, affirmée dès 1862 par Maxwell.

On sait aujourd'hui que les ondes électromagnétiques forment une suite ininterrompue, allant des ondes radioélectriques aux rayons gamma de la radioactivité, en passant par les rayons infra-rouges, visibles, ultraviolets et X. De grands changements quantitatifs de la longueur d'onde des radiations électromagnétiques produisent des changements qualitatifs de leurs effets. (N.R.)

Tiré des notes de la première liasse, 1875. (O.G.I.Z., Obs.)

⁵⁴³ Engels pense à la *Philosophie de la nature* de Hegel (Berlin 1842). Cette note est tirée de la quatrième liasse. (O.G.I.Z., Obs.)

⁵⁴⁴ Tiré des notes de la quatrième liasse. (O.G.I.Z., Obs.)

⁵⁴⁵ HEGEL : *philosophie de la nature*. (N.R.)

⁵⁴⁶ HEGEL: *ibidem*. (N.R.)

⁵⁴⁷ Engels pense au livre de THOMAS THOMSON . *An Outline of the Sciences of Heat and Electricity (Esquisse des sciences de la chaleur et de l'électricité)*, 2nd édition, London 1840. Les déclarations de Coulomb rapportées par Thomson sur les « particules d'électricité » (le mot particule est souligné par Engels) datent de 1786. Cette note est tirée de la quatrième liasse. (O.G.I.Z., Obs.)

« un faisceau de rayons, un pinceau ou un cône » dont la pointe serait un point de décharge, par contre l'étincelle négative serait une étoile (p. 396). Une étincelle courte serait toujours blanche, une étincelle longue la plupart du temps rouge ou violacée. (Belle stupidité de Faraday à propos de l'étincelle p. 400⁵⁴⁸.) L'étincelle tirée du conducteur primaire [de la machine électrique] à l'aide d'une boule de métal serait blanche; à l'aide de la main, pourpre; à l'aide de l'humidité de l'eau, rouge (p. 405). L'étincelle, c'est-à-dire la lumière, ne serait pas propre à l'électricité, mais seulement le résultat de la compression de l'air. Que l'air est violemment et brusquement comprimé quand il est traversé par une étincelle électrique, l'expérience de Kinnersley à Philadelphie le démontre, selon laquelle l'étincelle produit une brusque raréfaction de l'air dans le tube⁵⁴⁹ et chasse l'eau dans celui-ci (p. 407). En Allemagne, il y a trente ans, Winterl et d'autres ont cru que l'étincelle ou la lumière électrique seraient « de la même nature que le feu »⁵⁵⁰ et se produirait par la réunion des deux électricités. Contre quoi Thomson démontre sérieusement que le point où les deux électricités se rencontrent serait précisément le plus pauvre en lumière et se situerait à 2/3 de la distance de l'extrémité positive et à 1/3 de celle de l'extrémité négative (pp. 409-410) ! Il est évident que le feu est ici quelque chose d'encore tout à fait mystique.

Avec le même sérieux, Thomson cite l'expérience de Dessaignes, selon laquelle, lorsque le baromètre monte et que la température baisse, le verre, la résine, la soie, etc., trempés dans le mercure, se chargent d'électricité négative, mais d'électricité positive lorsque le baromètre baisse et que la température s'élève ; en été, trempés dans le mercure impur, ils se chargent toujours positivement, et toujours négativement dans le mercure pur; que l'or et divers autres métaux deviennent en été positifs par réchauffement, négatifs par refroidissement, et inversement en hiver; que, lorsque le baromètre est haut et le vent au nord, ils sont « excessivement électrisés » : positivement lorsque la température monte, négativement lorsqu'elle s'abaisse, etc. (p. 416).

Comment les choses se présentaient avec la *chaleur*:

Pour produire des effets thermo-électriques, il n'est pas nécessaire d'employer la chaleur. Tout ce qui modifie la température⁵⁵¹ dans une partie de la chaîne provoque aussi une variation dans la déclinaison de l'aiguille aimantée. Ainsi le refroidissement d'un métal à, l'aide de la glace ou de l'évaporation de l'éther (p. 419) !

P. 438, la théorie électrochimique est admise comme « au moins fort ingénieuse et plausible ».

Depuis longtemps, Fabroni et Wollaston, et récemment Faraday, avaient affirmé que l'électricité voltaïque était la simple conséquence des processus chimiques, et Faraday a même déjà donné l'explication juste du déplacement d'atomes lui se produit dans le liquide et établi que la quantité d'électricité est mesurée par la quantité du produit électrolytique.

⁵⁴⁸ Dans le chapitre « Électricité » (cf. p. 119) Engels cite des déclarations de Faraday sur l'étincelle électrique d'après le livre de Thomson (Cf. note 1, p. 221). (N.R.)

⁵⁴⁹ Souligné par Engels. (Les mots « comprimé » et « raréfaction » sont soulignés deux fois pour faire ressortir l'ineptie de l'explication donnée par Thomson). (O.G.I.Z., Obs.)

⁵⁵⁰ Souligné par Engels. (N.R.)

⁵⁵¹ Souligné par Engels. (N.R.)

Avec l'aide de Faraday, Thomson met sur pied la loi suivante : chaque atome doit être naturellement entouré de la même quantité d'électricité, de sorte que, sous ce rapport, la chaleur et l'électricité se ressemblent ⁵⁵² !

Électricité statique et électricité dynamique ⁵⁵³. L'électricité statique ou de frottement est la mise en état de tension de l'électricité qui se trouve *toute prête* dans la nature *sous forme* d'électricité, mais à l'état neutre, à l'état d'équilibre. C'est aussi pourquoi l'abolition de cette tension, - lorsque et dans la mesure où l'électricité en se propageant peut être transportée, - se produit d'un *seul* coup, avec l'étincelle qui rétablit l'état neutre.

Au contraire, l'électricité dynamique ou voltaïque est produite par la transformation du mouvement chimique en électricité. Une solution de zinc, de cuivre, etc., la produit dans certaines circonstances déterminées. Ici, la tension n'a pas un caractère aigu, mais chronique. A chaque moment, une nouvelle électricité positive et négative est engendrée par une autre forme de mouvement, ce n'est pas une électricité existante \pm qui se sépare en + et -. Le processus est continu, et c'est pourquoi son résultat aussi, l'électricité, ne consiste pas en une tension et une décharge instantanées, mais en un courant continu qui, aux deux pôles, peut se convertir derechef dans le mouvement chimique d'où il est sorti (ce qu'on appelle l'électrolyse). Dans ce processus, ainsi que dans la production de l'électricité à partir de combinaisons chimiques (où il est produit de l'électricité au lieu de chaleur, et, qui plus est, autant d'électricité qu'il se dégage de chaleur dans d'autres circonstances, GUTHRIE, p. 210) ⁵⁵⁴ on peut suivre le courant dans le liquide (échange d'atomes dans les molécules voisines, c'est le courant) ⁵⁵⁵.

Cette électricité, qui est courant par nature, ne peut pas, pour cette raison précisément, être transformée directement en électricité de tension. Mais au moyen de l'induction, on peut déjà déneutraliser de l'électricité neutre existant en tant que telle. Conformément à sa nature, l'électricité induite devra suivre le caractère de l'électricité inductrice, c'est-à-dire être aussi un courant. Or ici il est évident qu'il y a la possibilité de condenser le courant et de le transformer en électricité de tension, ou plutôt en une forme supérieure qui réunit les propriétés du courant avec celles de la tension. Cela est résolu dans la bobine de Ruhmkorff. Elle produit une électricité d'induction qui possède ces propriétés ⁵⁵⁶.

Joli échantillon de la dialectique de la nature, la façon dont, selon la théorie actuelle, *la répulsion* des pôles magnétiques *de même signe* est expliquée par *l'attraction* des

⁵⁵² THOMSON: *ibid.*, p. 454. souligné par Engels. Le point d'exclamation à la fin de la citation est également de lui. (O.G.I.Z., Obs.)

⁵⁵³ Tiré des notes de la quatrième liasse. (O.G.I.Z., Obs.)

⁵⁵⁴ Engels pense au livre du physicien anglais GUTHRIE : *Magnetism and Electricity*, London and Glasgow, 1876. A la page 210, Guthrie écrit: « La force du courant est proportionnelle à la quantité de zinc dissous dans la batterie, c'est-à-dire soumise à l'oxydation, et proportionnelle à la chaleur libérée par l'oxydation du zinc. » (O.G.I.Z., Obs.)

⁵⁵⁵ Cette explication ancienne par échange d'atomes a été reconnue inexacte. Voir note 2, p. 122. (N.R.)

⁵⁵⁶ Les processus de charge et de décharge des condensateurs mettent également bien en évidence la transformation réciproque entre électricité statique et électricité cinétique. Engels n'a pas eu connaissance, vraisemblablement, de l'expérience de Rowland faite en 1876 et qui revêt une grande importance théorique : un disque chargé d'électricité statique, mis en rotation rapide, fait dévier une aiguille aimantée; le mouvement mécanique de la matière électrisée équivaut à un courant électrique. (N.R.)

courants électriques de même signe (GUTHRIE, p. 264)⁵⁵⁷.

