

Conditions d'utilisation des contenus du Conservatoire numérique

1- [Le Conservatoire numérique](#) communément appelé [le Cnum](#) constitue une base de données, produite par le Conservatoire national des arts et métiers et protégée au sens des articles L341-1 et suivants du code de la propriété intellectuelle. La conception graphique du présent site a été réalisée par Eclydre (www.eclydre.fr).

2- Les contenus accessibles sur le site du Cnum sont majoritairement des reproductions numériques d'œuvres tombées dans le domaine public, provenant des collections patrimoniales imprimées du Cnam.

Leur réutilisation s'inscrit dans le cadre de la loi n° 78-753 du 17 juillet 1978 :

- la réutilisation non commerciale de ces contenus est libre et gratuite dans le respect de la législation en vigueur ; la mention de source doit être maintenue ([Cnum - Conservatoire numérique des Arts et Métiers - https://cnum.cnam.fr](#))
- la réutilisation commerciale de ces contenus doit faire l'objet d'une licence. Est entendue par réutilisation commerciale la revente de contenus sous forme de produits élaborés ou de fourniture de service.

3- Certains documents sont soumis à un régime de réutilisation particulier :

- les reproductions de documents protégés par le droit d'auteur, uniquement consultables dans l'enceinte de la bibliothèque centrale du Cnam. Ces reproductions ne peuvent être réutilisées, sauf dans le cadre de la copie privée, sans l'autorisation préalable du titulaire des droits.

4- Pour obtenir la reproduction numérique d'un document du Cnum en haute définition, contacter [cnum\(at\)cnam.fr](mailto:cnum(at)cnam.fr)

5- L'utilisateur s'engage à respecter les présentes conditions d'utilisation ainsi que la législation en vigueur. En cas de non respect de ces dispositions, il est notamment passible d'une amende prévue par la loi du 17 juillet 1978.

6- Les présentes conditions d'utilisation des contenus du Cnum sont régies par la loi française. En cas de réutilisation prévue dans un autre pays, il appartient à chaque utilisateur de vérifier la conformité de son projet avec le droit de ce pays.

NOTICE BIBLIOGRAPHIQUE

NOTICE DE LA REVUE	
Auteur(s) ou collectivité(s)	Laboratoire d'essais mécaniques physiques chimiques et de machines du Conservatoire national des Arts et Métiers
Auteur(s)	Laboratoire d'essais mécaniques physiques chimiques et de machines du Conservatoire national des Arts et Métiers
Titre	Publication : Laboratoire d'essais
Adresse	Paris : Conservatoire national des arts et métiers, 193.-195.
Nombre de volumes	125
Cote	CNAM-BIB P 1329-B et P 1329-C
Sujet(s)	Conservatoire national des arts et métiers (France) Génie industriel -- 20e siècle
Note	La collection comporte des lacunes : n°24; n°58; n°63; n°67; n°76-n°77
Notice complète	https://www.sudoc.abes.fr/cbs//DB=2.1/SET=17/TTL=3/REL?PPN=261820893&RELTYPE=NT
Permalien	https://cnum.cnam.fr/redir?P1329-B_P1329-C
LISTE DES VOLUMES	
	N°25 (1936)
	N°26 (1937)
	N°27 (1937)
	N°28 (1937)
	N°29 (1938)
	N°30 (1939)
	N°31 (1936)
	N°32 (1938)
	N°33 (1938)
	N°34 (1938)
	N°35 (1938)
	N°36 (1938)
	N°37 (1938)
	N°38 (1938)
	N°39 (1938)
	N°40 (1939)
	N°41 (1939)
	N°42 (1939)
	N°43 (1939)
	N°44 (1939)
	N°45 (1938)
	N°46 (1940)
	N°47 (1940)
	N°48 (1940)
	N°49 (1940)
	N°50 (1940)
	N°51 (1941)
	N°52 (1941)
	N°53 (1941)
	N°54 (1941)
	N°55 (1942)
	N°56 (1942)
	N°57 (1942)
	N°59 (1942)

