

Dorfman, J. G.

L'evolution de la structure de la physique

Organon 5, 205-225

1968

Artykuł umieszczony jest w kolekcji cyfrowej Bazhum, gromadzącej zawartość polskich czasopism humanistycznych i społecznych tworzonej przez Muzeum Historii Polski w ramach prac podejmowanych na rzecz zapewnienia otwartego, powszechnego i trwałego dostępu do polskiego dorobku naukowego i kulturalnego.

Artykuł został zdigitalizowany i opracowany do udostępnienia w internecie ze środków specjalnych MNiSW dzięki Wydziałowi Historycznemu Uniwersytetu Warszawskiego.

Tekst jest udostępniony do wykorzystania w ramach dozwolonego użytku.

J. G. Dorfman (U.R.S.S.)

L'EVOLUTION DE LA STRUCTURE DE LA PHYSIQUE

INTRODUCTION

Le problème de la structure générale des connaissances scientifiques a été le sujet de plusieurs études au cours des dernières années¹. Mais la structure des branches individuelles de la science n'a presque pas attiré l'attention jusqu'à présent.

Les historiens considèrent souvent la structure en tant que propriété extérieure de la science qui reflète, indirectement seulement, le développement des idées scientifiques et qui, comme telle, ne mérite point une étude spéciale. La question de la structure de la physique et surtout de la physique moderne était, à ce qu'il me semble, posée pour la première fois par A. F. Yoffé, en 1955. Il l'a touchée tout brièvement dans son article intitulé «Physique», publié dans la *Grande Encyclopédie Soviétique*².

Je voudrais attirer l'attention sur une remarque importante de M. Planck: «Si nous nous posons la question sur l'indice extérieur le plus caractéristique d'une phase donnée de développement d'une science quelconque il n'y a pas de réponse plus générale que l'indication du mode à l'aide duquel cette science détermine ses notions fondamentales et comment est-elle divisée en branches séparées»³. Quoique Planck ne prononce pas le terme «structure», il considère ici les éléments de la structure.

Comme il est bien connu que les connaissances scientifiques globales sont caractérisées d'une manière bien concrète par leur structure, il

¹ Th. S. Kuhn, *The Structure of Scientific Revolutions*, Chicago 1963; D. Price de, *Science since Babylon*, New Haven, 1961; *Little Science, Big Science*, New York, London 1963; G. Sarton, *A Guide to the History of Sciences*, Waltham 1952; et autres.

² БСЭ, II изд., т. 45, 1956.

³ M. Planck, *Die Einheit des physikalischen Weltbildes*, Leipzig 1908.

est évident que la structure de chaque branche individuelle de la science caractérise non seulement les propriétés des sciences en général, mais aussi les propriétés spécifiques d'une branche de la science donnée. Le fait que cette caractéristique change avec le temps suggère l'idée qu'elle pourrait être en quelque sorte un trait caractéristique représentatif de l'évolution de la science elle-même et, par conséquent, un chaînon essentiel d'études de l'histoire des sciences individuelles.

Pour élucider ces problèmes, nous avons essayé de suivre le développement de la structure de la physique au cours de deux siècles et demi.

Mais, en nous posant ce problème essentiel, nous ne pouvons pas passer sous silence un autre aspect de cette question. On ne peut oublier que la question de la structure d'une science concrète devient aujourd'hui non seulement une question théorique, mais aussi une importante question pratique, car elle peut servir de base à la planification des recherches scientifiques dans la branche donnée de la science.

Or, il est évidemment nécessaire de se baser sur la structure réelle de cette branche de la science, ainsi que sur les tendances de son développement futur, aussitôt qu'on veut s'occuper du plan en perspective des recherches scientifiques, ou du plan de préparation des jeunes spécialistes dans ce domaine, ou du plan de développement des institutions scientifiques, ou de l'index systématique pour l'information scientifique. Sans cela, tout le travail de planification peut échouer. Et ce n'est pas par hasard que A. F. Yoffé — le grand organisateur de la physique soviétique — s'est adressé au problème de la structure de la physique moderne.

La planification de la science est une loi organique des pays socialistes, mais elle commence à être adoptée, en quelque sorte, aussi par certains pays capitalistes. Ainsi, le problème de la structure d'une branche de la science semble devenir aujourd'hui un problème assez important.

Dans cet essai, nous nous posons deux buts: premièrement d'élaborer une méthode pour révéler la structure de la physique à n'importe quel moment de son développement et, en second lieu, d'élucider l'influence de la dynamique de l'évolution de la physique sur sa structure.

LA STRUCTURE ET LA DYNAMIQUE DE LA SCIENCE

La structure de chaque science change évidemment avec le temps. Mais, le processus historique de son évolution n'est pas du tout régulier: les périodes d'une évolution lente sont suivies par des périodes impétueuses de révolutions scientifiques, des périodes de catastrophes, des conceptions adoptées. On peut s'attendre d'avance à ce que la structure d'une science deviendra plus stricte au cours des périodes qui suivent les époques de

crises et de révolutions scientifiques, au cours des périodes où les succès nouveaux s'affermissent, lorsque les conceptions et les notions nouvelles se stabilisent et deviennent adoptées unanimement.

On peut donc admettre que l'évolution de la structure d'une science quelconque doit refléter, en principe, la dynamique du développement de la science comme telle, mais d'une façon singulière par le changement des «découps historiques». Chacun d'eux est statique par lui-même, il représente l'état de la science pendant la période historique donnée. En comparant les divers «découps structurels», nous pouvons remarquer la dynamique du développement, de même qu'une comparaison de divers cadres d'un film permet de voir le processus des mouvements.

LE SCHEMA STRUCTUREL DE LA PHYSIQUE

La physique peut, à chaque moment donné, être caractérisée par un schéma contenant:

- 1) les méthodes utilisées au cours des expériences physiques et les résultats obtenus dans ces études;
- 2) les conceptions fondamentales, élaborées par la physique à ce moment et par les théories développées sur cette base;
- 3) les jets de la physique vers d'autres domaines de la science et vers la pratique.

Chaque élément de ce schéma contient, évidemment, quelques traits généraux, essentiels pour une branche quelconque de la science, ainsi que des traits spécifiques, caractéristiques de la physique seulement.

Dans l'étude suivante, nous allons nous occuper non seulement des propriétés qui distinguent la physique des autres branches de la science, mais de tous les traits, soit généraux soit individuels qui sont indispensables pour caractériser la physique.

Or, nous allons considérer plus attentivement les éléments du schéma général avisé plus haut. Nous ne nous occuperons plus de la question des traits de ressemblance ni de différence entre la structure de la physique et celle des autres domaines de la science. La prise d'une telle attitude nous semble complètement justifiée, étant donné que la structure d'autres sciences naturelles n'est pas encore suffisamment étudiée.

Les méthodes

Dans la connaissance de la physique existent deux genres de méthodes: les méthodes empiriques et les méthodes théoriques.

Les méthodes empiriques. Les méthodes empiriques de la physique peuvent être divisées en différentes espèces selon le but qu'elles se posent. De ce point de vue, on peut distinguer:

a) méthodes d'observation des phénomènes physiques qui ont pour but l'aspect général qualitatif des phénomènes et la description de leurs propriétés qualitatives les plus caractéristiques.

b) Méthodes de mesure des grandeurs physiques qui ont pour but la détermination quantitative des paramètres qui caractérisent les processus et les phénomènes, ainsi que l'élaboration des procédés des modes d'opération et de l'appareillage, destinés à ce but.

c) Méthodes d'action sur la matière par des facteurs physiques qui ont pour but de changer son état et l'élaboration des procédés, des modes d'opération et de l'appareillage qui servent à ce but, indépendamment de l'étude des résultats de l'action elle-même (par exemple, les méthodes pour obtenir un vacuum, les hautes ou les basses températures, ou les hautes pressions, ou les grandes vitesses ou les hautes énergies, etc.).

d) Méthodes de préparation spéciale des objets d'étude qui ont pour but que cet objet corresponde à des conditions déterminées d'avance (par exemple, les méthodes pour obtenir des monocristaux, des films très minces, des isotopes, des matériaux extra-purs, etc.).