*Électrochimie*⁵⁵⁸. En décrivant l'action de l'étincelle électrique sur le processus de décomposition et de combinaison nouvelle en chimie, Wiedemann déclare que cela concerne plutôt la chimie⁵⁵⁹. Mais, dans le même cas, les chimistes déclarent que cela regarderait plutôt la physique. Ainsi, au point de contact de la science des molécules et de la science des atomes, l'une et l'autre se déclarent incompetentes, alors que c'est précisément là qu'il *faut attendre les plus grands résultats*⁵⁶⁰.

Le frottement et le choc produisent un mouvement *interne* des corps qu'ils affectent, mouvement moléculaire qui se différencie, selon les cas, en chaleur, électricité, etc. *Cependant ce mouvement n'est que momentané: cessante causa, cessat effectus* [si la cause cesse, l'effet prend fin]. A un certain stade, ils se convertissent tous en un *mouvement moléculaire permanent, le mouvement chimique*⁵⁶¹.

⁵⁵⁷ Tiré des notes de la quatrième liasse. Engels pense au livre de Guthrie mentionné plus haut. (O.G.I.Z., Obs.)

⁵⁵⁸ Tiré des notes de la quatrième liasse. (O.G.I.Z., Obs.)

⁵⁵⁹ WIEDEMANN: *Die Lehre vom Galvanismus und Elektromagnetismus*, tome II, 2e partie, 2e édition, Braunschweig, 1874, p. 418. (N.R.)

⁵⁶⁰ On a ici un exemple de la puissance de la méthode dialectique. C'est effectivement l'étude des atomes et des molécules chargés d'électricité, ou ions, qui a amené la découverte de l'électron et de la structure atomique. (N.R.)

⁵⁶¹ Par exemple, si on frotte légèrement une allumette, elle s'échauffe, puis se refroidit; si on la frotte plus fort, elle s'enflamme et subit une transformation chimique définitive. (N.R.)

Tiré des notes de la première liasse, 1873. (O.G.I.Z., Obs.)

L'idée de la *matière réelle chimiquement homogène*, si antique qu'elle soit, correspond précisément à cette opinion puérile, encore largement répandue jusqu'à Lavoisier, que l'affinité chimique de deux corps repose sur le fait qu'ils contiennent chacun un troisième corps commun (Kopp : Développement, p. 105)⁵⁶².

Comment de vieilles méthodes commodes adaptées à la pratique usuelle antérieure sont transférées à d'autres branches de la science et deviennent des obstacles : en chimie, le calcul des pourcentages de la composition des corps qui, de toutes, était la méthode la plus propre à masquer, - et a effectivement masqué assez longtemps, - la loi de la constance de la composition et des rapports multiples dans les combinaisons⁵⁶³.

Une époque nouvelle commence en chimie avec l'atomistique (le père de la chimie moderne est donc Dalton et non Lavoisier) et en physique, conformément à cela, avec la théorie moléculaire. (Sous une forme autre, mais qui ne représentait essentiellement que l'autre aspect de ce processus : avec la découverte de la transformation des formes du mouvement.) L'atomistique nouvelle se distingue de toutes les précédentes par le fait qu'elle ne prétend pas (à l'exception des ânes) que la matière est seulement discrète, mais que les parties discrètes sont des stades différents (atomes d'éther, atomes chimiques, masses, corps célestes), des points nodaux différents qui conditionnent des modes d'existence qualitatifs différents de la matière universelle - jusques et y compris les modes où apparaissent l'absence de pesanteur et la répulsion⁵⁶⁴.

Conversion de quantité en qualité: exemple le plus simple : oxygène et ozone, où le rapport 2 : 3 produit des propriétés toutes différentes, jusqu'à l'odeur. Les autres corps allotropiques ne sont également expliqués en chimie que par la quantité différente des atomes dans les molécules⁵⁶⁵.

Signification des noms. En chimie organique la signification d'un corps, et par conséquent aussi son nom, ne sont plus déterminés par sa seule composition, mais plutôt par sa place dans la *série* dont il fait partie. Si donc nous trouvons que tel corps fait partie de telle série, son nom ancien devient un obstacle pour la compréhension et doit être remplacé par *un nom désignant cette série*. (Paraffines, etc.⁵⁶⁶.)

⁵⁶² Tiré des notes de la première liasse, 1875. Le titre complet du livre de Kopp auquel se réfère Engels est : Die Entwicklung der Chemie in der neuen Zeit. I. Abteilung : Die Entwicklung der Chemie vor und durch Lavoisier (L'évolution de la chimie à l'époque moderne, Ire partie : l'évolution de la chimie avant Lavoisier et grâce à lui), Munich, 1871. (O.G.I.Z., Obs.)

⁵⁶³ Par exemple le rapport entre l'oxyde de carbone et le gaz carbonique est obscur si nous disons que le premier contient 42,9 % de carbone et 57,1 % d'oxygène, le second, 27,3 % de carbone et 72,7 % d'oxygène. Il devient clair si nous disons que le premier contient 1 partie de carbone pour 413 d'oxygène et le second 1 partie de carbone pour 8/3 d'oxygène. (N.R.)

Tiré des notes de la quatrième liasse. (O.G.I.Z., Obs.)

⁵⁶⁴ Tiré des notes de la quatrième liasse. (O.G.I.Z., Obs.)

⁵⁶⁵ Tiré des notes de la quatrième liasse. (O.G.I.Z., Obs.)

⁵⁶⁶ Tiré des notes de la première liasse (O.G.I.Z., Obs.)

En effet, par exemple, l'acide acétique (nom traditionnel) est, dans la nomenclature systématique actuelle, appelé *éthanoïque* pour exprimer son appartenance à la série. de *l'éthane* (N.R.)

*Réaction*⁵⁶⁷. La réaction mécanique, physique (*alias* chaleur, etc.) s'épuise avec chaque réaction effective. La réaction chimique modifie la composition du corps qui réagit et ne se renouvelle que si on ajoute une nouvelle quantité de ce corps. Seul *l'organisme* réagit de façon autonome, - naturellement dans les limites de ses possibilités (sommeil) et à la condition préalable d'être approvisionné en nourriture. - Mais cet apport de nourriture n'agit qu'une fois assimilé, et non pas directement comme aux stades inférieurs, de sorte que l'organisme a ici une force de réaction *Par lui-même*, la réaction nouvelle doit intervenir par son *intermédiaire*.

*Vie et mort*⁵⁶⁸. Dès maintenant, aucune physiologie ne passe pour scientifique, qui ne conçoive la mort comme moment essentiel de la vie (Note, HEGEL : *Encyclopédie*, I, p. 152-153)⁵⁶⁹, qui ne comprenne *la négation* de la vie comme essentiellement contenue dans la vie elle-même, de sorte que celle-ci est toujours pensée en relation avec son résultat nécessaire, qui est constamment en elle à l'état de germe, la mort. La conception dialectique de la vie n'est rien d'autre. Mais pour quiconque a bien compris cela, c'en est fini de tout le bavardage sur l'immortalité de l'âme. Ou bien la mort est décomposition de l'organisme, qui ne laisse rien derrière lui que les éléments chimiques composant sa substance, ou bien elle laisse un principe de vie, plus ou moins identique à l'âme, qui survit à *tous* les organismes vivants et non pas seulement à l'homme. Il suffit donc ici d'élucider simplement, à l'aide de la dialectique, la nature de la vie et de la mort pour éliminer une antique superstition. Vivre c'est mourir.

*Génération spontanée*⁵⁷⁰. Toutes les recherches entreprises jusqu'à présent consistent en ceci : dans des liquides qui contiennent des corps organiques en décomposition et sont au contact de l'air, naissent des organismes inférieurs, protistes, champignons, infusoires. D'où viennent-ils ? Sont-ils nés par génération spontanée ou bien viennent-ils de germes que l'air a apportés ? La recherche est donc limitée à un domaine tout à fait restreint, à la question de la plasmogonie⁵⁷¹.

La supposition que de nouveaux organismes vivants puissent naître de la décomposition d'autres organismes date essentiellement de l'époque où l'on croyait à des espèces immuables. A ce moment-là, on se voyait dans la nécessité d'admettre que tous les organismes, même les plus compliqués, naissaient, par le moyen d'une génération originelle, de corps inertes, et, si l'on ne voulait pas se tirer d'affaire à l'aide d'un acte créateur, on en venait facilement à l'idée que ce processus s'expliquerait plus facilement en supposant des éléments formateurs provenant déjà du monde organique ; personne ne pensait déjà plus à produire un mammifère par voie chimique en partant directement de matière non organique.

⁵⁶⁷ Tiré des notes de la première liasse, 1875. (O.G.I.Z., Obs.)

⁵⁶⁸ Tiré des notes de la première liasse, 1874. (O.G.I.Z., Obs.)

⁵⁶⁹ HEGEL : *Encyclopédie* : « La vie en tant que telle porte en elle le germe de la mort. » (N.R.)

⁵⁷⁰ Tiré des notes de la première liasse, 1874. (O.G.I.Z., Obs.)

⁵⁷¹ Haeckel appelait plasmogonie la génération hypothétique des organismes où ceux-ci naissent dans un liquide organique, pour la différencier de l'autogonie, c'est-à-dire de la naissance directe de protoplasme vivant à partir de substances non organiques. (O.G.I.Z., Obs.)

