

SUR LE MOUVEMENT RELATIF ET LE MOUVEMENT DE LA TERRE

Autor(en): **Richard, J.**

Objektyp: **Article**

Zeitschrift: **L'Enseignement Mathématique**

Band (Jahr): **7 (1905)**

Heft 1: **L'ENSEIGNEMENT MATHÉMATIQUE**

PDF erstellt am: **15.09.2024**

Persistenter Link: <https://doi.org/10.5169/seals-8452>

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.

formations ponctuelles formant un groupe métrique qui jouit de la propriété archimédienne et dont les lignes axiales forment un ensemble présentant la propriété de l'unicité de l'asymptotique.

Les propositions A, P et M sont des axiomes exprimant simplement que certains concepts rentrent dans des catégories plus générales (c'est d'ailleurs là le contenu de toute proposition, en dépit de la récente théorie logique de l'implication). Ces propositions impliquent des théorèmes d'existence pour ces catégories plus générales. Ces théorèmes ressortissent, pour l'axiome A, à la théorie des ensembles et, pour les axiomes P et M (le premier de ces deux axiomes est, de fait, une conséquence du second moyennant une définition convenable des lignes droites), à la Géométrie.

G. COMBEBIAC (Limoges).

ERRATA

Correction à l'article : *Les deux bases de la métrique* (n° du 15 septembre 1905, p. 375—381).

Page 378, avant-dernière ligne : au lieu de « droite », il faut lire partout « ligne D ».

Page 379, 3^e alinéa : au lieu de « en ligne droite », il faut lire partout « situés sur une même ligne D ».

SUR LE MOUVEMENT RELATIF ET LE MOUVEMENT DE LA TERRE

La question du mouvement absolu a été agitée il y a quelque temps. Elle est en quelque sorte, d'actualité.

Pour définir un mouvement il faut se donner un corps solide de comparaison, par exemple un trièdre trirectangle T,

et une horloge. Prenant T comme trièdre de référence et mesurant le temps à l'aide de l'horloge, on dira qu'un point est en mouvement *par rapport à T* , si les coordonnées de ce point sont des fonctions du temps.

Si nous changeons le trièdre T ou l'horloge, le point aura un nouveau mouvement tout différent du premier. Ne nous préoccupons pas de l'horloge, laissant de côté la question *du temps absolu*. Les différents trièdres que l'on peut choisir sont en mouvement les uns par rapport aux autres, aucun d'eux plutôt qu'un autre ne peut être regardé comme fixe. Nous ne pouvons observer, nous ne pouvons même concevoir que des mouvements relatifs.

Il n'y a, en particulier aucune espèce de raison de dire que la terre tourne plutôt que les astres. Ce qui est réel et constatable c'est seulement le mouvement relatif du ciel par rapport à la terre, ou de la terre par rapport au ciel.

Ainsi s'expriment les partisans du mouvement relatif, que je nommerai pour abrégé « relativistes ». Au premier abord leur thèse semble indiscutable. Les personnes dont les connaissances mécaniques et astronomiques sont peu développées l'admettent sans conteste. La chose pourtant est moins simple qu'elle n'en a l'air.

Au début de la dynamique on place le principe de l'Inertie: « Un point matériel isolé a un mouvement rectiligne et uniforme ». Un mouvement rectiligne et uniforme; cela n'est défini que si l'on donne une horloge et un solide de comparaison. Si le principe est vrai pour un certain solide et une certaine horloge, il deviendra faux lorsqu'on changera soit l'horloge soit le solide. Si l'horloge seule est changée, le mouvement cessera d'être uniforme sans cesser d'être rectiligne. Si on remplace le solide par un autre animé par rapport au premier d'une translation rectiligne et uniforme, le principe reste vrai.

Pour énoncer le principe de l'inertie convenablement on ne doit pas dire le principe de l'inertie est vrai, on doit dire: « On peut trouver un solide de comparaison et une horloge, tels que le principe soit vrai. »

Le mouvement par rapport à ce solide possède donc des

propriétés que les autres mouvements ne possèdent pas. Nous pouvons *convenir* de dire que ce solide est en repos absolu, ou bien le considérer comme animé de telle translation rectiligne et uniforme que nous voudrons.