	N°60 (1941)
	N°61 (1942)
	N°62 (1943)
	N°64 (1943)
	N°65 (1943)
	N°66 (1943)
	N°68 (1943)
	N°69 (1943)
	N°70 (1943)
	N°71 (1943)
	N°72 (1944)
	N°73 (1943)
	N°74 (1944)
	N°75 (1944)
	N°78 (1944)
	N°79 (1944)
	N°80 (1944)
	N°81 (1944)
	N°82 (1944)
	N°83 (1944)
	N°84 (1944)
	N°85 (1944)
	N°86 (1945)
	N°87 (1945)
	N°88 (1945)
	N°89 (1945)
	N°90 (1945)
	N°91 (1945)
	N°92 (1945)
	N°93 (1945)
	N°94 (1945)
	N°95 (1946)
	N°96 (1946)
	N°97 (1946)
	N°98 (1944)
	N°99 (1945)
	N°100 (1945)
	N°101 (1946)
	N°102 (1946)
	N°103 (1946)
	N°104 (1946)
	N°105 (1946)
	N°106 (1946)
	N°107 (1947)
	N°108 (1947)
	N°109 (1947)
VOLUME TÉLÉCHARGÉ	N°110 et 111 (1947)
	N° 112 (1947)
	N° 113 (1947)
	N° 114 (1947)
	N° 115 (1947)
	N° 116 (1947)
	N° 117 (1947)
	N° 118 (1948)
	N° 119 (1948)
	N° 120 (1948)
	N° 121 (1948)
	N° 122 (1947)

	N° 123 (1948)
	N° 124 (1948)
	N° 125 (1948)
	N° 126 (1948)
	N° 127 (1948)
	N° 128 (1948)
	N° 129 (1948)
	N° 130 (1949)
	N° 131 (1949)
	N° 132 (1949)
	N° 133 (1948)
	N° 134 (1949)
	N° 135 (1948)
	N° 136 (1949)
	N° 137 (1950)
	N° 138 (1950)
	N° 139 (1950)
	N° 140 (1950)
	N° 141 (1950)
	N° 142 (1948)
	N° 143 (1950)
	N° 144 (1950)
	N° 145 (1951)
	N° 146 (1951)
	N° 147 (1951)
	N° 148 (1951)
	N° 149 (1951)
	N° 150 (1951)
	N° 151 (1951)
	N° 152 (1951)
	N° 153 (1952)
	N° 154 (1952)
	N° 155 (1952)

NOTICE DU VOLUME TÉLÉCHARGÉ	
Auteur(s) volume	Laboratoire d'essais mécaniques physiques chimiques et de machines du Conservatoire national des Arts et Métiers
Titre	Publication : Laboratoire d'essais
Volume	N°110 et 111 (1947)
Adresse	Paris : Conservatoire national des arts et métiers, 1947
Collation	1 vol. (3,3 p.) ; 25 cm
Nombre de vues	12
Cote	CNAM-BIB P 1329-B (59)
Sujet(s)	Conservatoire national des arts et métiers (France) Génie industriel -- 20e siècle
Thématique(s)	Histoire du Cnam
Typologie	Revue
Langue	Anglais Français
Date de mise en ligne	10/04/2025
Date de génération du PDF	07/02/2026
Recherche plein texte	Disponible
Notice complète	https://www.sudoc.fr/039014541
Permalien	https://cnum.cnam.fr/redir?P1329-B.59

...