Chacune de ces espèces de méthodes peut être, elle aussi, divisée en une quantité de sous-espèces, selon les caractéristiques qualitatives ou quantitatives.

Les méthodes théoriques. A ce moment, il n'existe pas en physique une classification de méthodes d'études théoriques généralement admise. Nous allons suivre la classification proposée par E. Madelung⁴, quelque peu modifiée, qui nous paraît être la plus conséquente quoique, à notre avis, elle n'est pas privée de défauts.

Madelung distingue les différentes théories physiques d'après les «moyens de description» qu'elles emploient, en des espèces suivantes:

1) Les «théories ponctuelles» ou théories d'action à distance, dans lesquelles les grandeurs physiques ne sont déterminées que par des points discrets de l'espace tridimensionnel où les champs ne représentent que des images mathématiques auxiliaires (des champs potentiels).

2) Les «théories continues» (théories des champs ou théories d'action directe), dans lesquelles les grandeurs physiques sont déterminées à chaque point de l'espace, les champs ont un sens physique et sont représentés par des champs mathématiques.

3) Les «combinaisons des théories ponctuelles et continues», dans lesquelles les grandeurs représentant des champs et des points sont utilisées simultanément pendant que ces deux sortes de grandeurs sont liées fonctionnellement dans les points; les points peuvent être considérés comme des singularités du champ, obéissants aux lois spéciales.

4) Les «théories de systèmes», dans lesquelles les grandeurs physi-

⁴ E. Madelung, *Die mathematischen Hilfsmittel des Physikers*, Trad. russe: *Математический аппарат физика*, Москва 1960, стр. 409—410.

Planche
Les sections structurelles de la physique

Année	Les méthodes		Les conceptions		Les théories dirigeantes	La subdivision interne de la physique	Les Rejets		Année		
	Les méthodes empiriques		Les méthodes théoriques				La classification des espèces			vers les sciences	vers la technique
	Les découvertes de la période antécédante		Les découvertes de la période antécédante				de la matière	des processus			
1730	Les observations qualitatives Les mesures des grandeurs physiques	La thermométrie (1730) L'électroscope (1730) L'induction électrostatique (1729)	La méthode ponctuelle La méthode de systèmes	La mécanique du point et du corps solide (1687) La théorie du calorique (1721)	Corps (pesants) { solides fluides aéroïdales feu = calorique = lumière	mécaniques et acoustiques du feu — de la chaleur — de la lumière électriques magnétiques	Mécanique Optique géométrique Théorie de la matière du feu	La mécanique et les propriétés mécaniques des corps Le son Le feu et la lumière La Dioptrique et la Cathoptrique L'électricité. Les aimants L'air et la météorologie	L'optique physiologique	La mécanique appliquée	1730
1765		L'action sur la matière		La bouteille de Leyde (1746) L'Electricité atmosphérique (1752) La calorimétrie (1760)							
1800		Le système métrique (1795) La loi de Coulomb (1795) La pile de Volta (1799)	La méthode continue	La théorie de la combustion (1785) La mécanique analytique (1788)	Corps (solides, fluides, gazeux) Fluïdes impondérables { Lumière Calorique Électriques ± Magnétiques NS	mécaniques et acoustiques thermiques électriques et galvaniques magnétiques lumineux	Mécanique Théorie du calorique Théorie des fluides électriques et magnétiques Théorie corpusculaire de la lumière	La mécanique et les propriétés mécaniques des corps Le son Le feu et le calorique La lumière L'Electricité Le Magnétisme	La météorologie	La navigation aérienne La défense contre le tonnerre	1800
1835		Les lois des gaz (1811) Les tableaux des constantes physiques (1816) L'électromagnétisme (1820—35)		L'optique des ondes (1819) L'Electromagnétisme (1820) La théorie du courant galvanique (1833)	Corps (états de la matière) Fluide impondérable : L'éther Le calorique L'électrique ±	mécaniques et acoustiques thermiques électrostatiques et électrodynamiques optiques	Mécanique Théorie d'électricité et du galvanisme L'électromagnétisme Théorie du calorique Théorie ondulatoire de la lumière	La mécanique et les propriétés mécaniques des corps Le son Le calorique et ses effets La lumière L'électricité et le galvanisme Le Magnétisme	La métrologie L'électrochimie	L'épreuve mécanique des matériaux	1835
1855		L'équivalent mécanique de la chaleur (1845) L'analyse spectrale (1855)		La loi de la conservation d'énergie (1847) Le second principe de la thermodynamique (1850)	Corps (états de la matière) Fluide impondérable — l'éther Fluïdes électriques ±	mécaniques et acoustiques thermodynamiques électrostatiques et électrodynamiques optiques	Mécanique. Thermodynamique L'électrostatique et l'électrodynamique La théorie ondulatoire de l'éther élastique	La mécanique et les propriétés mécaniques des corps L'acoustique La Chaleur et la thermodynamique L'électricité et l'électromagnétisme L'optique	La théorie d'élasticité Le géomagnétisme L'hydrodynamique des fluides visqueux	L'électrophysique appliquée	1855
1880		La loi périodique (1869) L'équation de l'état des vapeurs (1869—77)	La méthode statistique	La théorie du champ électromagnétique et des ondes (1864) La physique statistique (1877)	Corps (états de la matière) Fluide impondérable — l'éther Fluïdes électriques ±	mécaniques et acoustiques thermodynamiques statistico-moléculaires électriques et électromagnétiques	Mécanique Thermodynamique Théorie statistique des gaz L'électrodynamique et la théorie électromagnétique de la lumière	La mécanique et les propriétés mécaniques des corps L'acoustique La chaleur et la thermodynamique La théorie cynétique des gaz L'électricité et l'électromagnétisme L'optique	La chimie physique L'aérodynamique L'acoustique physiologique	L'électrotechnique	1880
1900		Les ondes électromagnétiques (1888) Les rayons X (1895) La radioactivité (1896) L'électron (1897)	La méthode ponctuelle-continue	La théorie du rayonnement thermique (1884) La théorie des électrons (1895)	Corps (états de la matière) Atomes, molécules Ions ± Electrons — L'éther — fluide impondérable	mécaniques et acoustiques thermodynamiques statistico-moléculaires électriques et électromagnétiques électroniques radioactives	Mécanique Thermodynamique Théorie statistique L'électrodynamique et la théorie des électrons	La mécanique et les propriétés mécaniques des corps L'acoustique La chaleur et la thermodynamique La théorie statistique L'électricité et l'électromagnétisme Les ondes électromagnétiques L'optique. L'électronique La radioactivité	La sismologie	La thermotechnique L'aérodynamique appliquée La radiophysique appliquée	1900
1915		L'invariabilité de la vitesse de la lumière (1904) La diffraction des rayons X (1912) La supraconductibilité (1911) La chambre de Wilson (1912)		La théorie des quanta (1900) Le principe de la Relativité (1905) Le troisième principe de la thermodynamique (1906) Le modèle de l'atome (1913)	Corps (états de la matière) Atomes, molécules Ions ± Electrons Photons	mécaniques et acoustiques statistico-moléculaires thermodynamiques électromagnétiques électroniques, ioniques quantiques atomiques	Le théorie de relativité L'électrodynamique La théorie des électrons La théorie statistique La théorie des quanta La théorie de l'atome	La mécanique et les propriétés mécaniques des corps La théorie de la relativité La physique moléculaire La physique statistique et le thermodynamique L'électricité, l'électromagnétisme et les ondes électromagnétiques Les phénomènes électroniques L'optique La physique atomique	L'astrophysique	La radiotechnique L'aviotechnique L'acoustique appliquée L'optotechnique L'électronique	1915
1935	La préparation des objets d'étude	La diffraction des électrons (1927) Le cyclotron (1930) Le positron (1932) Le neutron (1934) La radioactivité artificielle (1934)		Le spin d'électron (1925) La mécanique quantique (1926) L'électrodynamique quantique (1927) Le modèle du noyau (1934) La théorie de la B-désintégration (1934)	Corps (états de la matière) Atomes, molécules, ions ± Noyaux atomiques Electrons, positrons Protons Neutrons Neutrino Photons.	mécaniques et acoustiques statistico-moléculaires électromagnétiques quinto-mécaniques nucléaires	Théorie de la relativité et de la gravitation La mécanique et l'électrodynamique quantique La théorie des atomes et des molécules La théorie du noyau atomique	La mécanique et l'acoustique La théorie de la relativité La physique statistique et la thermodynamique L'électrodynamique et la théorie électronique L'optique La mécanique quantique La physique des atomes des molécules, des ions et des électrons La physique des corps solides Le noyau atomique	La météorologie dynamique La physique chimique (cynétique) L'hydrodynamique des fluides compressibles La biophysique	La radioélectronique La physique appliquée des métaux Les méthodes physiques pour l'analyse et le contrôle des matériaux et des produits	1935
1955		La réaction atomique en chaîne (1945) Les π , K -mesons (1949) L'antiproton (1955) Les générateurs quantiques (1954)		La théorie quantique des champs (1933—49) La magnéto-hydrodynamique (1951)	Corps (états de la matière) Atomes, molécules, ions ± Noyaux atomiques Le plasma Particules subnucléaires et champs	mécaniques et acoustiques statistico-moléculaires électromagnétiques quinto-mécaniques nucléaires subnucléaires gravifiques	Théorie de la Relativité et de la gravitation Mécanique quantique L'électrodynamique quantique Statistique quantique Théorie des champs quantifiés	La mécanique et la théorie d'élasticité La théorie du champ La mécanique et l'électrodynamique quantiques L'optique La physique statistique et la thermodynamique La physique des gaz et des fluides La physique du plasma La physique des corps solides La physique des atomes, des molécules, des ions ± La physique des noyaux atomiques La physique des particules subnucléaires et des champs.	La magnétohydrodynamique La dynamique des gaz La physique de l'espace La théorie d'élasticité des dislocations La chimie quantique	La technique nucléaire Le physique appliquée des semi-conducteurs Les méthodes physiques de production et de contrôle des processus de la production	1955