Mais une telle supposition est un défi direct à l'état actuel de la science. Grâce à l'analyse du processus de décomposition de corps organiques morts, la chimie administre la preuve que ce processus donne nécessairement, au fur et à mesure qu'il progresse, des produits plus inertes, plus proches du monde non organique, de moins en moins propres à être utilisés dans le monde organique ; elle prouve qu'une autre direction ne peut être donnée à ce processus, qu'une semblable utilisation ne peut avoir lieu que lorsque ces produits de décomposition sont recueillis à temps dans un organisme déjà existant, propre à cette fonction. C'est précisément le véhicule le plus essentiel de la formation des cellules, albumine, qui se décompose en premier, et jusqu'ici on n'en a pas encore réalisé la synthèse.

Il y a plus. Les organismes dont, dans ces recherches, il s'agit d'obtenir la génération originelle à partir de liquides organiques sont sans doute relativement inférieurs, mais cependant déjà essentiellement différenciés: ce sont des bactéries, des levures, etc., doués d'un processus vital composé de phases différentes et partiellement pourvus, comme les infusoires, d'organes assez développés. Tous sont pour le moins monocellulaires. Or, depuis que nous connaissons les monères sans structure, cela devient de la folie de vouloir expliquer la naissance, fût-ce d'une seule cellule, en partant directement de la matière inerte au lieu de l'albumine vivante non différenciée, de croire qu'avec un peu d'eau puante on pourra contraindre la nature à faire en vingt-quatre heures ce qui lui a coûté des millions d'années.

Les expériences de Pasteur sous ce rapport sont vaines ; à ceux qui croient à la possibilité de la génération spontanée, il n'en démontrera jamais l'impossibilité à l'aide de ces seules expériences ; mais elles sont importantes parce qu'elles donnent beaucoup d'éclaircissements sur ces organismes, leur vie, leurs germes, etc.

Moritz Wagner

« Controverses scientifiques », 1.

(Augsburger Allgemeine Zeitung, supplément, 6, 7, 8 octobre 1874) ⁵⁷²

Déclaration de Liebig à Wagner, la dernière année de sa vie, en 1868 :

Nous pouvons seulement admettre que la vie est tout aussi ancienne, tout aussi éternelle que la matière elle-même, et toute la discussion sur l'origine de la vie me paraît réglée avec cette simple supposition. En fait, pourquoi la vie organique ne pourrait-elle pas être conçue comme tout aussi primitive que le carbone et ses composés (!) ⁵⁷³ ou que toute la matière en général, aussi impossible à créer qu'à détruire, ou que les forces qui sont éternellement liées au mouvement de la matière dans l'espace de l'univers ?

Liebig, disait en outre (selon Wagner, en novembre 1868):

« Quant à lui, il tenait pour " acceptable " l'hypothèse selon laquelle la vie organique aurait été " importée " de l'espace de l'univers sur notre planète. »

⁵⁷² Tiré des notes de la première liasse. 874. (O.G.I.Z., Obs.)

⁵⁷³ C'est Engels qui a souligné ces deux mots et introduit ce point d'exclamation. De même dans la suite, tout ce qui est souligné ou ponctué de points d'interrogation ou d'exclamation entre parenthèses l'est par Engels. (O.G.I.Z., Obs.)

HELMHOLTZ (Préface au *Manuel du physique théorique* de Thomson, édition allemande, IIe partie) ⁵⁷⁴ :

Si tous nos efforts pour provoquer la naissance des organismes à partir de matière inerte échouent, il me semble que nous procédons de manière tout à fait juste en nous demandant si, somme toute, la vie a jamais eu une origine, si elle n'est pas tout aussi vieille que la matière et si ses germes, transportés d'un corps céleste à un autre, ne se seraient pas développés partout où ils trouvaient un sol favorable ?

WAGNER:

Le fait que la matière est indestructible et impérissable, qu'aucune force... ne peut la dissoudre dans le néant, suffit au chimiste *pour la tenir également pour « impossible à crier »*... Or, selon la conception qui prédomine actuellement (?), la vie n'est considérée que comme une « propriété » inhérente à certains éléments simples dont se composent les organismes les plus bas, propriété qui, naturellement, doit être aussi vieille, c'est-à-dire tout aussi primitive, que ces corps fondamentaux eux-mêmes et *leurs combinaisons* (!!).

Dans ce sens on pourrait parler aussi de force vitale, comme le fait Liebig (*Lettres sur la chimie*, 4e édition), à savoir comme « d'un principe formateur agissant dans les forces physiques et grâce à elles » donc n'agissant pas en dehors de la matière. Cette force vitale, considérée comme une « propriété de la matière », ne se manifeste toutefois... que dans des conditions appropriées, qui de toute éternité, ont existé en d'innombrables points dans l'espace infini de l'univers, mais ont dû changer de place assez souvent au cours des diverses périodes du temps ⁵⁷⁵.

Donc sur la terre de jadis, à l'état liquide, ou sur le soleil actuel, pas de vie possible, mais les corps incandescents ont des atmosphères d'une énorme extension, se composant, selon le point de vue moderne, des mêmes substances qui, raréfiées à l'extrême, emplissent l'espace de l'univers et sont attirées par les corps célestes. La masse nébuleuse en rotation d'où est sorti le système solaire et qui s'étendait jusqu'au delà de l'orbite de Neptune, contenait également toute l'eau (!) à l'état de vapeur, dans une atmosphère richement saturée d'acide (!) carbonique jusqu'à des hauteurs incommensurables et contenait de ce fait aussi les substances de base pour l'existence (?) des germes organiques les plus bas ; en elle régnaient les températures les plus différentes dans les régions les plus diverses et, en conséquence, *on est bien fondé d'admettre* que les conditions nécessaires à la vie organique s'y sont toujours aussi rencontrées quelque part. En conséquence, les atmosphères des corps célestes, tout comme celles des nébuleuses cosmiques en rotation, devraient être considérées comme les chambres permanentes de conservation de la forme vivante, comme les pépinières éternelles de germes organiques.

Sous l'équateur, dans les Cordillères, les plus petits protistes vivants, avec leurs germes invisibles, emplissent encore massivement l'atmosphère jusqu'à 16.000

⁵⁷⁴ W. THOMSON und P. G. TAIT: *Handbuch der theoretischen Physik. Aurorisierte deutsche Uebersetzung* von H. Helmholtz und G. Wertheim, 1. Band, 2. Teil, Braunschweig 1874. Le passage de la préface de Helmholtz cité par Wagner et repris par Engels se trouve à la p. xi. Engels cite d'après l'article de Wagner, ce qui apparaît à de légères divergences dans le texte. (O.G.I.Z., Obs.)

⁵⁷⁵ Liebig : *Chemische Briefe*, 4. umgearbeitete und vermehrte Auflage, 1. Band. Leipzig und Heidelberg 1859, p. 373. (N.R.)

pieds d'altitude. Perty dit qu'ils seraient « presque omniprésents ». Ils ne manquent que là où la chaleur torride les tue. L'existence de ce genre d'organismes et de germes est donc convenable même dans l'atmosphère de *tous* les corps célestes, partout où se rencontrent les conditions appropriées.

D'après Colin, les bactéries... sont d'une taille si minuscule que, dans un millimètre cube, il y a place pour. 633 millions et que 636 milliards ne pèsent qu'un gramme. Les microcoques sont même plus petits encore, et peut-être ne sont-ils pas les plus petits. Mais ils ont déjà des formes très diverses, « les vibrions... tantôt sphériques, tantôt ovoïdes, tantôt en forme de bâtonnets ou de spirale ». (La forme joue donc déjà un rôle important.)

Jusqu'ici il n'a pas été élevé d'objection valable contre l'hypothèse bien fondée, selon laquelle, à partir de ces êtres primitifs neutres les plus simples (!) ou d'êtres *semblables, oscillant* entre l'animal et la plante, en vertu de la variabilité individuelle et de la faculté de transmettre aux descendants les caractères acquis, les conditions physiques des corps célestes se transformant et les variétés individuelles naissantes étant séparées dans l'espace, *pouvaient* et *devaient* se développer, au cours de très longs laps de temps, tous les multiples êtres vivants d'organisation supérieure des deux règnes de la nature.

Ceci montre remarquablement à quel point Liebig était un dilettante en biologie, science pourtant voisine de la chimie. Il ne lut Darwin qu'en 1861, et bien plus tard seulement les importants ouvrages de biologie, de paléontologie et de géologie postérieurs à Darwin. Il n'avait « jamais lu » Lamarck.

De même les importantes recherches paléontologiques parues dès avant 1859, de L. von Buch, d'Orbigny, Münster, Klipstein, Hauer, Quenstedt sur les céphalopodes fossiles, qui jettent une lumière si curieuse sur la liaison génétique des diverses créations, lui étaient restées totalement inconnues. Tous les savants cités... avaient été poussés par la puissance des faits, presque contre leur volonté, vers l'hypothèse de la descendance de Lamarck, et cela avant le livre de Darwin.