8° Ru 107 (60)

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
LABORATOIRE D'ESSAIS



P 13223-B

SUR LES CONCEPTS FONDAMENTAUX
DE LA THÉORIE PHYSIQUE

1° - PRÉLIMINAIRES

2° - ÉNERGIE ET ACTION

par M. G. A. Boutry

PUBLICATIONS N^{os} 110 ET 111

(Extraits des Comptes Rendus de l'Académie des Sciences

T. 224 P. 1052-1054, séance du 9 Avril 1947 et

T. 224 P. 1146-1148, séance du 21 Avril 1947)



On se propose d'examiner quelques-uns des concepts fondamentaux sur lesquels s'édifient, par des postulats ou des hypothèses convenables, les théories physiques. Pour rester indépendant, dans une certaine mesure, d'une théorie physique particulière, on adoptera le langage de l'analyse dimensionnelle : les résultats obtenus devraient convenir à toute théorie qui respecte la structure dimensionnelle des grandeurs étudiées. On rappellera d'abord une remarque fondamentale et très ancienne, qui sera présentée sous une forme un peu inhabituelle.

1° Soit un système dont toutes les parties sont en équilibre : le temps n'y joue aucun rôle. On a appris à reconnaître et à caractériser, dans un tel système des *graves* ⁽²⁾, m , m' (ou des charges q , q' , ...), situés en divers lieux, des forces agissant sur eux et dérivant de champs qu'on suppose exister dans l'espace. Un champ newtonien obéit à une loi de la forme

$$G = \frac{m}{\nu r^2}, \quad E = \frac{q}{\varepsilon r^2},$$

où ν , ε , ... sont des constantes qu'on associe d'ordinaire au milieu ou à l'espace, dont ils formeraient des propriétés intrinsèques. L'équation de dimensions d'un tel champ est donc

$$(1) \quad [G] = [m][L]^{-2}[\nu]^{-1}, \quad [E] = [q][L]^{-2}[\varepsilon]^{-1}, \dots$$

Entre deux graves ou deux charges, agissent des forces. Quelles qu'en soient les origines, on accepte de leur attribuer une nature et des effets identiques. Comme

$$(2) \quad F = \frac{mm'}{\nu r^2}, \quad F = \frac{qq'}{\varepsilon r^2}, \quad \dots,$$

$$[F] = [m]^2[L]^{-2}[\nu]^{-1}, \quad [F] = [q]^2[L]^{-2}[\varepsilon]^{-1}, \quad \dots,$$

il en résulte que

$$(3) \quad [m]^2[\nu]^{-1} = [q]^2[\varepsilon]^{-1} = \dots;$$

c'est une relation de symétrie entre les divers ordres de phénomènes.

⁽¹⁾ Séance du 31 mars 1947.

⁽²⁾ On substitue ici le terme *grave* à celui de masse pour des raisons qui paraîtront un peu plus loin.

Sans qu'il soit encore nécessaire de faire jouer un rôle au concept de temps, on peut envisager une définition de l'énergie, sous la forme potentielle ou de travail produit, à une époque et pendant une durée non spécifiée, par les forces en présence. Les dimensions en sont

$$(4) \quad [W] = [\mathcal{E}] = [m]^2 [L]^{-1} [\nu]^{-1} = [q]^2 [L]^{-1} [\varepsilon]^{-1} = \dots$$

2° Dans un système où l'équilibre n'est pas partout réalisé, l'énergie existe sous forme cinétique. La grandeur temps joue désormais un rôle. Indépendamment des notions de grave ou de charge, les notions de vitesses et d'accélération se définissent par

$$(5) \quad [\nu] = [L] [T]^{-1} \quad [\gamma] = [L] [T]^{-2}.$$

Tout déplacement d'un grave ou d'une charge, à vitesse finie, met en jeu une énergie cinétique définie dimensionnellement comme produit du carré d'une vitesse par une *masse inerte* (c'est à ce coefficient qu'on réserve ici le nom de masse)

$$(6) \quad [W] = [M] [L]^2 [T]^{-2}.$$

Si l'on postule l'équivalence, c'est-à-dire des dimensions égales pour toutes les formes de l'énergie, on se trouve donc amené à poser

$$(7) \quad [M] [L]^2 [T]^{-2} = [m]^2 [L]^{-1} [\nu]^{-1} = [q]^2 [L]^{-1} [\varepsilon]^{-1} = \dots,$$

c'est-à-dire

$$(8) \quad [m] = [M]^{\frac{1}{2}} [L]^{\frac{3}{2}} [T]^{-1} [\nu]^{\frac{1}{2}}; \quad [q] = [M]^{\frac{1}{2}} [L]^{\frac{3}{2}} [T]^{-1} [\varepsilon]^{\frac{1}{2}}; \quad \dots$$