ques ne correspondent pas aux points, mais aux systèmes étendus dans l'espace.

5) Les «théories statistiques», dans lesquelles les grandeurs physiques qui caractérisent l'ensemble des systèmes monotypes sont mis dans la dépendance d'un nombre fini ou infini des possibilités bien déterminées pour chacune de ces systèmes.

Outre ces cinq espèces de théories Madelung distingue encore des théories: 6) quasi-ponctuelles et 7) quasi-continuelles.

Toutefois, ces deux dernières espèces ne sont, à notre avis, que des variantes des types de théories déjà énumérés qui n'ont pas besoin d'un nom spécial. Madelung considère par exemple la hydrodynamique comme une théorie quasi-continue et la mécanique des corps solides comme une théorie quasi-ponctuelle. Mais on pourrait bien considérer l'hydrodynamique comme une variante de la théorie continue et la mécanique du corps solide, comme une variante de la théorie des systèmes, dans laquelle — contrairement, par exemple, à la thermodynamique — les grandeurs physiques sont les fonctions des coordonnées. Ainsi, à notre avis, les cinq espèces de théories sont suffisantes pour la description des types fondamentaux des théories lorsqu'on admet la possibilité de variantes différents à l'intérieur de chaque espèce.

Or, nous divisons les méthodes utilisées dans la physique théorique en cinq espèces principales, c'est-à-dire en méthodes: 1. ponctuelle; 2. continue; 3. ponctuelle-continue; 4. de systèmes; 5. statistique:

Les conceptions

L'état de la physique peut être, à chaque moment, caractérisé par le système des conceptions adoptées dans la physique qui se compose de: 1) la classification des espèces de la matière, 2) la classification des espèces des processus physiques, 3) l'ensemble des théories dirigeantes, 4) la subdivision interne de la physique en domaines séparés.

Sous le nom de la classification des espèces de la matière, nous entendons la classification généralement reconnue dans la science au moment donné. Elle reflète évidemment le niveau des connaissances sur la structure, sur les types et sur les états de la matière, ainsi que les opinions théoriques qui servent de base à la classification. Sous le nom de la classification «des espèces des processus physiques» nous entendons la classification généralement reconnue dans la physique au moment donné.

Sous le nom des «théories dirigeantes» nous entendons quelques théories seulement, mais les plus importantes, qui représentent les idées fondamentales et les particularités des conceptions théoriques de la physique au moment donné et qui impriment aussi leur empreinte sur le développement de la science physique.

Sous le terme de «subdivision interne de la physique en domaines séparés», nous entendons la charpente générale, caractéristique pour la manière d'exposer la physique dans les oeuvres capitales, embrassant la physique toute entière, publiées et répandues, à peu près, au moment considéré.

Il faut remarquer que depuis les temps de Newton, initiateur du développement des méthodes théoriques dans le domaine de la physique, existe la subdivision de cette science, d'après les méthodes: en physique théorique et en physique expérimentale. Cette subdivision conservée, comme on le sait, jusqu'à nos jours sert principalement à l'enseignement et à l'information, car elle permet d'unir et d'exposer de la façon la plus conséquente et compacte, les méthodes empiriques, ainsi que théoriques employées dans la physique.

Comme nous avons d' déjà divisé toutes les méthodes de la physique en méthodes empiriques et méthodes théoriques, la répétition de cette subdivision ici ne présente rien de nouveau. Ainsi, nous allons considérer la subdivision de la physique par objets d'études, réalisées au moyen de toutes les méthodes ensemble.

Les rejets

Sous le terme de «rejets», nous entendons les domaines de la physique qui se dégagent peu à peu de l'édifice de la physique et passent aux autres domaines de la science ou des techniques, en y formant départements plus ou moins indépendants.

De cette façon nous caractérisons, en quelque sorte, le processus d'action et d'influence de la physique sur les autres domaines de la science et sur les techniques. Bien entendu que l'influence est réciproque; ce n'est pas la physique seulement qui agit sur les autres sciences et les techniques, mais elle-même subit des influences de la part des autres sciences, ainsi que de la part de la pratique.