La théorie de la descendance avait par conséquent déjà pris racine dans le plus grand secret chez ces savants qui s'occupaient plus à fond d'une étude comparée des organismes fossiles. Dès 1832, dans *Des Ammonites et de leur séparation en familles* et, en 1848, dans un rapport lu devant l'Académie de Berlin : *L'idée lamarckienne de la parenté typique des formes organiques comme marque de leur descendance* commune, L. von Buch avait, avec une netteté complète, fait une introduction à la science de la pétrification (!), et, s'appuyant sur son étude des ammonites, il avançait en 1848 cette déclaration:

La disparition de formes anciennes et l'apparition de formes nouvelles ne sont pas la conséquence d'une destruction complète des formes organiques, mais *la formation d'espèces nouvelles à Partir de formes plus anciennes -ne s'est le plus vraisemblablement produite que par modification des conditions de vie* ⁵⁷⁶.

Gloses. L'hypothèse ci-dessus de la « vie éternelle » et de l'importation des germes de l'extérieur suppose au préalable

⁵⁷⁶ Ici se terminent les extraits de l'article de Wagner. Ils sont tirés des pages 4333, 4334, 4351, 4370 de l'Augsburger Allgemeine Zeitung. (O.G.I.Z., Obs.)

1. L'éternité de l'albumine;
2. L'éternité des formes primitives dont peut sortir tout ce qui est organique. L'une et l'autre sont inadmissibles.

Sur *le point* 1. L'affirmation de Liebig selon laquelle les combinaisons du carbone seraient tout aussi éternelles que le carbone lui-même est douteuse, sinon fausse.

a) Le carbone est-il simple ⁵⁷⁷ ? Sinon, il n'est pas éternel en tant que tel.

b) Les combinaisons du carbone sont éternelles en ce sens qu'elles se reproduisent constamment dans des conditions identiques de mélange, de température, de pression, de tension électrique, etc. Mais il n'est venu jusqu'ici à l'idée de personne de prétendre que, par exemple, les combinaisons du carbone, fût-ce les plus simples, CO₂ ou CH₄, sont éternelles en ce sens qu'elles existeraient de tout temps et plus ou moins en tous lieux et non pas plutôt en ce sens qu'elles se reproduiraient et disparaîtraient à, nouveau constamment, - et cela en naissant de leurs éléments et en y retournant. Si l'albumine vivante est éternelle au sens où les autres combinaisons du carbone sont éternelles, non seulement elle doit constamment se développer en ses éléments simples, comme il est notoire qu'elle le fait, mais elle doit aussi se reproduire constamment à partir des éléments simples, et sans le concours d'albumine déjà constituée, - et c'est l'exact opposé du résultat auquel parvient Liebig.

c) L'albumine est la combinaison du carbone la plus instable que nous connaissons. Elle se décompose, dès qu'elle perd la faculté d'accomplir les fonctions qui lui sont propres et que nous appelons vie, et il est dans sa nature que cette incapacité se présente tôt ou tard. Et c'est précisément cette combinaison qui, nous dit-on, serait éternelle, qui pourrait, dans l'espace de l'univers, survivre à toutes les variations de température, de pression, à l'absence de nourriture et d'air, etc., alors que sa limite supérieure de température est déjà si basse, - au-dessous de 100° ? Les conditions d'existence de l'albumine sont infiniment plus complexes que celles de toute autre combinaison connue du carbone, car nous avons affaire non seulement à des fonctions physiques et chimiques nouvelles, mais aussi à des fonctions de nutrition et de respiration qui exigent un milieu étroitement limité au point de vue physique et chimique, - et cette albumine devrait s'être conservée de toute éternité, à travers tous les changements possibles ? « De deux hypothèses, toutes choses égales d'ailleurs », Liebig « préfère la plus simple ». Mais quelque chose peut sembler très simple et être pourtant très compliqué - Supposer que d'innombrables séries continues de corps albuminoïdes vivants descendent de toute éternité les unes des autres et que, en toute circonstance, il en reste toujours assez pour que le stock reste bien assorti, c'est la chose la plus compliquée qui soit. - En outre, les atmosphères des corps célestes, et en particulier les atmosphères des nébuleuses, étaient à l'origine à température d'ignition et il n'y avait donc pas de place pour les corps albuminoïdes. -

⁵⁷⁷ Ce jugeaient a été confirmé par le développement ultérieur de la science - la physique nucléaire nous a appris que les atomes des éléments chimiques sont des agrégats complexes. Dans le soleil et les étoiles, 80 à 95 p. 100 de la masse sont formés par de l'hydrogène et de l'hélium, atomes les plus simples. Il est sûr que le carbone, plus complexe, doit se former à partir d'éléments plus simples que lui, bien que nous ignorions encore par quel processus et dans quelles conditions. On peut donc répéter pour le carbone ce qu'Engels dit de ses composés : il n'est éternel que par la capacité qu'il a de se reformer à partir d'éléments plus simples, où et quand les conditions nécessaires sont remplies. (N.R.)

Ainsi, en fin de compte, l'espace universel doit être le grand réservoir de la vie, - un réservoir où il n'y a ni air, ni nourriture, et où règne une température dans laquelle il est sûr qu'aucune albumine ne peut avoir de fonctions ni se conserver !

Sur le point 2. - Les vibrions, microcoques, etc., dont il est question ici, sont des êtres déjà assez différenciés - des grumeaux d'albumine, qui ont sécrété une membrane, *mais sans noyau*. Or la série susceptible d'évolution des corps albuminoïdes constitue *en premier le noyau* et devient cellule. La membrane cellulaire est ensuite un progrès ultérieur (*Amœba sphaerococcus*). Les organismes entrant ici en ligne de compte appartiennent donc à une série, qui, à en juger par l'analogie avec tout ce que nous connaissons jusqu'ici, se perd stérilement dans une impasse et ne peut compter au nombre des ancêtres des organismes supérieurs.

Ce qu'Helmholtz dit de la stérilité des tentatives faites pour produire la vie artificiellement est tout simplement *puéril*. La vie est le mode d'existence des corps albuminoïdes⁵⁷⁸ dont l'élément essentiel *consiste en l'échange permanent de substances avec la nature extérieure qui les environne*, tandis qu'avec la cessation de cet échange de substances la vie s'arrête aussi et que l'albumine entre en décomposition⁵⁷⁹. Si l'on réussit jamais à préparer chimiquement des corps albuminoïdes, ils manifesteront inmanquablement des phénomènes vitaux, ils accompliront des échanges de substances, si faibles et si éphémères soient-ils. Mais à coup sûr ces corps peuvent *tout au Plus* avoir la forme des monères les plus rudimentaires, vraisemblablement des formes plus basses encore. Ils ne peuvent en tout cas nullement avoir la forme d'organismes qui se sont déjà différenciés par une évolution millénaire, ont isolé la membrane du contenu interne et adopté une structure héréditaire déterminée. Cependant, tant que nous n'en savons pas plus maintenant sur la composition chimique de l'albumine, tant que par conséquent, pour un siècle vraisemblablement, nous ne pouvons penser à la préparer artificiellement, il est ridicule de déplorer que nos efforts, etc., aient échoué !

A l'affirmation ci-dessus, selon laquelle l'échange de substances est l'activité caractéristique des corps albuminoïdes, on peut objecter la croissance des « cellules artificielles » de Traube. Mais il n'y a ici qu'absorption, sans modification, d'un liquide

⁵⁷⁸ Engels a expliqué en ces termes dans *l'Anti-Dühring* (Éd. Sociales, p. 114) ce qu'il entend désigner ainsi : « On prend ici le corps albuminoïde au sens de la chimie moderne, qui rassemble sous ce nom tous les corps composés de façon analogue à l'albumine ordinaire, et appelés aussi substance protéiques. La nom est maladroit, parce que, de toutes les substances qui lui sont apparentées, l'albumine ordinaire joue le rôle le moins vivant, le plus passif, étant, à côté du jaune d'œuf, uniquement substance nutritive pour le germe qui se développe. Cependant, tant qu'on n'en sait pas plus long sur la composition chimique des substances albuminoïdes, ce nom est encore le meilleur, parce que plus général que tous les autres. »

La terminologie actuelle désigne sous le nom de « substances albuminoïdes », « substances protéiques », « protéines » ou « protéides », des constituants de la matière vivante, caractérisés par les acides aminés qu'ils fournissent à la dégradation hydrolytique.

Ces deux définitions ne coïncident pas exactement. D'une part, la définition moderne inclut des substances qui ne sont pas comprises dans la conception d'Engels. D'autre part, Engels, en nombre de passages, assimile l'albumine au principe chimique fondamental du protoplasme. Au sujet de la composition, de la structure et des propriétés de ce principe chimique fondamental, nos connaissances sont à peine plus avancées que du temps d'Engels. Cependant la biochimie expérimentale a des raisons de plus en plus précises de considérer les protéides comme étant le constituant fondamental de ce principe. (*N.R.*)

⁵⁷⁹ Même avec des corps non organiques, un semblable échange de substances peut avoir lieu, et, à la longue, il se produit partout, car partout se produisent des effets chimiques, si lents soient-ils. Mais la différence consiste en ce que, pour les corps non organiques, l'échange de substances les détruit, tandis que pour les corps organiques il est une condition nécessaire d'existence. (*Note d'Engels.*)

par endosmose, tandis que l'échange des substances consiste dans l'absorption de corps dont la composition chimique est modifiée, qui sont assimilés par l'organisme et dont les résidus sont éliminés en même temps que les produits de décomposition de l'organisme lui-même qui résultent du processus Vital⁵⁸⁰. L'importance des « cellules » de Traube réside en ce qu'elles font apparaître la croissance et l'endosmose comme deux phénomènes qu'on peut obtenir aussi dans la nature non organique et sans aucun carbone.