Les choses à la surface de la terre ne se passent pas de la même façon que si elle était immobile. La rotation fait naître des forces apparentes, la force centrifuge, la force centrifuge composée. Si l'on ignorait que la terre tourne, on ferait de ces forces des forces réelles au même titre que la pesanteur. Les lois de la chute des corps deviendraient alors fort bizarres et inexplicables.

Soit, répondront les relativistes, ces lois sont bizarres; elles rompent la symétrie entre la droite et la gauche, qu'on s'attend à voir régner dans l'univers. Nous pouvons les admettre, et regarder la terre comme fixe, ou bien admettre des lois plus simples, et supposer que la terre tourne. Cette dernière hypothèse plus commode n'a cependant rien de nécessaire.

A cela on peut faire deux réponses. En premier lieu l'opinion relativiste a changé de caractère. Tout d'abord le relativiste disait: « Aucun corps de comparaison n'est privilégié et ne peut être considéré comme en repos absolu. Tous les trièdres auxquels on peut rapporter le mouvement se valent ». Il dit maintenant « Il y a bien un corps de comparaison privilégié, en ce sens que par rapport à ce corps les lois du mouvement sont plus simples.

Par rapport à ce système les points matériels obéissent au principe de l'inertie, qui ne se vérifie pas pour les autres.

Il est plus simple, sans être *obligatoire* de le considérer comme en repos absolu (ou tout au moins sans rotation) ».

M. Poincaré, duquel se réclament les relativistes, dit quel que part: Il est plus commode d'admettre que la terre tourne. Mais M. Poincaré donne au mot commode un sens très particulier. La distance en géométrie est une notion indéfinissable. On ne peut donc pas dire qu'un mètre en acier, à température constante, a une longueur invariable. Si tout grandissait proportionnellement au temps et mon mètre étalon aussi, le coefficient étant le même pour tous les corps, les

mesures expérimentales seraient les mêmes que les mesures actuelles. Mais l'hypothèse de l'invariabilité des corps est *plus commode*.

Donc le relativiste conséquent avec lui-même ne dira pas seulement : « Il est plus commode de supposer que la terre tourne », il dira : « Il est plus commode de supposer que la terre est ronde, qu'elle a une forme invariable, qu'elle est plus grosse qu'une bille de billard non contenue dans son intérieur. »

Or le mouvement n'est défini que par rapport à un corps de comparaison invariable. Si l'on n'admet pas l'existence de pareils corps, on ne peut admettre la définition du *mouvement, même relatif*.

Laissons maintenant parler le partisan du mouvement absolu. Si le théorème de Coriolis nous fait admettre que la terre tourne la loi de l'attraction universelle nous fait admettre sa révolution. Les nombreuses conséquences expérimentales de cette loi la rendent indubitable. Or si le soleil tournait autour de la terre, entraînant avec lui son cortège de planètes la loi serait fautive et devrait être remplacée par une loi compliquée. Considérons en effet la terre, le soleil, et la planète Mars en opposition. L'accélération produite par la terre sur le soleil serait grande, celle produite par le soleil sur la terre serait petite, la terre restant sensiblement immobile. La terre aurait donc une masse bien plus grande que le soleil. Au contraire Mars obéirait à l'action du soleil, non à celle de la terre pourtant plus proche de lui lorsqu'il est en opposition.

Le relativiste fera à cela la même objection que précédemment ; la réponse à cette objection sera la même.

Nous devons dire : « Il existe une horloge et un système d'axes tels, que pour les mouvements définis par rapport à eux la loi de l'attraction universelle soit vraie ». On peut nommer temps absolu le temps indiqué par cette horloge. Quand au système d'axes on peut le regarder comme absolument fixe, ou comme animé de telle translation rectiligne et uniforme qu'on voudra.

Les partisans du mouvement absolu tiennent en réserve un

autre argument indépendant des lois de la dynamique, et présentant une grande simplicité. Dans le vide interplanétaire la lumière se propage en ligne droite, avec une vitesse constante, la même dans toutes les directions.