3° C'est à ce moment qu'on introduit dans la théorie physique le postulat de Newton-Einstein; il consiste à poser qu'en grandeur et en dimension

$$(9) \quad m = kM, \quad [m] = [M].$$

Dans la première des équations (8), cette transformation va donner

$$(10) \quad [M] = [L]^3 [T]^{-2} [\nu],$$

ce qui entraîne deux conséquences :

a. La grandeur ν ne saurait être supprimée du système dimensionnel sans entraîner la proposition inacceptable

$$[M] = [L]^3 [T]^{-2};$$

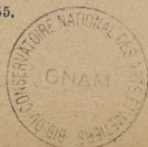
en d'autres termes, tout concept matériel ou énergétique peut être, dans un tel système, considéré comme dérivant des concepts fondamentaux d'espace et de temps ($L, T, \nu, \varepsilon, \dots$).

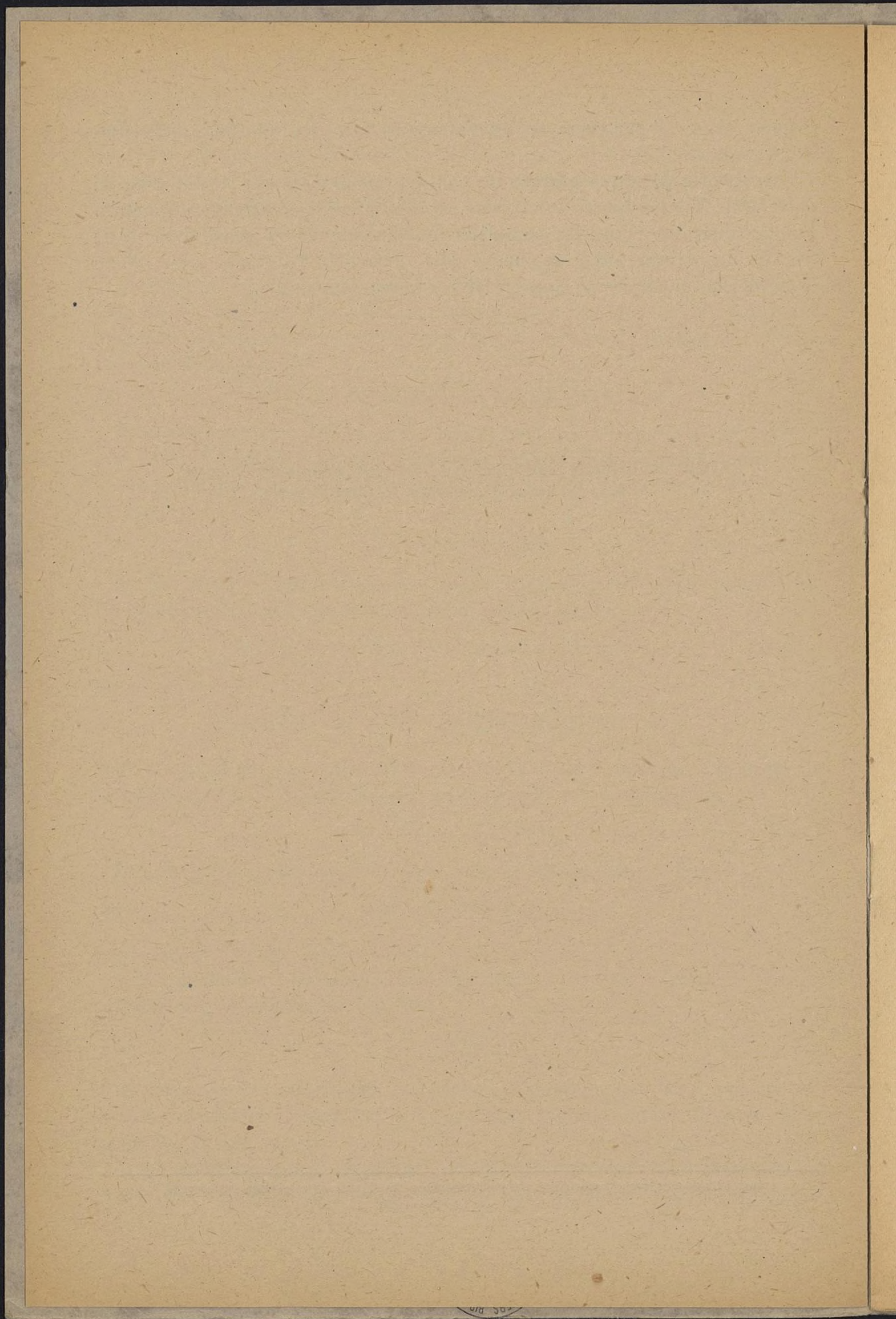
b. La symétrie, jusqu'ici présente entre les divers ordres de phénomènes, est désormais détruite dans l'exposé de la théorie physique. Exprimées dans le