Les grumeaux d'albumine apparus d'abord doivent avoir été capables de se nourrir d'oxygène, d'acide carbonique, d'ammoniaque et de quelques-uns des sels en solution dans l'eau qui les entourait. Il n'y avait pas encore d'aliments organiques⁵⁸¹, puisqu'ils ne pouvaient tout de même pas se dévorer entre eux. Ceci prouve combien les monères actuelles, même sans noyau, leur sont supérieures, puisqu'elles vivent de diatomées, etc., c'est-à-dire supposent l'existence de toute une série d'organismes différenciés.

Dialectique de la nature, références⁵⁸².

Nature n° 294 et suivants. Allman sur les infusoires⁵⁸³. Monocellulaires, important.

Croll sur la période glaciaire et le temps géologique⁵⁸⁴.

Nature no326. Tyndall sur la génération⁵⁸⁵. Pourriture spécifique et expériences de fermentation.

Protistes⁵⁸⁶. Sans cellule, commencent avec le simple grumeau d'albumine, qui émet et rentre des pseudopodes sous telle ou telle forme, avec la monère. Les monères actuelles sont certainement très différentes des monères primitives, puisqu'elles vivent en majeure partie de matière organique, absorbent des diatomées et des infusoires (c'est-à-dire des corps qui sont supérieurs à elles et apparus

⁵⁸⁰ N.B. - De même qu'il nous faut parler de vertébrés sans vertèbres, de même ici le grumeau d'albumine inorganisé, amorphe, indifférencié, est aussi désigné comme organisme. *Dialectiquement*, cela est possible, car de même que, dans la corde dorsale il y a déjà en germe la colonne vertébrale, il y a dans le grumeau d'albumine apparu le premier comme incluse en germe, « en soi », toute la série infinie des organismes supérieurs. (*Note d'Engels.*)

⁵⁸¹ Il semble maintenant probable que l'océan primitif contenait des substances organiques simples dont la synthèse était réalisée par les rayons ultraviolets de la lumière solaire, qui, en l'absence d'oxygène et d'ozone, étaient moins absorbés dans les couches supérieures de l'atmosphère. Les substances, du fait de l'absence de bactéries, n'auraient pas été détériorées et auraient donc pu servir d'aliment aux premières choses vivantes (ou « semi-vivantes »). (N.R.)

⁵⁸² Tiré des notes de la première liasse. 1876. (O.G.I.Z., Obs.)

⁵⁸³ Engels pense à la communication d'ALLMAN : « Récents Progrès dans notre connaissance des infusoires ciliaires », parue dans les n°s 294, 295 et 296 de la revue anglaise *Nature* (17 et 24 juin, 1er juillet 1875). (O.G.I.Z., Obs.)

⁵⁸⁴ Engels pense au compte rendu, paru dans les nos 294 et 295 (17 et 24 juin 1875) de la revue *Nature*, du livre de CROLL : *Climate and Time in their Geological Relations ; a Theory of Secular Changes of the Earth's Climate*. (O.G.I.Z., Obs.)

⁵⁸⁵ Engels a en vue l'article de TYNDALL : « Des germes » paru dans les nos 326 et 327 de la revue *Nature* (17 janvier, 3 février 1876). (O.G.I.Z., Obs.)

⁵⁸⁶ Tiré des notes de la première liasse, 1874. (O.G.I.Z., Obs.)

L'histoire de l'évolution des êtres les plus simples, esquissée ici par Engels essentiellement d'après Haeckel, ne correspond plus dans son détail aux connaissances actuelles. Cependant la méthode employée reste pleinement valable. En particulier, l'importance accordée aux formes primitives non cellulaires d'organismes vivants a été justifiée avec éclat par des découvertes comme celle des virus et par les travaux d'Olga Lépéchinckaïa, qui a montré le rôle joué, tant dans le développement individuel que dans l'évolution des êtres vivants, par la substance vivante acellulaire, (N.R.)

seulement plus tard), et, comme [je montre] la planche 1 de Haeckel⁵⁸⁷, elles ont une histoire évolutive et passent par la forme de zoospores ciliés [Geisselschwärmer] sans cellule. - On voit déjà ici la tendance à la forme qui est propre à tous les corps albuminoïdes. Cette tendance à la forme apparaît, en outre, chez les foraminifères sans cellule, qui sécrètent une coquille tout à fait artificielle (anticipent sur les colonies ? Coraux, etc.) et anticipent par leur forme sur les mollusques supérieurs de même que les algues tubulaires [Schlauchalgen] (Siphonées) préforment le tronc, la tige, la racine et la forme de la feuille des plantes supérieures et ne sont pourtant que de l'albumine sans structure. En conséquence, il faut séparer la protamibe de l'amibe⁵⁸⁸.

2. D'une part se constitue la différence entre épiderme (ectoderme) et couche médullaire (endoderme) chez les héliozoaires, *Actinophrys sol* (NICHOLSON⁵⁸⁹, p. 49). La couche épidermique donne des pseudopodes (chez le *Protomyxa aurantiaca*, ce stade existe déjà comme stade de transition, cf. HAECKEL, planche 1). Dans cette voie de l'évolution, l'albumine ne semble pas être parvenue très loin.

3. D'autre part dans l'albumine se différencient le noyau et la nucléole, amibes nues. Dès lors la constitution de la forme avance rapidement. Les choses se passent de façon analogue avec le développement de la jeune cellule dans l'organisme, cf. WUNDT à ce sujet au début)⁵⁹⁰. Chez *Amaeba sphaerococcus*, comme [chez] *Protomyxa*, la constitution de la membrane cellulaire n'est qu'une phase de transition, mais ici déjà, début de la circulation de la vacuole contractile⁵⁹¹. Bientôt nous trouvons soit une coquille de sable agglutiné (*Diffugia*, NICHOLSON⁵⁹², p. 47), comme chez les vers et les larves d'insectes, soit une coquille effectivement sécrétée. Enfin.

4. La cellule à membrane cellulaire permanente. Selon la dureté de la membrane cellulaire, il en serait sorti, selon HAECKEL⁵⁹³, p. 382, soit la plante, soit en cas de membrane molle l'animal (? certainement à ne pas prendre d'une façon aussi générale). Avec la membrane cellulaire apparaît la forme déterminée et en même temps plastique. Ici encore, différence entre la membrane cellulaire simple et la coquille sécrétée. Mais (à la différence du point 3) avec cette membrane et cette coquille cesse l'émission de Pseudopodes. Répétition de formes antérieures (Geisselschwärmer) et variété des formes. La transition est constituée par les labyrinthulés (HAECKEL, p. 385), qui lancent leurs pseudopodes à l'extérieur et circulent en rampant dans ce réseau en modifiant dans une certaine mesure leur forme en fuseau⁵⁹⁴. - Les Grégariens anticipent sur le mode de vie des parasites

⁵⁸⁷ Engels pense au livre de HAECKEL: *Histoire naturelle de la création*, 4e édition. La planche 1 se trouve entre les pages 168 et 169 et son interprétation est à la page 664. (O.G.I.Z., Obs.)

⁵⁸⁸ En marge, en face de ce paragraphe, cette addition d'Engels: « Individualisation sans importance: ils se divisent, mais aussi s'amalgament. » (O.G.I.Z.)

⁵⁸⁹ Il est probable qu'Engels a en vue une des premières éditions de *A Manual of Zoology* du biologiste anglais Nicholson. Dans la 5e édition de ce livre (Édimbourg et Londres 1878) que possède l'Institut Marx-Engels-Lénine, il est question de la différence entre ectoderme et endoderme chez l'*Actinophrys sol*, page 77. (O.G.I.Z., Obs.)

⁵⁹⁰ Engels pense sans doute au livre de WILKELM WUNDT : *Lehrbuch der Physiologie des Menschen* (Manuel de physiologie humaine), 1re édit. 1865, 2e 1868 et 3e 1873. (O.G.I.Z., Obs.)

⁵⁹¹ HAECKEL : *Histoire naturelle de la création*, 4e édit., p. 380. (O.G.I.Z., Obs.)

⁵⁹² NICHOLSON : *A Manual of Zoology*. (N.R.)

⁵⁹³ HAECKEL: *Histoire naturelle de la création*. (N.R.)

⁵⁹⁴ En marge, en face de ce passage, cette addition d'Engels : « Embryon d'une différenciation supérieure. » (O.G.I.Z.)

supérieurs : quelques-uns ne sont déjà plus des cellules isolées, mais des chaînes de cellules (HAECKEL, p. 451) qui ne comptent cependant que deux ou trois cellules, - ébauche avortée. Développement suprême des organismes monocellulaires chez les infusoires, dans la mesure où ils sont réellement monocellulaires. Ici une importante différenciation (cf. NICHOLSON). Dérive des colonies et des animaux-plantes (Epistylis). De même chez les plantes monocellulaires, développement élevé de la forme (Desmidiacées, HAECKEL, p. 410⁵⁹⁵.)