Dans la phrase qu'on vient de lire il est question du mouvement de la lumière. Cela suppose donc une horloge et un corps de comparaison. On peut regarder ce corps de comparaison comme fixe, le temps mesuré par l'horloge comme le temps absolu. La lumière fournit donc une sorte de définition du mouvement absolu.

De là dérive la preuve du mouvement de la terre par le phénomène de l'aberration. Une étoile E vue de la terre T n'est pas vue dans la direction TE. Elle est vue dans la direction obtenue en composant la vitesse de la lumière dirigée suivant TE avec une vitesse égale et contraire à celle de la terre. L'aberration annuelle prouve la révolution de la terre autour du soleil. Bien que beaucoup plus faible, l'aberration diurne peut servir à prouver la rotation du globe. Quant à l'effet d'aberration produit par le mouvement de tout le système solaire dans l'espace, il est instable par l'observation.

Le mouvement mis en évidence par l'aberration est encore si l'on veut un mouvement relatif, mais cette fois ce n'est pas un mouvement relatif par rapport à un autre corps matériel. C'est un mouvement relatif par rapport à l'Ether.

Le relativiste objecte le caractère purement expérimental de cette notion. Ce n'est pas à mon sens plus expérimental que tout autre résultat de l'observation des corps célestes. *Sans la propagation rectiligne de la lumière, ces observations ne pourraient rien nous apprendre.*

La lumière, sur bien d'autres points, fournit du reste l'absolu qui nous manque. La longueur d'onde dans le vide, de la raie D du spectre; la durée de la vibration fournissent des étalons de longueur et de temps, la trajectoire du rayon lumineux fournit la ligne droite, et les notions indéfinissables de la géométrie et de la mécanique acquièrent ainsi un sens concret. Il y a sur ce sujet une belle conférence de Lord Kelvin.

Le relativiste insistera sans doute sur le caractère purement expérimental de l'explication précédente. Il voudrait une notion à priori du mouvement absolu. Il oublie que les notions même de la géométrie, comme la ligne droite et la distance n'ont de valeur pratique que par leur côté expérimental. Comme je l'ai montré plus haut, c'est une sorte de convention de dire qu'une barre d'acier à température constante conserve une longueur invariable. Cette convention est une façon commode de traduire ces résultats : « Deux barres primitivement superposables le demeurent toujours, et deux barres superposables à une 3^e sont superposables entre elles. » S'il n'y avait pas de corps solides il n'y aurait sans doute pas de géométrie métrique. Cette géométrie s'établit à priori, sans recours à l'expérience ou à l'intuition. Mais elle n'acquiert de valeur pratique qu'en prenant contact avec l'expérience. Dans toutes les applications pratiques de la géométrie, (sauf un très petit nombre) on se sert des rayons lumineux. Or ce sont eux justement qui nous révèlent le mouvement absolu.

Les relativistes ne voient pas, semble-t-il, le sens profond du système de Copernic. Il nous révèle la structure de l'univers. Faire tourner toutes choses autour de la terre c'est faire de notre globe le centre du monde. Copernic a montré au contraire en la terre une planète comme les autres. Le soleil est une étoile semblable aux autres. Très éloignées les unes des autres, les étoiles ont des mouvements propres très petits par rapport aux distances qui les séparent. Dans quatre régions du ciel différentes prenons quatre étoiles sans parallaxes ni mouvements propres sensibles. Nous pouvons considérer cet immense tétraèdre comme invariable pendant un temps très long. En le prenant comme solide de comparaison nous pourrions considérer tout mouvement par rapport à ce corps comme un mouvement absolu. Pour tout corps animé par rapport à celui là d'un mouvement de rotation, les étoiles auraient des mouvements d'autant plus rapides qu'elles seraient plus éloignées.

Si on admet de plus que les étoiles visibles ont des mouvements propres dans tous les sens, et que la moyenne de leurs vitesses est sensiblement nulle, on décèle ainsi le mouve-

ment emportant vers la constellation d'Hercule, le soleil et toutes les planètes.