La question sur les relations entre la physique et la chimie mérite une attention spéciale puisque dans les périodes antérieures une quantité de conceptions (atome, molécule) et de lois (loi des relations multiples ou la loi d'Avogadro-Ampère) ont pénétré de la chimie à la physique. Cela s'explique par le fait qu'à ce temps-là la physique était moins avancée que la chimie en certaines questions et les chimistes ont dû eux-mêmes étudier les problèmes de frontière qui restaient sans solution. Toutefois, il faudrait remarquer que l'étude de ces problèmes se réalisait toujours et se fondait en somme avec les méthodes physiques. Ainsi, toutes les conceptions venues de la chimie se reflètent dans les résultats qui sont déjà élaborés à l'aide de méthodes empiriques ou théoriques de la physique.

LES SECTIONS STRUCTURELLES DE LA PHYSIQUE

En employant ce schéma général de la structure de la physique, nous avons tâché d'obtenir des «sections structurelles» de la physique contenant différents moments de son évolution. Ces sections structurelles sont rassemblées sur la planche pour les rendre plus démonstratives et leur comparaison réciproque plus aisée. Chaque section structurelle correspond à une année définie. Sur la planche, nous présentons les sections structurelles de la physique qui correspondent aux années suivantes: 1730, 1765, 1800, 1835, 1855, 1880, 1900, 1915, 1935, 1955. Le choix des années est, en quelque sorte, arbitraire et on ne doit pas lui attribuer une importance trop principielle. Le but que nous nous sommes donné en rassemblant les sections sur ces planches consistait principalement à démontrer la représentativité de la méthode en question. Pour cela, nous avons choisi, comme exemples, les années où on rencontre des changements vraiment remarquables dans la structure de la physique. Ces changements essentiels avaient lieu plus rarement au XVIII^e siècle; ils étaient plus fréquents au XIX^e et au XX^e siècles. C'est pourquoi nous avons décidé dans la physique du XVIII^e siècle un intervalle de 35 ans entre cette section structurelle et la suivante. Le même intervalle est pris en considération pour le commencement du XIX^e siècle. Ensuite, les intervalles se rétrécissent jusqu'à 20 ans, au commencement du XX^e siècle jusqu'à 15 ans; les deux suivantes sections sont à 20 ans d'intervalle.

Chaque intervalle pourrait être subdivisé en intervalles plus étroits et on pourrait construire les sections structurelles correspondantes aux années intermédiaires voulues.

Chaque section structurelle embrasse trois parties fondamentales, correspondantes au schéma décrit plus haut: Méthodes, Conceptions et Rejetons. Les Méthodes sont divisées en empiriques et théoriques. Pour que le lecteur puisse voir plus distinctement quels résultats d'études les plus importants, obtenus au cours de l'intervalle précédent, se reflètent dans la section structurelle donnée, nous les avons rassemblés dans la colonne qui porte le titre: «résultats les plus récents». Les résultats des études empiriques et théoriques y sont rapportés séparément et la date de leur publication est donnée entre parenthèses. L'énumération des «résultats les plus récents» ne prétend point à être complète. Elle est destinée seulement à rappeler et à expliquer pourquoi cette section structurelle est rapportée à l'année donnée où se sont accumulés et révélés ces résultats nouveaux.

Dans la colonne des Conceptions les rubriques principales portent les titres: «Classification des espèces de la matière et des phénomènes», «Théories dirigeantes».

Les «sections structurelles» de la planche ont été construites à l'aide

d'informations obtenues de toutes les sources littéraires du temps, ainsi que des études historiques (voir notes). Les éléments de la structure de chaque étape ne sont nulle part présentés dans un état approprié à notre but. On a dû les extraire à l'aide d'une analyse soignée et minutieuse. Il est impossible de donner ici une bibliographie détaillée. L'histoire complète de la physique nous a servi de base. Dans les paragraphes suivants, nous ne prétendons point de fournir des preuves à tous les détails de la planche. Au contraire, ces paragraphes ne contiennent que des explications qui doivent rappeler aux lecteurs quelques particularités seulement de l'histoire de la physique. En rassemblant les sections structurelles sur une planche, nous voulions simplement démontrer les possibilités de notre méthode et les traits caractéristiques de la structure. Evidemment, on ne doit pas oublier que nous avons dû limiter le nombre des paramètres qu'on introduit dans chaque section. Cela veut dire que nous étions obligés de limiter le nombre des détails pour que le tableau ne devienne pas inintelligible.

Mais, il en suit que le nombre des détails de chaque section peut aller beaucoup plus loin lorsque cela est nécessaire. Par exemple, les méthodes empiriques, comme nous l'avons déjà dit, sont classifiées sur notre planche d'après les problèmes qu'elles se posent. Mais, on peut classifier les méthodes de mesures, par exemple d'après les phénomènes physiques qu'elles emploient: mécaniques, électriques, coloriques, optiques, *etc.* Chacune de ces méthodes devrait être subdivisée en méthodes de zéro, méthodes automatiques, *etc.* On pourrait subdiviser de la même façon les méthodes théoriques.

Nous voulons donc souligner que notre tableau ne représente que le premier degré de la spécification de l'évolution de la structure. Mais, chaque section, prise à part, hors du tableau, peut être écartelée à niveaux voulus.

Nous voudrions aussi prévenir le lecteur que nos planches des sections structurelles de la physique ne prétendent nullement à servir d'un «briquet» comprimé d'histoire de la physique pour l'enseignement par exemple, elle ne représente qu'un seul aspect de l'histoire de la physique et seulement ces éléments qui sont énumérés dans notre schéma.

La section structurelle de la physique en 1730

La plupart des données concernant cette section ont été extraites de l'*Essay de la Physique* de Pieter van Musschenbroek⁵. Il est important de noter que c'est ce cours justement qui avait été traduit en plusieurs

⁵ Pieter van Musschenbroek, *Elementa Physicae*, Leyden 1729. Nous nous sommes fondés sur la traduction française de cette édition: *Essay de Physique* par Mr Pierre van Musschenbroek, Leyden 1739.

langues et publié plusieurs fois au XVIII^e siècle et qui avait servi de base pour les articles sur les questions de physique dans quelques éditions de l' *Encyclopédie* de Diderot et de D'Alembert, de même que beaucoup d'autres grands et petits travaux concernant la physique à cette époque.

Considérant la section structurelle de la physique en 1730 par colonnes de la planche, nous voyons qu'en ce temps-là les observations qualitatives, ainsi que les mesures de quelques grandeurs constituaient seules la méthode empirique. Mais, la méthode de mesures est encore extrêmement limitée; ses résultats principaux ne sont que les premiers pas de la thermométrie et l'invention de l'électroscope. La partie majeure du contenu de la physique était constituée par les résultats d'observations qualitatives.

Dans le domaine de la théorie, c'est la méthode ponctuelle et la méthode de systèmes qui sont déjà connues dans la mécanique newtonienne. La méthode des systèmes a justement commencé d'être employée en forme qualitative dans la théorie du «calorique», élaborée par Ch. Wolff⁶, identifié partiellement avec l'élément du feu — le phlogiston de Stahl. Cette théorie était reconnue comme fondamentale en 1730.

La classification de la matière à cette époque reconnaît les corps solides, fluides et gazeux (aéiformes), comme espèces permanentes (non comme états) de la matière. Le processus de la fusion est considéré comme une transition forcée à un état quasi-fluide (non fluide) provoqué par la présence temporaire du calorique. L'évaporation est considérée de la même façon. A cette époque la matière calorique (phlogiston) est identifiée avec la matière de la lumière et elle est considérée comme «corps pesant».

Le mécanique est à cette époque la théorie dirigeante. Musschenbroek souligne dans son cours, que chaque changement que nous observons dans les corps est provoqué par le déplacement du corps tout entier ou de ses parties.

A la mécanique s'adjoint la théorie du calorique = phlogiston (feu) = lumière.

