VI. — Conservation de la quantité d'action.

Objekttyp: **Chapter**

Zeitschrift: **L'Enseignement Mathématique**

Band (Jahr): **6 (1904)**

Heft 1: **L'ENSEIGNEMENT MATHÉMATIQUE**

PDF erstellt am: **26.05.2024**

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Inhalten der Zeitschriften. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern.
Die auf der Plattform e-periodica veröffentlichten Dokumente stehen für nicht-kommerzielle Zwecke in Lehre und Forschung sowie für die private Nutzung frei zur Verfügung. Einzelne Dateien oder Ausdrucke aus diesem Angebot können zusammen mit diesen Nutzungsbedingungen und den korrekten Herkunftsbezeichnungen weitergegeben werden.
Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. Die systematische Speicherung von Teilen des elektronischen Angebots auf anderen Servern bedarf ebenfalls des schriftlichen Einverständnisses der Rechteinhaber.

Haftungsausschluss

Alle Angaben erfolgen ohne Gewähr für Vollständigkeit oder Richtigkeit. Es wird keine Haftung übernommen für Schäden durch die Verwendung von Informationen aus diesem Online-Angebot oder durch das Fehlen von Informationen. Dies gilt auch für Inhalte Dritter, die über dieses Angebot zugänglich sind.

Ein Dienst der *ETH-Bibliothek*
ETH Zürich, Rämistrasse 101, 8092 Zürich, Schweiz, www.library.ethz.ch

http://www.e-periodica.ch

cation du mouvement, varie suivant la tangente, alors qu'en réalité, la variation se fait suivant l'accélération totale.

2° En évaluant l'effet produit par l'introduction de l'action suivant la tangente, elle admet, comme pour le mouvement rectiligne, qu'à tout instant la vitesse-temps et la vitesse-espace de variation de l'action sont égales entre elles.

Par suite, la mécanique n'est pas en droit d'attribuer à la force vive une signification physique; elle n'est pas en droit non plus de représenter par la différence de deux forces vives l'effet subi par le corps entre deux positions, qui est égal à la résultante de deux quantités d'action.

Toutes les déductions de la mécanique concernant la force vive, le travail et le potentiel, si elles présentent, au point de vue mathématique, une exactitude rigoureuse, sont, au point de vue physique, des abstractions qu'il y a lieu de remplacer par les réalités concrètes correspondantes.

VI. — Conservation de la quantité d'action.

15. Puisque la force vive ne correspond pas à l'effet réellement subi par les corps en mouvement, elle ne saurait représenter l'énergie cinétique de ces corps.

Quel est donc le facteur physique jouissant de cette propriété?

L'expérience montre que ce facteur n'est autre que la quantité d'action prise avec le signe de la vitesse.

Dans quelque condition que se trouvent les corps qu'on considère, ils appartiennent à un système animé d'un mouvement général, qu'à un instant donné on peut regarder comme un mouvement de translation de vitesse α, cette vitesse étant d'ailleurs considérable. C'est dire que ces corps, même quand ils sont en repos relatif dans le système dont ils font partie, renferment des quantités d'action, que j'appellerai *quantités d'action d'entraînement*.

Nos observations ne portent, bien entendu, que sur les quantités d'action relatives.

Quand une masse M_1 se meut suivant la même direction et dans le même sens que tout le système avec une vitesse relative v_1, sa quantité d'action subit une augmentation ; elle devient égale à la somme de la quantité d'action d'entraînement $M_1\alpha$, et de la quantité d'action afférente à la vitesse v_1 qui est M_1v_1. Sa valeur est donc $M_1(\alpha + v_1)$.

Quand cette même masse M_1 se meut avec la vitesse relative v_1 en sens inverse du mouvement général, sa quantité d'action subit une diminution et elle devient $M_1(\alpha - v_1)$.

Les quantités d'action relatives sont donc, soit une augmentation, soit une diminution de la quantité d'action d'entraînement, suivant qu'elles ont le sens du mouvement général ou le sens opposé.

Considérons maintenant deux corps M_1 et M_2 ayant respectivement des vitesses v_1 et v_2, soit dans le sens du mouvement général, soit en sens contraire. La quantité d'action totale du système est égale à $\Sigma M\alpha + M_1v_1 + M_2v_2$, les vitesses v_1 et v_2 étant prises avec leur signe.

Or, les expériences effectuées sur le choc des corps élastiques démontrent que la somme algébrique $M_1v_1 + M_2v_2$ est la même avant et après le choc.

La signification physique de ce résultat expérimental est que la quantité d'action totale du système conserve toujours la même valeur ; on peut dire aussi que la somme des quantités d'action relatives des corps M_1 et M_2 se conserve, quelles que soient leurs réactions mutuelles. On peut dire encore que chaque quantité d'action relative se conserve, en ce sens que si elle subit une diminution, à cette diminution correspond une augmentation égale pour d'autres corps, sous des formes diverses.

Si nous considérons une quantité d'action relative inclinée sur la direction de l'entraînement, nous pouvons lui substituer ses composantes suivant trois axes rectangulaires, dont l'un coïncide avec la direction de l'entraînement ; les quantités d'action composantes se conservant, il en est de même de la résultante qui est la quantité d'action du corps.