En résumé le mouvement absolu se définit par deux sortes de considérations : Par la dynamique et par l'optique. Les considérations d'optique paraissent plus simples, plus faciles à faire comprendre aux débutants. Pourtant l'argument dynamique a sa valeur. Qu'un philosophe irréfléchi vienne me dire. Le mouvement relatif seul est réel. Que je tourne sur moi même ou que tout tourne autour de moi, c'est la même chose. Il sera arrêté de suite par la remarque suivante : «La forme d'équilibre d'un fluide n'est pas la même s'il tourne autour d'un axe, ou s'il est fixe. Une écrémeuse centrifuge ne fonctionnerait pas, si au lieu de la faire tourner sur son axe, on faisait tourner autour d'elle la salle qui la contient, le globe terrestre, le soleil, Sirius, Véga et tout le reste de l'univers.»

Concluons : Une proposition a un sens, si elle est vérifiable par l'observation. Lorsque je regarde tourner mon écrémeuse de tout à l'heure, si quelqu'un vient me dire : Cet objet ne tourne pas, c'est vous qui tournez et la salle qui le contient, je répondrai : La surface du niveau du lait n'est pas un plan horizontal, donc c'est elle qui tourne. De même, et d'une façon presque identique l'aplatissement de la terre prouve sa rotation. Ce que le langage énonce, hors le cas de la métaphysique, ce sont toujours des faits constatables, ou des ensembles de faits constatables, ou des propositions générales reliant des faits constatables. Dire, tout se passe comme si la terre tournait, ou dire : la terre tourne c'est la *même chose*. Il arrive souvent dans les discussions philosophiques, que l'un des deux interlocuteurs voit derrière le fait physique qu'il énonce une sorte de vérité métaphysique. C'est là une faute de logique. Dire que A attire B, pour le mathématicien cela veut dire : «l'accélération de B est dirigée vers A.» Pour quelques philosophes cela veut dire : «B a une sorte de volonté, de désir qui le dirige vers A.» On sait les discussions qui eurent lieu autrefois sur ce sujet. De même, dire : La terre tourne, c'est dire : «Les phénomènes qui accompagnent la rotation d'un objet se produisent tous pour la terre.» Si

l'on conteste la légitimité de ce langage je répondrai : Toutes nos affirmations sont de même espèce, même les plus simples et les plus vulgaires. Je n'insisterai pas là dessus, cela m'entraînerait trop loin.

J. RICHARD (Dijon).

SUR LES THÉORÈMES GÉNÉRAUX DE LA MÉCANIQUE ET LE CALCUL VECTORIEL

L'enseignement de la mécanique débute généralement aujourd'hui par une théorie des vecteurs dont la statique n'est plus ensuite qu'une application. Il y aurait avantage, semble-t-il, à opérer de même pour la dynamique en dégagant la nature purement géométrique de certains théorèmes.

La définition habituelle de la dérivée d'un vecteur lui suppose une origine fixe ; elle se généralise facilement lorsque l'origine est variable. Soit le vecteur I appliqué au point A , tous deux étant fonction du paramètre λ ; pour une variation $d\lambda$, A et I deviennent A' et I' : nous appellerons différentielle du vecteur donné le système formé par A' , I' et par I changé de sens, appliqué en A .

En coordonnées cartésiennes soit $I (X, Y, Z)$ appliqué en $\Lambda (xyz)$; sa différentielle sera le système :

$$\left\{ \begin{array}{lll} X + dX & Y + dY & Z + dZ \\ - X & - Y & - Z \end{array} \right. \begin{array}{l} \text{appliqué en } x + dx, y + dy, z + dz \\ \text{»} \quad \quad \quad x, \quad y, \quad z \end{array}$$

Ses éléments de réduction par rapport à Λ en négligeant les termes de second ordre

$$\begin{array}{ll} \text{Résultante} & dX, dY, dZ \\ \text{Moment} & Xdy - Ydx, Ydz - Zdy, Zdx - Xdz \end{array}$$