5. Le progrès suivant est la réunion de plusieurs cellules non plus en une colonie mais en un corps. D'abord les Catallactées de Haeckel, *Magosphœra planula* (HAECKEL, p. 384), où la réunion des cellules n'est qu'une phase du développement. Mais ici encore il n'y a déjà plus de pseudopodes (Haeckel ne dit pas avec précision si ce n'est pas comme stade de transition). D'autre part, les radiolaires (qui sont aussi des amas de cellules non différenciées) ont par contre gardé les pseudopodes et développé au plus haut point la régularité géométrique de la coquille, qui joue déjà un rôle chez les rhizopodes authentiquement non cellulaires. L'albumine s'enveloppe pour ainsi dire de sa forme cristalline.

6. La *Magosphœra planula* constitue la transition vers la vraie *planula* et *gastrula*, etc. Voir la suite chez HAECKEL (p. 452 sqq.)⁵⁹⁶ *Bathybius*⁵⁹⁷. Les pierres dans son corps sont la preuve que la forme primitive de l'albumine, même sans aucune différenciation morphologique, porte déjà en elle le germe et la capacité de la constitution du squelette⁵⁹⁸.

*Individu*⁵⁹⁹. Ce concept lui aussi s'est résolu en éléments tout à fait relatifs. *Cormus*⁶⁰⁰, colonie, ver solitaire, - d'autre part cellule et métamère⁶⁰¹ en tant qu'individus dans un certain sens (*Anthropogénie*⁶⁰² et *Morphologie*⁶⁰³).

⁵⁹⁵ Haeckel appelle « animaux-plantes, zoophytes » les cœlentérés, en y comprenant les éponges, que l'on sépare maintenant, en particulier des cœlentérés. (O.G.I.Z., Obs.)

⁵⁹⁶ Haeckel parle des formes *planula* et *gastrula* à la page 452 de la 4e édition de son *Histoire naturelle de la création*. Dès la 5e édition (Berlin, 1874), Haeckel a changé ce passage en supprimant aux pages 452 et sqq. cette mention de la *planula* et en laissant seulement la *gastrula*. On peut en conclure qu'Engels se servait de la 4e édition (Berlin, 1873). Dans cette édition-là, Haeckel compte les cinq étapes suivantes d'évolution embryonnaire des germes chez les animaux pluricellulaires: monerula, ovulum, morila, *planula* et *gastrula*. Dans les éditions suivantes, ce schéma a subi des modifications essentielles. Mais l'idée fondamentale de Haeckel qu'Engels tenait pour positive, l'idée du parallélisme entre le développement individuel de l'organisme (ontogénèse) et le développement de la forme donnée, au cours du processus évolutif (philogénèse), s'est solidement confirmée dans la science. (O.G.I.Z., Obs.)

⁵⁹⁷ Le mot *Bathybius* signifie « vivant dans les profondeurs ». En 1868, Huxley décrivait un mucus gluant tiré du fond de l'océan, le prenant pour la matière protoplasmique vivante, primitive et sans structure. En l'honneur de Haeckel il donna ce qu'il prenait pour un protozoaire vivant le nom de *Bathybius Haeckelii*. Par la suite, il fut démontré que le *Bathybius* n'avait rien de commun avec le protoplasme. Haeckel parle du *Bathybius* et des petites pierres calcaires qu'il contenait à la page 165-166 de la 4e édition de son *Histoire naturelle de la création*. (O.G.I.Z., Obs.)

⁵⁹⁸ Tiré des notes de la première liasse. 1875. (O.G.I.Z., Obs.)

⁵⁹⁹ Tiré des notes de la première liasse. 1874. (O.G.I.Z., Obs.)

⁶⁰⁰ Par ce terme, Haeckel (*Generelle Morphologie der Organismen*, tome I, Berlin 1866) désigne ces colonies ou combinaisons d'organismes qui se composent « d'individus morphologiques du 5e ordre » - par exemple les chaînes de vers marins. (O.G.I.Z., Obs.)

⁶⁰¹ Les métamères désignent des parties (segments) de corps d'animaux (p. ex. de vers) se répétant l'un l'autre par leur structure. (O.G.I.Z., Obs.)

⁶⁰² HAECKEL : *Anthropogenie, oder Entwicklungsgeschichte des Menschen.*, Leipzig, 1874. (N.R.)

Toute la nature organique est une preuve ininterrompue de l'identité ou de l'indissolubilité de la forme et du contenu. Les phénomènes morphologiques et physiologiques, la forme et la fonction se conditionnent réciproquement. La différenciation de la forme (cellule) détermine une différenciation de la matière en muscle, peau, os, épithélium, etc., et la différenciation de la matière détermine à son tour une différenciation de la forme ⁶⁰⁴.

Répétition des formes morphologiques à tous les stades de l'évolution ; formes cellulaires (les deux essentielles déjà dans la gastrula ⁶⁰⁵), - formation de métamères à un certain niveau : annelés, arthropodes, vertébrés. Dans les têtards des amphibiens, la forme primitive de la larve des ascidies se répète. - Diverses formes de marsupiaux qui se répètent chez les placentaires (même en ne prenant que les marsupiaux encore vivants) ⁶⁰⁶.

En ce qui concerne toute l'évolution des organismes, il faut admettre la loi de l'accélération proportionnelle au carré de la distance qui sépare dans le temps cette évolution de son point de départ. Cf. chez HAECKEL: Histoire de la création et Anthropogénie, les formes organiques correspondent aux différentes ères géologiques. Plus on s'élève, plus les choses vont vite ⁶⁰⁷.

Montrer que la théorie darwinienne est la démonstration pratique de l'exposé de Hegel sur la Raison interne entre nécessité et contingence ⁶⁰⁸.

Lutte Pour l'existence ⁶⁰⁹. Avant tout, il est nécessaire de la limiter strictement aux luttes provoquées par la *surpopulation* dans le monde végétal et animal, luttes qui se produisent effectivement à certains stades dans le règne végétal et aux stades inférieurs dans le règne animal. Mais il est nécessaire d'en séparer rigoureusement les conditions dans lesquelles les espèces se transforment, - des espèces anciennes s'éteignent et de nouvelles espèces, plus développées, les remplacent, - sans la présence de cette surpopulation: par exemple, lors de la migration d'animaux et de plantes dans des contrées nouvelles, où des conditions nouvelles de climat, de sol, etc., provoquent le changement. Si là les individus qui s'adaptent survivent et, grâce à une adaptation sans cesse croissante, se développent pour former une espèce nouvelle, tandis que les autres individus, plus stables, périssent et finalement s'éteignent en même temps que les formes intermédiaires imparfaites, cela peut se produire - et en fait cela se produit - sans *aucun malthusianisme* ; et, si jamais celui-ci devait jouer quelque rôle, il ne change rien au processus, il peut tout au plus l'accélérer. - De même lors du changement progressif des conditions géographiques, climatiques, etc., dans un territoire donné (assèchement de l'Asie centrale par exemple). Il est indifférent que la population animale ou végétale soit à l'étroit ou non ; le processus de développement des organismes par les changements

⁶⁰³ HAECKEL : *Générale Morphologie der Organismen*, 2 vol. (Berlin 1866). Au tome 1, Haeckel traite dans trois longs chapitres (VII-XI) du concept d'individu organique, de l'individualité morphologique et physiologique des organismes, des colonies, métamères, etc. (O.G.I.Z., Obs.)

⁶⁰⁴ Tiré des notes de la première liasse, 1874. (O.G.I.Z., Obs.)

⁶⁰⁵ La gastrula est un stade du développement de l'embryon que l'on observe chez la plupart des animaux pluricellulaires. (O.G.I.Z., Obs.)

⁶⁰⁶ Tiré des notes de la première liasse, 1874. (O.G.I.Z., Obs.)

⁶⁰⁷ Tiré des notes de la première liasse, 1874. (O.G.I.Z., Obs.)

⁶⁰⁸ Tiré des notes de la quatrième liasse. sur contingence et nécessité, voir page 219. (O.G.I.Z., Obs.)

⁶⁰⁹ Tiré des notes de la quatrième liasse. (O.G.I.Z., Obs.)

géographiques, climatiques ou autres, se fait dans un cas comme dans l'autre. - Il en va de même dans la sélection naturelle, où le malthusianisme ne joue pas non plus le moindre rôle ⁶¹⁰.

C'est aussi pourquoi « l'adaptation et l'hérédité » de Haeckel peuvent assurer tout le processus d'évolution sans qu'on ait besoin de la sélection ni du malthusianisme.

C'est précisément la faute de Darwin de mélanger dans sa « sélection naturelle ou survivance des plus aptes » deux choses absolument étrangères:

1. La sélection par pression de la surpopulation, où il est possible qu'en premier ce soient les plus forts qui survivent, mais qu'ils se révèlent aussi les faibles à bien des égards.

2. La sélection grâce à une faculté d'adaptation plus grande à des conditions transformées, où les survivants sont mieux adaptés à ces *conditions*; mais ici, dans l'ensemble, cette adaptation peut signifier aussi bien un progrès qu'une régression (par exemple, l'adaptation à la vie parasitaire est *toujours* une régression).

L'essentiel ici est que chaque progrès dans l'évolution organique est en même temps un recul, du fait qu'en fixant une évolution *unilatérale*, il exclut la possibilité d'évolution dans beaucoup d'autres directions. Mais c'est une loi *fondamentale*.