L'optique géométrique est la théorie dirigeante dans le domaine des phénomènes de la lumière. C'est ainsi que la mécanique, la théorie du calorique et l'optique géométrique représentent les théories dirigeantes dans la section structurelle de la physique de 1730.

La subdivision interne de la physique n'était qu'ébauchée à cette époque. Dans le cours de Musschenbroek, par exemple, la physique est partagée en 41 paragraphes et l'ordre de leur disposition est inhabituel pour nous. La subdivision interne représentée sur la planche est obtenue à l'aide d'un regroupement des subdivisions admises à cette époque.

⁶ Ch. Wolff, *Allerhand nützliche Versuche zur genaueren Kenntniss der Natur und der Kunst*, 1721.

La section structurelle de la physique en 1765

A ce temps-là, le développement des méthodes expérimentales de l'action des facteurs physiques sur la matière atteint un rôle considérable. Grâce à l'invention de la bouteille de Leyde, on perfectionne les machines électriques. On développe aussi la construction des pompes à vide. Des observations qualitatives sont encore prépondérantes mais elles permettent de faire des découvertes remarquables comme, par exemple, celle de l'électricité atmosphérique (Franklin). Un nouveau domaine apparaît dans la physique mesurante — la calorimétrie (Richman, Black).

Dans le domaine de la théorie apparaît, en 1752-59, la théorie des systèmes d'électricité statique de Franklin-Aepinus que ce dernier transmet aussi dans le domaine du magnétisme ⁷.

D. Bernoulli et L. Euler inventent la théorie continue — la mécanique des fluides et des gaz. On obtient des succès nouveaux dans la mécanique du corps solide.

Grâce au développement de la théorie de l'électricité et du magnétisme, la classification des espèces de la matière est enrichie par un ou deux fluides électriques et un ou deux fluides magnétiques, pendant que dans la physique de la période précédente l'électricité était souvent identifiée avec le feu, pendant que le fluide magnétique n'était même presque pas mentionné. Ce changement est provoqué par l'apparition des théories d'électricité et du magnétisme parmi les théories dirigeantes. Quoiqu'on discute la question sur la nature de la lumière et quoique des savants, comme L. Euler et M. Lomonossov, attaquent la théorie corpusculaire de la lumière (dite newtonienne), cette dernière devient dominante à cette époque ⁸.

En 1765 quelques disciplines appliquées se dégagent pour la première fois. Ainsi, avec le développement de la technique des machines à vapeur, apparaît la physique appliquée de la chaleur. L'invention et la propagation du paratonnerre fait naître la technique de la défense contre la foudre. L'hydrolique qui entrait auparavant dans l'édifice de la physique devient maintenant une discipline indépendante. La ballistique, basée sur les études de Robins (1742), devient aussi une discipline indépendante qui fournit à la technique de l'artillerie un fondement scientifique ⁹.

La section structurelle de la physique en 1800

La découverte de la loi de Coulomb (1785), a initié les mesures précises de la charge électrique.

Un rôle important dans le développement des méthodes quantita-

⁷ F. U. T. Aepinus, *Tentamen theoriae electricitatis et magnetismi*, Petropoli 1759.

⁸ J. Priestley, *History and Present State of Discoveries to Vision, Light and Colours*, London 1772.

⁹ B. Robins, *New Principles of Gunnery*, London 1742.

tives dans les études physiques a joué à cette époque l'introduction du système métrique de mesures. L'élaboration des étalons a exigé un perfectionnement considérable de presque toutes les méthodes de mesurage.

Une nouvelle voie d'étude de phénomènes électriques — le galvanisme — commence après la découverte de la pile électrique par A. Volta en 1799. Les succès de la physique expérimentale sont donc énormes.

La théorie des phénomènes caloriques a éprouvé des changements considérables de la part de la théorie oxigénée de la combustion, élaborée vers la fin du XVIII^e siècle par A. Lavoisier. «Le feu» ne fut plus identifié avec le calorique, ni dans la chimie, ni dans la physique.

La publication de la *Mécanique analytique* par Lagrange en 1787 marque un pas essentiel le développement des méthodes théoriques au seuil du XIX^e siècle.

La classification des espèces de la matière éprouve aussi, à ce temps-là, des changements importants. Après avoir échoué dans les tentatives expérimentales tendant à observer un agrandissement de la pesanteur des corps magnétisés, électrisés, etc., les physiciens parviennent à la nécessité de tenir la matière de l'électricité, de la lumière, du magnétisme, etc. pour impondérable. En 1799, Rumford démontra aussi que le poids ne change pas quand on chauffe le corps. On parvient donc à la découverte importante de tenir la calorique pour impondérable. C'est déjà en 1788 que Lavoisier considérait les corps solides, fluides et gazeux comme états de la matière, mais dans la physique, ainsi que dans la chimie, de cette époque, se maintient la conception que certaines substances gazeuses sont des gaz «permanents».

Les études de Picté sur le rayonnement des corps chauffés, ainsi que sur les rayons du froid, conduisent à une distinction définie de la matière de la lumière de celle du calorique. Les tentatives théoriques à expliquer les phénomènes optiques à l'aide de la théorie corpusculaire continuent. En 1800, la théorie corpusculaire de la lumière se maintient encore comme théorie dirigeante.

La météorologie se sépare peu à peu de la physique et devient une discipline indépendante après la publication de l'oeuvre capitale de Deluc¹⁰.

Vers la fin du XVIII^e siècle, une nouvelle branche de la technique — la navigation aérienne — découverte par les frères Montgolfier (1785) et par J. Charles (1788) se dégage de la physique.

La section structurelle de la physique en 1835

Le premier tiers du XIX^e siècle est caractérisé par un progrès considérable des méthodes de mesure des grandeurs physiques. C'est pour la première fois que les résultats de ces mesures disposés en tableaux des

¹⁰ Deluc, *Nouvelles idées sur la météorologie* (1787).

constantes physiques sont adjoints aux cours les plus importants de la physique¹¹. Les méthodes d'action physique sur la matière se sont perfectionnées considérablement. En résultat de ce perfectionnement de la physique expérimentale de grandes découvertes ont été faites pendant la période antécédente qui ont brusquement changé la structure de la physique. C'est vers 1820 qu'apparut un nouveau domaine de la physique — l'électromagnétisme. En même temps s'écroula définitivement la théorie des fluides (ainsi que d'un fluide) magnétiques et c'est la théorie d'Ampère sur l'origine du magnétisme qui est acceptée à cette époque. M. Faraday est parvenu à la découverte des phénomènes de l'induction et de la *self-induction*. La découverte de la loi d'Ohm est suivie par la formulation précise de l'existence de deux genres de conducteurs d'électricité. La théorie de la lumière éprouve à cette époque un changement fondamental. Après une polémique acharnée, on est forcé à admettre que la théorie de Fresnel d'ondes transversales fournit une explication significative pour les phénomènes optiques connus à cette époque. La matière de la lumière est exclue de la physique et le vacuum se remplit d'éther.

La découverte des lois de Gay-Lussac et de Dalton font approfondir les études dans ce domaine.

Ainsi, la section structurelle de la physique de 1835 reflète des changements importants presque dans tous ses domaines. Mais, la théorie du calorique reigné toujours encore parmi les théories dirigeantes.