16. La somme $M_1v_1 + M_2v_2$ est ce que Leibniz appelle la *quantité de progrès* ; mais, d'après lui, ce n'est pas la conser-

vation de ce facteur qu'il faut admettre, en tant que conservation de quelque chose d'absolu:

« Or, il se trouve, dit-il, que le progrès total se conserve, « ou qu'il y a autant de progrès de même costé avant ou après « le choc. Mais il est visible encore que cette conservation ne « répond pas à celle qu'on demande de quelque chose d'ab- « solu, car il se peut que la vistesse, quantité de mouvement « et force des corps estant très considérables, leurs progrès « soit nuls. Cela arrive lorsque les deux corps opposés ont « leurs quantités de mouvement égales. En quel cas, selon le « sens que l'on vient de donner, il n'y a point de progrès « total du tout... »

Ces considérations perdent leur valeur, quand les quantités d'action relatives des corps sont envisagées comme des augmentations et des diminutions des quantités d'action d'entraînement. En particulier, dans l'exemple cité par Leibniz, les deux corps opposés ont avant le choc, des quantités d'action relatives égales et de signes contraires $+ M\upsilon$ et $- M\upsilon$; leurs quantités d'action effectives, dans le système considéré, sont $M(\alpha + \upsilon)$ et $M(\alpha - \upsilon)$. Après le choc, leurs quantités d'action relatives sont $- M\upsilon$ et $+ M\upsilon$; leurs quantités d'action effectives sont $M(\alpha - \upsilon)$ et $M(\alpha + \upsilon)$. Le premier corps a perdu la quantité d'action $2M\upsilon$, le second a gagné la quantité d'action $2M\upsilon$.

Par suite, 1° la quantité d'action totale qui est $2M\alpha$ s'est conservée;

2° Les quantités d'action relatives $+ M\upsilon$ et $- M\upsilon$ se sont conservées chacune, chaque corps ayant, après le choc, le mouvement qu'avait l'autre avant le choc.

3° Leur somme, qui est nulle, s'est conservée aussi, l'augmentation subie par l'un des corps étant égale à la diminution subie par l'autre.

Tout concourt donc pour montrer que, contrairement à l'opinion de Leibniz, la conservation absolue porte sur la quantité de mouvement prise avec le signe de la vitesse, qui est la quantité d'action relative, cause physique du mouvement du corps dans le système auquel il appartient.

17. Je rappellerai à ce sujet que l'unique point de départ

adopté par Leibniz pour soutenir la thèse de la conservation de la force vive contre ce qu'il appelle l'erreur mémorable de Descartes est la proposition suivante :

Il revient au même d'élever 1 livre à 4 pieds de hauteur et d'élever 4 livres à 1 pied de hauteur.

Ce que j'ai dit au sujet de l'effet réellement subi par les corps en mouvement montre que cette proposition est inexacte.

Quand un corps tombe en chute libre dans le vide, l'effet de la pesanteur, évalué à partir de l'origine du mouvement, est représenté par la quantité d'action Mv acquise par le corps, c'est-à-dire qu'il est proportionnel, non à la hauteur de chute, mais à la racine carrée de cette hauteur.

Inversement, si l'on veut faire remonter, en une fois, un corps pesant d'un niveau donné correspondant à la position de repos à un niveau supérieur, la quantité d'action qu'on doit lui fournir de bas en haut est proportionnelle, non à la hauteur de remontée, mais à la racine carrée de cette hauteur.

Il faudrait, par suite, une quantité d'action deux fois plus grande pour élever, sans relai, 4 livres à 1 pied de hauteur, que pour élever, également sans relai, 1 livre à 4 pieds.

Le postulatum de Leibniz n'est exact que si l'on considère des *mouvements uniformes*, comme on le fait dans les expériences relatives à la détermination de l'équivalent mécanique de la chaleur.

18. En résumé, j'ai eu pour objet d'établir les propositions suivantes :

1° La cause du mouvement réside dans les corps ; elle consiste dans un état physique spécial suivant la direction du déplacement. C'est la véritable force.

2° La *force de la mécanique classique* est la vitesse avec laquelle cet état physique se modifie suivant la direction de l'accélération totale ; elle n'est ni la cause du mouvement, ni la cause de la modification du mouvement.

3° En prenant pour point de départ le fait physique, cause du mouvement, on a le moyen de constituer une mécanique objective et expérimentale, branche de la Physique.

4° En prenant pour point de départ, soit la vitesse, soit l'accélération, soit l'accélération seconde, etc... suivant lesquelles la cause du mouvement varie par rapport au temps ou à l'espace parcouru, on peut constituer une infinité de systèmes de mécanique, dont l'un est la mécanique actuelle, mais moyennant le recours préalable à des postulats initiaux.

Si l'on donne à ces facteurs, ainsi pris comme points de départ, la dénomination purement conventionnelle de forces, il y a une infinité d'espèces de forces, et la *force de la mécanique* qui est l'une d'elles, apparaît comme n'ayant pas le caractère d'agent unique en son genre qui lui est actuellement attribué.

Les principes de Képler et Galilée ne sont qu'une application de principes plus généraux au cas particulier traité par la mécanique classique.

5° Pour définir l'effet des forces, la mécanique actuelle identifie implicitement les vitesses avec lesquelles la cause du mouvement varie, d'une part en fonction du temps, d'autre part en fonction de l'espace parcouru, alors que le premier de ces facteurs est le produit du second par la vitesse.

Elle se trouve ainsi substituer à l'effet réellement subi par le corps, qui est la variation de la cause physique du mouvement mdv, le produit de cet effet par la vitesse, soit $mvdv$, ou la différentielle de $\frac{mv^2}{2}$.

Comme conséquence de cette erreur, elle introduit dans ses développements la notion de la force vive et du travail, qui, tels qu'elle les définit, sont des abstractions ne répondant à rien de réel dans la nature.

6° Le facteur cinétique qu'il y a lieu de considérer dans la conservation de l'énergie n'est pas la force vive : ce facteur est la *quantité d'action*, produit de la masse des corps par leur vitesse prise avec son signe.

Lieut.-colonel HARTMANN (Paris).