Struggle for life ⁶¹¹. Jusqu'à Darwin, ses partisans actuels insistaient précisément sur la coopération harmonieuse dans la nature organique : le règne végétal donne aux animaux nourriture et oxygène, ceux-ci donnent aux plantes ammoniaque, engrais et gaz carbonique. A peine Darwin était-il reconnu que les mêmes gens ne virent plus partout que la lutte. Les deux conceptions sont justifiées à l'intérieur d'étroites limites, mais toutes deux sont également unilatérales et bornées. L'action réciproque des corps inanimés de la nature implique l'harmonie et la collision; celle des êtres vivants implique la coopération consciente et inconsciente aussi bien que la lutte consciente et inconsciente. Dans le domaine de la nature déjà il n'est donc pas permis de proclamer uniquement la « lutte » unilatérale. Mais il est tout à fait puéril de vouloir subordonner toute la riche variété du développement et de la complexité historiques à cette formule indigente et exclusive: « La lutte pour la vie ». Avec cela on ne dit rien, ou moins encore.

Toute la théorie darwinienne de la lutte pour l'existence est tout simplement le transfert, de la société à la nature vivante, de la théorie de Hobbes sur la guerre de tous contre tous et de la théorie économique bourgeoise de la concurrence ainsi que de la théorie de la population de Malthus. Une fois réalisé ce tour de force (dont la légitimité absolue, en particulier en ce qui concerne la doctrine de Malthus, reste très problématique), il est très facile de transférer à nouveau ces théories de l'histoire de la nature à celle de la société; et il est par trop naïf de prétendre avoir prouvé par là que ces affirmations sont des lois naturelles et éternelles de la société.

Acceptons pour un moment la formule : lutte pour la vie, pour le plaisir de la

⁶¹⁰ La conception mitchourinienne de l'action modelante du milieu, de l'unité de l'organisme et du milieu, ainsi que les méthodes de culture découvertes par T. D. Lyssenko et basées sur l'absence de concurrence à l'intérieur de l'espèce, sont autant de développements et de confirmations de ces réflexions d'Engels. (N.R.)

⁶¹¹ Tiré des notes de la première liasse, 1875. Le contenu de cette note coïncide presque mot pour mot avec la lettre d'Engels à Lavrov du 12 novembre 1875. (O.G.I.Z., Obs.)

discussion. L'animal parvient tout au plus jusqu'à *la cueillette*, l'homme *Produit*; il crée des moyens d'existence, au sens large du mot, moyens que sans lui la nature n'aurait pas produits. Cela rend déjà impossible tout transfert pur et simple des lois vitales des sociétés animales aux sociétés humaines. Grâce à la production, la prétendue lutte pour la vie ne se limite bientôt plus aux purs moyens d'existence, mais s'étend aux moyens de jouissance et de développement. Dès lors, - avec la production sociale des moyens de développement, - les catégories tirées du règne animal deviennent tout à fait inapplicables. Enfin, sous le règne du mode de production capitaliste, la production atteint un niveau tel que la société ne peut plus consommer les moyens d'existence, de jouissance et de développement produits, parce que l'accès à ces moyens est interdit artificiellement et par la violence à la grande masse des producteurs ; en conséquence, tous les dix ans une crise rétablit l'équilibre en anéantissant non seulement les moyens d'existence, de jouissance et de développement produits, mais aussi une grande partie des forces de production elles-mêmes, - et la prétendue lutte pour la vie prend alors une forme telle qu'apparaît la nécessité de Protéger les produits et les forces productives créés par la société bourgeoise capitaliste contre l'effet destructeur et dévastateur de ce régime capitaliste lui-même, en retirant à la classe capitaliste dominante la direction de la production et de la répartition sociale dont elle est devenue incapable pour la remettre à la masse des producteurs, - et c'est la révolution socialiste.

A elle seule, la conception de l'histoire comme une suite de luttes de classes est plus riche et plus profonde que sa simple réduction à des phases à peine différenciées de la lutte pour la vie.

*Vertebrata*⁶¹². Leur caractère essentiel: *le groupement de tout le corps autour du système nerveux*. Par là est donnée la nécessité du développement jusqu'à la conscience de soi, etc. Chez tous les autres animaux, le système nerveux est chose accessoire ; ici, il est la base de toute l'organisation ; le système nerveux qui s'est développé jusqu'à un certain degré, - par l'allongement vers l'arrière du ganglion cervical des vers, - prend possession du corps entier et l'organise selon ses besoins.

Lorsque Hegel passe de la vie à la connaissance par le moyen de la fécondation (procréation), il a là contenue en germe la théorie de l'évolution, selon laquelle, une fois donnée la vie organique, elle doit se développer à travers le développement des générations jusqu'à un genre d'êtres pensants⁶¹³. *Ce que Hegel appelle l'action réciproque, c'est le corps organique*, qui constitue donc le passage à la conscience, c'est-à-dire de la nécessité à la liberté, au concept (voir *Logique*, II, fin)⁶¹⁴.

*Prémices dans la nature*⁶¹⁵: États d'insectes (qui d'ordinaire ne dépassent pas le cadre des pures conditions naturelles) ; ici, même ébauche sociale. De même chez les animaux producteurs à organe-outil (abeilles, etc., castors) ; mais, toutefois, ce ne sont là que choses accessoires et sans action sur la situation d'ensemble. - Déjà

⁶¹² Tiré des notes de la première liasse, 1875. (O.G.I.Z., Obs.)

⁶¹³ Tiré des notes de la première liasse. Écrit probablement vers 1881. (O.G.I.Z., Obs.)

⁶¹⁴ Tiré des notes de la quatrième liasse. Engels cite à la fin le livre II de la Grande *Logique* (Cf. édition Jankélévitch, tome II, pp. 235-238). Dans la *Philosophie de la nature*, Hegel mentionne lui-même l'organisme vivant comme exemple d'action réciproque dans les termes suivants : « Les divers organes et fonctions de l'organisme vivant sont à l'égard les uns des autres dans un rapport d'action réciproque. » (O.G.I.Z., Obs.)

⁶¹⁵ Tiré des notes de la première liasse. 1874. (O.G.I.Z., Obs.)

précédemment: les colonies de coraux et d'hydrozoaires, où l'individu est tout au plus un stade de transition et où, la communauté corporelle est la plupart du temps une étape du plein développement. Voir NICHOLSON ⁶¹⁶ - De même les infusoires, forme la plus haute, et partiellement très différenciée, à laquelle puisse parvenir une cellule *unique*.

Travail ⁶¹⁷. La théorie mécanique de la chaleur transfère cette catégorie de l'économie politique à la physique (car, *physiologiquement*, elle est encore loin d'être déterminée scientifiquement) ; mais en même temps cette catégorie est définie tout différemment, ce qui ressort déjà du fait que seule une portion subalterne très faible du travail économique (élévation de fardeaux, etc.) peut s'exprimer en kilogrammètres. Cependant, tendance à transférer à nouveau le concept thermodynamique de travail à des sciences auxquelles cette catégorie a été empruntée avec une autre détermination, par exemple à l'identifier grossièrement et sans restriction avec le travail physiologique comme dans l'expérience du Faulhorn ⁶¹⁸ de Fick et Wislicenus ⁶¹⁹, dans laquelle l'élévation d'un corps humain *disons* * de 60 kg à l'altitude *disons** de 2.000 m., donc 120.000 kilogrammètres, doit, dans l'esprit de ces chercheurs, exprimer le travail *physiologique* accompli par l'homme. Mais *la façon dont* cette élévation s'accomplit fait une énorme différence dans le travail physiologique fourni: selon que le fardeau est soulevé directement, en gravissant des échelles verticales, ou en parcourant un chemin ou un escalier inclinés à 45° = (terrain militairement impraticable), ou un chemin avec une pente de 1/18, c'est-à-dire une distance d'environ 36 km (ce cas est toutefois douteux si le même temps est donné dans tous les cas). Mais, d'une manière ou d'une autre, dans tous les cas réels, l'élévation vers le haut est liée à un mouvement en avant, et même, si le chemin est en ligne droite, à un mouvement assez considérable ; or, ce mouvement en avant, en tant que travail physiologique, ne peut être posé comme égal à zéro. » D'aucuns semblent même ne pas demander mieux que de réimporter dans l'économie elle-même la catégorie thermodynamique de travail, - comme le font certains darwinistes avec la lutte pour la vie, - ce dont il ne sortirait qu'absurdité. Que l'on transforme donc n'importe quel *skilled labour* [travail qualifié] en kilogrammètres et qu'on essaie de déterminer le salaire sur cette base ! Du point de vue physiologique, le corps humain comprend des organes; qui, dans leur ensemble, *d'un certain côté*, peuvent être considérés comme des machines thermodynamiques, où un apport de chaleur est transformé en mouvement ⁶²⁰. Mais, même si l'on suppose des conditions inchangées pour les autres organes du corps, la question est de savoir si du travail physiologique accompli, même le fait de soulever un fardeau, peut s'exprimer sans réserve d'une manière exhaustive en kilogrammètres, étant donné qu'il se fait simultanément dans le corps un travail *interne* qui n'apparaît pas dans le résultat ⁶²¹. Le corps n'est pas simplement une

⁶¹⁶ Engels pense probablement à l'un des deux livres du biologiste NICHOLSON : A Manual of Zoology, Edinburgh and London 1870, ou *Introduction to the study of Biology*, 1872. (O.G.I.Z., Obs.)