système M, L, T par exemple, les dimensions de q sont désormais différentes de celles de m .

Une théorie physique partant du concept spatio-temporel et admettant le postulat de Newton-Einstein doit donc, en dernière analyse, être une géométrie. Pour réaliser une synthèse complète et cohérente de la gravitation et de l'électromagnétisme, cette géométrie doit surmonter l'obstacle grave d'une symétrie statique présente dans les faits et repoussée par elle.

(Extrait des *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*,
t. 224, pp. 1052-1054, séance du 9 avril 1947.)





L'espace et le temps ont été longtemps utilisés par la théorie physique comme des données directes. Leur emploi comme grandeurs fondamentales avait le grand avantage de permettre des raisonnements très concrets. Cet avantage a grandement diminué lorsque la théorie de la relativité est venue changer nos idées à leur égard. Il est apparu que la notion commune du continuum espace-temps n'est pas physiquement utile en toute rigueur. Il a fallu la réviser et cette révision l'a remplacée par un concept très abstrait.

D'autre part, il est permis de se demander dans quelle mesure les notions d'espace et de temps sont bien des données directes. L'auteur de la présente Note a eu l'occasion de remarquer que les perceptions de nos sens paraissent toutes d'ordre énergétique et que c'est leur analyse qui nous conduit aux notions de force et d'espace ⁽²⁾. Il a constaté depuis qu'il n'avait rien dit de nouveau : la même idée a été exprimée par Ampère, de manière voisine ⁽³⁾. Quant au concept de temps, il est bien difficile de le considérer comme concret ; s'il est direct, il est diffus et d'ordre intérieur.

De telles considérations, résumées ici avec une extrême brièveté, amènent à se demander s'il n'est pas possible d'élaborer une théorie physique dans laquelle le continuum espace-temps céderait la place, dans l'ordre des grandeurs fondamentales à d'autres concepts plus satisfaisants, c'est-à-dire moins discutés dans leur essence, ou plus immédiats que lui.

Un premier concept qui pourrait convenir à cet égard est celui d'énergie, W , considéré comme donnée sensorielle immédiate sous certaines de ses formes. D'après une Note précédente ⁽⁴⁾, le remplacement comme grandeur fondamentale de $[L]$ par $[W]$ est possible, la notion de temps étant conservée dans cette transformation. Dans une telle conception, les grandeurs v, ε, \dots qualifieraient l'énergie sous ses diverses formes ; le concept d'espace deviendrait une

⁽¹⁾ Séance du 31 mars 1947.

⁽²⁾ *Introduction à l'Art de la Mesure*, Paris, 1942.