La section structurelle de la physique en 1855

La période de vingt ans entre 1835 et 1855 est caractérisée, en premier lieu, par la précision des méthodes de mesures caloriques, ce qui apporte la découverte de l'équivalent mécanique de la chaleur (1845). Elle est suivie par la découverte de la loi de la conservation de l'énergie (1847) et ensuite du second principe de la thermodynamique (1850). C'est ainsi que commence un développement impétueux de la thermodynamique. La mécanique reste toujours encore comme théorie dirigeante. La thermodynamique lui est donc adjointe.

Dans le domaine de l'électricité et du magnétisme dominant encore les théories basées sur l'action à distance, mais, les idées nouvelles de Faraday ont une certaine influence. La théorie élastique des ondes de Fresnel domine dans l'optique.

Un succès considérable de la mécanique apporte, à cette époque, le développement de la théorie d'élasticité présentée par Poisson et Cauchy. Grâce à ses nombreuses possibilités d'application, ce domaine de la physique devient bientôt une discipline indépendante.

¹¹ Biot, *Cours de physique expérimentale*, Paris 1816.

Le développement de l'électrodynamique et de la magnéto-statique, dû à Gauss et Weber, provoque un progrès rapide du geomagnétisme qui devient un domaine autonome de la géophysique.

L'invention des premières machines électriques et de nouveaux moyens électriques d'échange d'informations fait naître l'électrophysique appliquée qui deviendra plus tard l'électrotechnique.

La section structurelle de la physique en 1880

Les années soixantièmes et, surtout, les années soixante-dixièmes du XIX^e siècle sont caractérisées par un développement considérable de la technique de mesures et des méthodes d'action sur la matière. Un travail expérimental énorme est accompli au cours de ces années dans le domaine des études sur l'équation d'état des gaz et des vapeurs. L'analyse de ces résultats conduit à un développement rapide de la théorie cinétique des gaz et de la physique statistique classique.

La loi de la distribution des vitesses des molécules, découverte par Maxwell en 1860, fut perfectionnée par Boltzmann en 1868. En 1877, ce dernier vint à découvrir la relation célèbre entre l'entropie et la probabilité des états. En 1869 D. I. Mendelejev publie sa loi périodique, introduisant ainsi une nouvelle conception dans l'atomistique.

En plus du développement impétueux de la physique moléculaire, la théorie de l'électricité et du magnétisme reçoit un choc vigoureux. Les conceptions qualitatives de Faraday étaient élaborées théoriquement d'une façon quantitative par C. Maxwell (1864)¹². La théorie électromagnétique de Maxwell a effacé les frontières entre l'optique et l'électromagnétisme. C'est ainsi que la physique théorique fut, au cours de vingt ans, totalement reconstruite. Les tentatives à présenter les phénomènes électromagnétiques comme phénomènes mécaniques n'ont pas encore cessé. La mécanique reste donc, en avant d'autres théories de cette période, une théorie dirigeante. Pour la première fois, un rôle dirigeant commence aussi à jouer la théorie statistique, surtout après que Boltzmann avait obtenu des résultats remarquables dans ce domaine.

La classification des espèces de la matière, adoptée à ce temps-là, conserve à côté de l'éther, devenu le seul porteur de tous les signes du champ électromagnétique, le fluide électrique, dont la nature reste encore indéterminée.

Les progrès de la thermodynamique et de l'électrochimie contribuent au développement des applications de la physique aux problèmes chimiques. Ce domaine forme, peu à peu, une discipline à part, nommée la chimie physique¹³.

Le progrès des méthodes mathématiques de la mécanique des flui-

¹² J. C. Maxwell, *Treatise on Electricity and Magnetism*, London 1864.

¹³ Ю. И. Соловьев, *Очерки по истории физической химии*, Москва 1964.

des et des gaz contribue à la formation d'une discipline indépendante — l'hydromécanique.

Des études de la physique des sensations acoustiques (Helmholtz 1877) naquit un domaine de la biophysique — l'acoustique physiologique.

En 1880, les applications techniques de l'énergie électrique constituent déjà un vaste domaine de la technique — l'électrotechnique.

Considérant la subdivision interne de la physique à cette époque, nous y voyons une partie nouvelle — la théorie cinétique des gaz.

La section structurelle de la physique en 1900

Les études expérimentales, réalisées au cours de la dernière vingtaine du XIX^e siècle, aboutirent à des découvertes fort importantes: celle des ondes électromagnétiques par H. Hertz (1888), celle des rayons X par Roentgen (1895), celle de la radioactivité par H. Becquerel (1896), celle de l'électron par Wiechert et J. J. Thomson (1897)¹⁴ et, enfin, du radium par Marie Skłodowska-Curie et Pierre Curie (1898).

Dans la théorie physique, c'est à cette époque qu'apparaît la méthode ponctuelle-continue qui a permis à Lorentz de formuler, en 1895, la théorie des électrons. C'est ainsi que, pour la première fois, fut précisée la caractéristique de la matière électrique: les électrons ponctuels ou ions devinrent les porteurs de la charge électrique, tandis que l'éther continu était jusqu'ici considéré comme porteur du champ. Tous les processus électriques dans la matière usuelle étaient donc considérés comme processus électro-ioniques.

Cette période aboutit par la découverte révolutionnaire de la théorie des quanta (Planck, 1900), dont le vrai sens restait encore inconnu.

Ces grandes découvertes, comme on peut le voir, produisent une répercussion essentielle sur la structure de la physique en 1900. Dans la physique apparaissent des parties nouvelles — les ondes électromagnétique, l'électronique et la radioactivité. Mais, les physiciens de cette époque continuaient à croire en la toute-puissance de la mécanique classique.

La fin du XIX^e siècle est caractérisée par l'apparition de deux nouvelles branches de la physique technique — de l'aérodynamique appliquée (1891)¹⁵ et de la radiophysique appliquée (Popov, 1895) qui manifestent le progrès accéléré de la technique. La physique appliquée de la chaleur, née à l'époque de l'invention de la machine à vapeur, devient, vers la fin du XIX^e siècle, une partie indépendante de la technique.

Un rejeton important de la physique de ce temps est la séismologie (B. A. Golitzine) — un nouveau domaine de la géophysique.

¹⁴ Г. В. Быков, *К вопросу об открытии электрона. Вопросы истории естествознания и техники*, Москва 1959.

¹⁵ F. Cajozi, *A history of physics*, New York 1928, p. 354.

La section structurelle de la physique en 1915

Les premières quinze années du XX^e siècle sont caractérisées par les découvertes suivantes de la physique expérimentale: la découverte de l'invariabilité de la vitesse de propagation de la lumière (Michelson et Morley, 1904); l'expérience de Laue, Friedrich et Knipping qui démontre simultanément la nature des ondes électromagnétiques des rayons de Roentgen, la structure atomique de la matière et la disposition régulière des atomes dans les cristaux; l'invention de la chambre de C. T. R. Wilson (1912) qui permet d'observer les traces des trajets des particules subatomiques individuelles, et la découverte du phénomène quantique fondamental de la supraconductivité (Kammerlingh-Ounes, 1911) faite bientôt après la découverte de la méthode d'obtenir les températures du hélium liquide.

Les études théoriques de cette époque se manifestent par des succès très importants. La théorie des quanta continuait de se développer et de se répandre dans différents domaines de la physique; naquit la théorie révolutionnaire de la relativité (A. Einstein, 1905); la thermodynamique fut complétée par le «troisième principe» (Nernst, 1906) et, enfin, en 1913 apparaît le modèle de Rutherford-Bohr.

La classification des espèces de la matière de 1900 reste encore la-même. Mais, dans la classification des phénomènes, l'espèce de phénomènes quantiques est définitivement introduite, tandis que la radioactivité qui n'avait pas de "place" dans la physique du XIX^e siècle est définitivement incorporée dans l'espèce des processus intraatomiques.