⁶¹⁷ Tiré des notes de la première liasse. 1875. (O.G.I.Z., Obs.)

⁶¹⁸ Montagne de Suisse. (N.R.)

⁶¹⁹ Ces deux physiologistes faisaient des observations sur leur métabolisme (en recueillant leur urine, etc.) lors de l'ascension de cette montagne. (N.R.)

* En français dans le texte. (N.R.)

⁶²⁰ Cette opinion régnait du temps d'Engels. On sait maintenant que l'énergie chimique ne se convertit pas en chaleur préalablement à sa transformation en énergie de mouvement musculaire.

⁶²¹ Ainsi un muscle isolé peut avoir un rendement de 50 %, c'est-à-dire convertir en travail près de la moitié de l'énergie chimique disponible, mais le rendement du corps dans son ensemble s'élève rarement à 25% (N.R.)

machine à vapeur qui ne subit que frottement et usure. Le travail physiologique n'est possible qu'avec des conversions chimiques constantes à l'intérieur du corps, qui se produisent indépendamment même du processus de respiration et de travail du cœur. A chaque contraction ou relaxation musculaire, des modifications chimiques ont lieu dans les nerfs et les muscles qu'on ne peut mettre en parallèle avec celles du charbon dans la machine à vapeur. On peut bien comparer entre eux deux travaux physiologiques qui sont fournis, les circonstances étant égales d'ailleurs, mais on ne peut mesurer le travail physique de l'homme d'après celui d'une machine à vapeur, etc. : on peut comparer leurs résultats extérieurs peut-être, mais non pas les processus eux-mêmes, sans faire de sérieuses réserves.

(Tout cela est à réviser à fond ⁶²².)

⁶²² Même aujourd'hui, il y a très peu à revoir à cela du point de vue scientifique. (N.R.)

Table chronologique des fragments et chapitres

1873

1. « Büchner » (pp. 203-206).
2. « Dialectique de la science de la nature » (pp. 253-254).
3. « Divisibilité » (p. 249).
4. « Cohésion » (p. 292).
5. « États d'agrégation » (p. 292).
6. « Secchi et le pape » (p. 284).
7. « L'attraction et la force centrifuge de Newton » (p. 279).
8. « La théorie de Laplace » (p. 280).
9. « Le frottement et le choc produisent un mouvement interne » (p. 300).
10. « Causa finalis. - La matière et le mouvement qui lui est inhérent » (p. 247)

1874

11. « La forme de développement de la science de la nature... est l'hypothèse » (pp. 243-244).
12. « La conversion d'attraction en répulsion et inversement » (p.248)
13. « Le caractère antithétique des déterminations raisonnables de la pensée » (p. 215).
14. « Pour quiconque nie la causalité, toute loi de la nature est une hypothèse » (p. 234).
15. « Chose en soi » (pp. 244-245).
16. « La vraie nature des déterminations de l' " essence " » (p. 2115).
17. « Les rares déterminations de la pensée dont les mathématiques aient besoin » (p. 263).
18. « Tout et partie, par exemple, voilà des catégories » (p. 215).
19. « Identité abstraite » (pp. 216-217)
20. « Positif et négatif » (p. 218).
21. « Vie et mort » (p. 303).
22. « Le mauvais infini » (pp. 239-240).
23. « Simple et composé » (pp. 215-216).
24. « Matière primitive » (p. 247).
25. « La fausse théorie de la porosité » (p. 207).
26. « Force » (pp. 286-289).
27. « L'indestructibilité, du mouvement » (p. 250).
28. « Son essence (l'essence du mouvement) » (p. 250).
29. « Force (cf. ci-dessus) » (pp. 289-290).
30. « Mouvement et équilibre » (pp. 250-251).
31. « Causalité » (pp. 232-234).
32. « Gravitation newtonienne » (p. 279).
33. « Force » (p. 290).
34. « L'action réciproque » (pp. 233-234).
35. « Indestructibilité du mouvement » (P. 250).
36. « Mouvement mécanique » (p. 252).
37. « Divisibilité de la matière » (p. 249).
38. « Pensée de savant » (pp. 207-208).
39. « Induction et déduction » (p. 228).
40. « Dans le cas de *Oken* » (p. 208).
41. « *Causae finales et efficientes* » (p. 209).

42. « Dieu n'est nulle part plus maltraité » (pp. 200-201).
43. « Prémices clans la nature » (p. 319).
44. « Unité de la nature et de l'esprit » (pp. 223-224).
45. « La classification des sciences » (p. 254).
46. « Protiste » (pp. 312-314).
47. « Individu » (pp. 314-3 15).
48. « Répétition des formes morphologiques » (p. 315).
49. « En ce qui concerne toute l'évolution des organismes » (p. 315).
50. « Toute la nature organique est une preuve » (p. 315).
51. « Théorie cinétique des gaz » (p. 293).
52. « Le principe d'identité » (pp. 217-218).
53. « Les savants croient se libérer de la philosophie » (p. 211).
54. « Éléments historiques » (p. 193-195).
55. « Passage d'une contradiction à l'autre » (p. 294).
56. « Génération spontanée » (pp. 304-305).
57. « Force » (p. 286).
58. « Haeckel, *Anthropogénie*, p. 707 » (p. 209).
59. « Mayer, *Théorie mécanique de la chaleur* » (p. 284).
60. « Exemple de la nécessité de la pensée dialectique » (p. 279).
61. « Moritz Wagner : Controverses scientifiques » (pp. 305-311).

1875

62. « Réaction » (p. 303).
63. « Identité et différence » (p. 272).
64. « Éléments mathématiques » (pp. 263-264).
65. « Asymptotes » (p. 270).
66. « Puissances zéro » (pp. 268-269).
67. « Droit et courbe » (pp. 270-271).
68. « Éther » (p. 294).
69. « *Vertebrata* » (p. 318).
70. « Rayonnement de la chaleur dans l'espace de l'univers » (pp. 290-291).
71. « Le parallélogramme des forces de Newton » (p. 280).
72. « *Bathybius* » (p. 314).
73. « Entendement et raison » (pp. 224-225).
74. « Pour les partisans de l'induction par-dessus tout » (pp. 230-231).
75. « La théorie cinétique » (p. 293).
76. « Clausius - si je le comprends bien » (p. 291).
77. « L'idée de la matière réelle chimiquement homogène » (p. 301)
78. « *Hard and fast lines* » (p. 214).
79. « La dialectique dite objective » (pp. 213-214).
80. « *Struggle for life* » (pp. 317-318).
81. « La lumière et l'obscurité » (pp. 294-296).
82. « Travail » (pp. 319-320).
83. « Induction et analyse » (p. 231).
84. « Nécessité d'étudier le développement successif » (pp. 185-186).
85. « De quelque façon que se présente... le deuxième principe de Clausius » (pp. 291-292).
86. « Différence de la situation à la fin du monde antique » (pp. 191-192).
87. « Éléments historiques. - Inventions » (pp. 192-193).

1876

- 88. « Dialectique de la nature, références » (pp. 311-312).
- 89. « Mädler. Étoiles fixes » (pp. 280-282).
- 90. « Taches nébuleuses » (pp. 282-283).
- 91. « Secchi: Sirius » (pp. 283-284).
- 92. « Introduction » (La première partie en a peut-être été écrite en 1875) (pp. 29-46).
- 93. « Le rôle du travail dans la transformation du singe en homme » (pp. 171-183).
- 94. « Les lois éternelles de la nature » (pp. 240-242).

1878

- 95. « Ancienne préface à [l'Anti-]Dühring » (pp. 47-55).
- 96. « La science de la nature dans le monde des esprits » (pp. 57-67).
- 97. [Esquisse du plan d'ensemble] (pp. 25-26).

1879

- 98. « La dialectique » (pp. 69-74).

1880-1881.

- 99. [Esquisse de plan partiel] (p. 27).
- 100. « Conclusion pour Thomson, Clausius, Loschmidt » (p. 292).
- 101. « Mouvement des corps célestes » (pp. 251-252).
- 102. « Les formes fondamentales du mouvement » (pp. 75-90).
- 103. « La mesure du mouvement. - Le travail » (pp. 91-105).
- 104. « Le frottement des marées » (pp. 107-112).
- 105. « Polarisation » (p. 219).
- 106. « Polarité » (p. 219).
- 107. « Autre exemple de la polarité chez Haeckel » (pp. 210-211).
- 108. « Savoureuse autocritique de la chose en soi de Kant » (p. 245).
- 109. « Lorsque Hegel passe de la vie à la connaissance » (p. 318).

1881-1882

- 110. « La chaleur » (pp. 113-117).

1882.

- 111. « Connaissances » (pp. 242-243).
- 112. [De la classification des jugements] (pp. 225-227).
- 113. « Singularité, particularité, universalité » (p. 228).
- 114. « Prouvé également ci-dessus » (p. 227).
- 115. « Hofmann... cite la philosophie de la nature » (p. 208).
- 116. « L'électricité » (pp. 119-169).

1885.

- 117. « Sur les prototypes de l'infini mathématique dans le monde réel » (pp. 272-278).
- 118. « Sur la conception "mécaniste" de la nature », (pp. 255-261).

1886

- 119. « Fragment retranché du Feuerbach » (pp. 196-200).