⁽³⁾ *Correspondance d'André Ampère*, 1, lettres 147, 149.

⁽⁴⁾ *Comptes rendus*, 224, 1947, p. 1052.

conséquence de ces deux derniers; il ne pourrait exister d'espace que s'il existe de l'énergie : il n'y aurait pas d'espace *en soi*.

Cela fait, remplacer le concept fondamental de temps devient malaisé. Une proposition qui paraît raisonnable à cet égard concerne le concept d'*action*. On ne prétend pas que ce concept soit plus immédiat ou plus concret; tout au contraire, comme M. L. de Broglie l'a noté ⁽⁵⁾, l'action a un caractère tout abstrait. Mais, si embarrassant qu'il soit à manier, le rôle considérable que ce concept paraît destiné à jouer dans toute théorie physique générale ne semble plus nié par personne. Or, entre les dimensions de l'*action*, de l'*énergie* et du *temps* existe la relation très simple

$$(1) \quad [A] = [W][T].$$

Une définition du temps doit donc pouvoir être obtenue par référence à des postulats fondamentaux concernant l'énergie, d'une part, l'action, d'autre part.

Cela posé, le postulat de Newton-Einstein admis, les équations de passage entre le système classique et le système nouveau s'écrivent comme

$$(2) \quad [T] = [A][W]^{-1}; \quad [M]^2 = [W][A]^2[v]^2; \quad [L]^3 = [W]^{-3}[A]^4[v]^{-1}.$$

Une transformation analogue est possible dans une théorie physique qui rejetterait le Postulat de Newton-Einstein. La symétrie statique exprimée par

$$(3) \quad [m]^2[v]^{-1} = [q]^2[\varepsilon]^{-1} = \dots$$

est naturellement conservée. L'énergie cinétique qui apparaît dans les phénomènes dynamiques est alors qualifiée par une grandeur fondamentale indépendante, la masse (inerte) $[M]$, exactement comme $[v]$, $[\varepsilon]$, ... qualifient les autres formes de l'énergie. Le logicien note, pourtant, que dans nos idées actuelles, M a un caractère *localisé* alors que les grandeurs v , ε , ... sont *diffuses*.

Le rejet du Postulat de Newton-Einstein entraîne une modification des dimensions de $[L]$. Les bases du système et les équations de passage sont désormais

$$(4) \quad \begin{cases} [A], [W], [M], [v], [\varepsilon], \dots, \\ [T] = [A][W]^{-1}, \quad [L] = [A][W]^{-\frac{1}{2}}[M]^{-\frac{1}{2}}, \end{cases}$$

les dimensions des *charges* et des *graves* s'écrivent alors

$$(5) \quad [m]^4 = [A]^2[W][M]^{-1}[v]^2, \quad [q]^4 = [A]^2[W][M]^{-1}[\varepsilon]^2, \quad \dots$$

En résumé :

1° Le continuum espace-temps, considéré en soi est une notion qui ne paraît

(5) L. DE BROGLIE, *Thèse*, Paris, 1924, p. 11.

pas relever de l'ordre physique. Une espace où il n'y a pas d'énergie, un temps d'où toute action est absente sont deux concepts qu'aucun phénomène physique ne semble légitimer.

2° L'emploi comme grandeurs fondamentales de l'espace et du temps dans la théorie physique n'est pas une nécessité. Si l'esprit humain est capable d'un effort d'abstraction suffisant, il doit être possible d'élaborer une théorie physique dans laquelle les concepts fondamentaux d'énergie et d'action remplacent ceux d'espace et de temps. La troisième grandeur fondamentale d'un tel système, multiple, caractérise la forme d'énergie étudiée. Le caractère géométrique d'une semblable théorie serait fort affaibli. Il serait désirable de chercher ce qu'y deviendrait la notion de causalité.

(Extrait des *Comptes rendus des séances de l'Académie des Sciences*,
t. 224, pp. 1146-1148, séance du 21 avril 1947.)