La structure interne de la physique fut donc complétée par une nouvelle partie — la physique atomique. La partie de la chaleur et de la thermodynamique qui a reçu un fondement clairement statistique et moléculaire s'appelle maintenant — la physique moléculaire.

La théorie des quanta, ainsi que la théorie atomique sont incorporées, vers 1915, au groupe des théories dirigeantes.

Le trait caractéristique de cette époque consiste en le fait que la théorie des phénomènes mécaniques cesse d'être la théorie dirigeante de la physique.

La radiophysique appliquée se développe très rapidement à cause des préparations à la guerre et devient à cette époque une discipline autonome de la technique — la radiotechnique. De même, l'optique appliquée apparaît comme optotechnique.

Le progrès de l'aérodynamique appliquée provoque l'apparition d'une nouvelle discipline indépendante — la technique de l'aviation.

Le progrès de la physique théorique et de l'optique provoque, au début du XX^e siècle, l'apparition d'un rejeton de la physique vers l'astronomie — l'astrophysique.

La section de la structure de la physique en 1935

L'époque de 1915 à 1935 de notre siècle est caractérisée par un grand nombre de découvertes, faites principalement après la première Guerre Mondiale.

Le domaine le plus caractéristique des études expérimentales de cette période est le développement des méthodes expérimentales de la «préparation des objets d'étude» qui commence à jouer ensuite un rôle de plus en plus important.

Quelle en est la cause?

La finesse des études physiques atteint déjà un tel niveau qu'une préparation physico-chimique des objets d'étude devient absolument indispensable pour obtenir des résultats physiques significatifs. La sensibilité des méthodes physiques d'analyse de la constitution et de la structure de la matière commence à surpasser d'une manière considérable celle des méthodes chimiques. Les physiciens ne peuvent plus compter sur la chimie analytique ou préparative et sont forcés à élaborer leurs propres méthodes particulières pour la préparation des objets d'études physiques.

Les études physiques expérimentales de cette période sont caractérisées:

- 1) par la découverte de la nature des ondes des électrons, des ions, atomes;
- 2) par la découverte de la particule subatomique, inconnue auparavant — le neutron;
- 3) par la découverte des méthodes de préparation des radioéléments nouveaux;
- 4) par l'invention d'accélérateurs des particules en cascade (le cyclotron par exemple, 1930).

Cette période est non moins importante en ce qui concerne la physique théorique. En 1925 apparaît la théorie du spin d'électron; en 1926 naît la mécanique quantique; en 1934 apparaît le modèle proton-neutronien du noyau atomique et, au cours de la même année, se développe la théorie de la bêta — désintégration qui conduit à la découverte du neutrino.

La méthode de la mécanique quantique peut être classée entre les méthodes ponctuelles-continuelles, mais la nouveauté de la mécanique quantique consiste en ce que la nature corpusculaire, ainsi que continue est attribuée non pas aux différentes espèces de la matière (comme c'était le cas dans la théorie des électrons, par exemple), mais aux mêmes représentants du microcosme. Madelung appelle la mécanique quantique une théorie «quasi continue», car «on y rencontre des conceptions de

la densité des points et de la vitesse moyenne qui sont étrangères à une théorie purement continue»¹⁶.

La conception physique du monde a éprouvé des changements fondamentaux. Elle est caractérisée depuis par: la théorie de la relativité et de la gravitation, par la mécanique et l'électrodynamique quantiques, par la théorie des atomes et des molécules et par la théorie du noyau atomique.

Les succès de la physique nouvelle atteignent à cette époque seulement la biologie et font naître la biophysique. Les méthodes de la physique sont appliquées à la cinétique chimique (la physique chimique). Pour la première fois apparaît la hydrodynamique des fluides compressibles. Le progrès commun de la radiotechnique et de l'électronique fait naître une discipline nouvelle qui se développe rapidement — la radioélectronique.

L'abondance des méthodes d'études physiques de la matière et de mesure des grandeurs physiques fournit à la technique de nouveaux moyens d'analyse et de contrôle de la qualité des produits (analyse spectrale, analyse de la structure par les rayons de Roentgen, déflectoscopie magnétique ou acoustique, etc.).

Il est nécessaire de considérer quelques traits caractéristiques de la subdivision interne de la physique à cette époque. Pendant que la plupart des cours de physique de cette époque sont subdivisée de la même façon qu'on lit sur notre planche, on voit déjà apparaître des monographies dont le domaine est découpé de la physique d'une façon tout à fait différente. Au cours des vingtièmes années, ont été publiés des livres dédiés à la physique des métaux, à la physique des cristaux, à la physique des diélectriques. Au cours des trentièmes années apparaît de plus la littérature concernant la physique des sémi-conducteurs. On peut donc ainsi remarquer l'apparition d'une subdivision nouvelle, composée non d'après les espèces de phénomènes, mais d'après les espèces de la matière. Cette nouvelle subdivision de la physique qui vient de naître provient des nouveaux résultats d'études qui ont montré que les phénomènes identiques par leur nature (par exemple, les phénomènes électriques ou optiques) se réalisent d'une manière toute différente dans les différentes espèces de la matière (par exemple: la conductibilité électrique des métaux et des diélectriques, l'influence de la température sur la conductibilité des métaux et des sémi-conducteurs, etc.). La nouvelle subdivision interne se reflète partiellement, par exemple, dans la première édition de *Handbuch der Physik* publiée en les années 1926-1934¹⁷.

¹⁶ E. Madelung, *op. cit.*

¹⁷ H. Geiger, K. Scheel (eds.), *Handbuch der Physik*, Berlin 1926—34.

La section structurelle de la physique en 1955

Les études expérimentales de la période de 1935 à 1955 sont caractérisées avant tout:

- 1) par la découverte et l'utilisation des méthodes de production d'énergie nucléaire;
- 2) par la découverte de nombreuses espèces de particules subnucléaires et de champs;
- 3) par la découverte des générateurs quantiques.

Le progrès des études théoriques est caractérisé par le développement très rapide de l'électrodynamique quantique et de la magnéto-hydrodynamique.

La classification des espèces de la matière devient plus régulière en comparaison avec celle de la période précédente. Le plasma reçoit sa place dans cette classification. La classification des espèces de processus est complétée par les processus subnucléaires.

Les théories dirigeantes à cette époque sont les suivantes: la théorie de la relativité et de la gravitation, la mécanique et l'électrodynamique quantiques, la statistique quantique et la théorie des champs quantifiés.

Le changement de la subdivision de la physique, commencée dans la période précédente, qui se forme d'après les espèces diverses de la matière devient plus rapide et plus profond. A côté de la physique nucléaire qui s'est développée très rapidement, se forme la vaste physique des particules subnucléaires et des champs.

Dans son article publié en 1956, que nous avons déjà cité, A. F. Yoffé écrit:

«La physique de la moitié du XX^e siècle peut être subdivisée — selon les objets des études — en: physique moléculaire, physique atomique, physique des électrons [y compris la théorie du champ électromagnétique], physique des noyaux, physique des particules élémentaires, la doctrine du champ de gravitation, et — selon les processus et les phénomènes — en: mécanique et acoustique, la doctrine de la chaleur, la doctrine de l'électricité du magnétisme, l'optique, la doctrine des processus atomiques et nucléaires. Ces deux manières de classer la physique se couvrent en partie»¹⁸.

Toutefois, la subdivision d'après les processus s'est conservée dans les livres écrits pour l'enseignement seulement où sont démontrés les traits caractéristiques généraux des processus physiques. A mesure qu'on entre plus à fond dans la connaissance du problème, apparaît la subdivision selon les espèces de la matière. Cette tendance au développement de la méthode de subdivision de la physique fut reconnue dans deux documents, à savoir: dans l'index du journal soviétique réferatif *La*

¹⁸ A. F. Yoffé, *op. cit.*

Physique, adoptée en 1962, et dans l'index récent du principal journal périodique des U.S.A. *The Physical Review*.

Les différents journaux changent peu à peu leurs index. Six disciplines physiques se sont détachées devenant indépendantes: la magnéto-hydrodynamique, la dynamique des gaz, la physique de l'espace, la théorie d'élasticité et de dislocations, la biologie moléculaire et la chimie quantique. C'est ainsi que les principes quantiques de la physique se sont répandus dans la chimie et devinrent son fondement.

En même temps la technique nucléaire, ainsi que l'électronique des semi-conducteurs sont entré dans la technique.

Pendant cette période un nouveau domaine de la technique apparaît qui commence à se développer avec une rapidité très grande — c'est le domaine des nouvelles méthodes physiques de la production et de contrôle de ces processus. Par cette voie, la physique devient la base de l'automatisation de presque toutes les branches de la production et, en même temps, elle devient la base de certaines branches d'industrie tout à fait nouvelles. Ces branches devraient être nommées «industrie physique», par exemple: la production des semi-conducteurs et des installations à semi-conducteurs, des isotopes, des monocristaux, des couches très minces *etc.*

QUELQUES CONCLUSIONS

Nous avons essayé ici de suivre l'évolution de la structure de la physique au cours de deux siècles et demi, à peu près. Comme cette tentative semble être faite pour la première fois, nous avons rencontré de nombreux problèmes non résolus jusqu'ici. Il était, par exemple, nécessaire d'élaborer les méthodes pour définir la structure, pour déterminer ses éléments et pour distinguer ceux qui sont propres à la physique en général, de ceux qui sont spécifiques pour le moment donné et, enfin, de trouver les moyens pour présenter cette structure et pour démontrer d'une façon concrète sa dynamique. Tous ces problèmes ne sont résolus ici qu'en première approximation. La méthode de représenter la structure de la physique à l'aide des «sections structurelles» semble être un résultat nouveau et le plus important. En ce qui concerne le schéma de ces sections, ainsi que leur contenu concret et leur forme extérieure, on peut s'attendre qu'ils seront perfectionnés dans les travaux qui vont suivre. Nous voudrions remarquer ici que nous l'avons changé beaucoup de fois au cours de l'étude.

L'étude de l'évolution de la structure de la physique, représentée sur les planches, tableau des sections structurelles, permet de faire quelques conclusions:

A. Les premiers rejetons de la physique vers les techniques (la

théromphysique appliquée, l'optique appliquée, l'hydraulique, la ballistique) apparaissent entre 1730 et 1765, presque simultanément avec le développement d'un nouveau type d'études expérimentales — l'élaboration des méthodes physiques d'action sur la matière. Cela veut dire que la physique trouve de nouveaux moyens et procédés techniques pour changer les propriétés physiques de la matière. En enrichissant la technique par ses méthodes, la physique utilise en même temps les nouveautés de la technique industrielle pour le développement de ses méthodes expérimentales. Cette «liaison réciproque» entre la physique et la technique continue pendant toutes les années suivantes et chaque fois que la physique découvre un nouveau domaine d'action sur la matière, quelque temps après apparaît une nouvelle branche de la technique.

Le plus important et le plus puissant rejeton vers les techniques — les méthodes physiques de la production et de contrôle de ses processus — naquit vers les cinquantièmes années de notre siècle au moment où une nouvelle voie d'études apparut dans la physique — la préparation des objets d'étude. Dans ce cas, la technique industrielle enrichit en revanche la technique du laboratoire physique.

B. Les rejets de la physique vers les techniques passent usuellement par deux étapes successives. Au cours de la première étape apparaît un nouveau domaine de la physique appliquée (l'optique appliquée, la thermophysique appliquée, *etc.*) que évolue ensuite vers une branche correspondante des techniques (optotechnique, thermotechnique, électrotechnique, *etc.*).

Nous avons donc le droit de prévoir que la physique appliquée des semi-conducteurs qui figure dans la section de 1955 va devenir bientôt une branche indépendante — la technique des semi-conducteurs.

C. L'analyse de l'évolution des sections à travers la structure de la physique démontre, d'une façon concrète, le rôle dirigeant de la physique dans les sciences naturelles. Chaque fois qu'il y a des grands succès dans l'élaboration des principes fondamentaux de la physique, commencent à se développer des nouvelles disciplines tendant aux autres sciences de la nature. Ainsi, les succès de la thermodynamique classique et de la physique statistique ont conduit, au cours de la seconde moitié du XIX^e siècle, à la naissance de la chimie physique, et les succès de la physique quantique, au cours des années cinquante du XX^e siècle, ont conduit à la naissance de la chimie quantique. Au commencement du XX^e siècle «l'astronomie physique», nommée astrophysique, s'est développée de la physique. Dans les années trentièmes de ce siècle apparut la «biologie physique», nommée biophysique. Cette façon spécifique de développement nous permet à prévoir l'apparition de deux rejets nouveaux: «l'astronomie quanto-relativiste» et «la biologie quantique».

D. La nouvelle tendance que nous avons observée dans la subdivision de la physique, en comparant la section de 1935 avec celle de 1955,

laisse prévoir qu'an fur et à mesure de la découverte de nouvelles espèces de la matière devraient apparaître des nouveaux domaines de la physique.

Ainsi, on peut remarquer quelques particularités intéressantes qui apparaissent au cours de l'étude de l'évolution de la structure de la physique qui pourraient avoir des conséquences pratiques. Une élaboration ultérieure de cette méthode permettra sans doute à trouver d'autres conclusions importantes pour la prévision du développement de la physique. C'est surtout l'évolution de la structure de la science qu'on peut prévoir et non ses découvertes, tandis que les grandes découvertes, des découvertes inattendues peuvent introduire une certaine inexactitude dans cette prévision.

Considérons maintenant les relations entre l'évolution de la structure et celle de la science elle-même. La structure de la science représente un aspect seulement de l'histoire de la physique. On pourrait la comparer, par analogie, à l'anatomie. La structure de la science ne reflète point les liens internes entre les divers éléments et chaînons, c'est-à-dire leur fonctionnement réciproque. Le problème principal dans l'étude de la structure de la physique consiste dans l'élucidation des relations des éléments de la structure. A notre avis, l'étude de la structure constitue évidemment une partie inséparable de l'étude de l'histoire de la science et il semble étonnant que cette question importante n'a pas jusqu'ici attiré l'attention des historiens de la physique.

A la suite de cette bévue, beaucoup de livres écrits sur l'histoire de la physique ne représentent qu'un aspect unilatéral de cette histoire, ignorant tous les autres côtés quoiqu'aussi bien importants.

Il nous semble donc que l'étude de la structure d'une science à chaque période donnée aide à reconstruire son histoire d'une façon plus adéquate. A notre avis les «sections structurelles» doivent entrer dans son histoire comme son élément organique.

Pour finir, nous voudrions remercier cordialement ceux de nos collègues qui nous ont aidés au cours de ce travail. C'est surtout aux MM. B. M. Kedrov, S. G. Souvorov, S. R. Mikoulinisky et D. I. Vosco-boïnik que nous nous sentons fort obligés pour leur critique bienveillante et leurs conseils très importants.