

# Cassirer. La théorie de la relativité d'Einstein (Berlin, 1921)

Œuvre XX, Cerf. (2000), trad. J. Seidengart.

Hommage d'Einstein, p.8 intro.

## INTRODUCTION.

Alors, les empiristes et positivistes (ex. Reichenbach) estiment que « la théorie relativiste de la gravitation, sous tendue de géométrie non euclidienne, avait sonné le glas de la philosophie kantienne de la connaissance » (Seid. 8) ; ceci à cause de la *forme a priori de notre intuition* invalidée.

Sans doute faut-il rompre avec certains énoncés kantien selon lesquels « la géométrie euclidienne doit seule convenir *a priori* à la physique » (9)

Cassirer s'emploie à montrer que les fondements de la philosophie critiques restent intacts.

« Cassirer montre que les concepts de la physique ne sont ni des « concepts-de –choses » (au sens du réalisme naïf), ni des copies reproduisant la représentation des données perceptives. Ce sont des constructions théoriques, de structure très complexe... Ces concepts scientifiques ne portent pas tant sur des objets que sur des mesures effectuables sur des réalités physiques »

Cassirer insiste pour rejeter toute continuité entre la connaissance courante et la connaissance scientifique, contrairement à Meyerson.

Max Plank : « N'existent [au sens physique du terme] que ce qu'on peut mesurer » (cit. p. 10)

« Le seul danger pour la pensée scientifique est de considérer que, à un certain stade, ses instruments intellectuels expriment de façon définitive la réalité ultime des choses ». (10)

Ceci rend problématique le concept de vérité scientifique. Cassirer distingue « l'absoluité des choses et l'objectivité de la connaissance » (11). La permanence des choses en soi est certes perdue, mais pas la constance des lois nécessaires. Cette nécessité n'est pas acceptée par le scepticisme moderne.

L'objet dans l'idéalisme critique n'est pas une réalité ultime et naturelle, mais il est constitué comme objet par « l'unité synthétique du concept » (12)

On peut lire le beau passage de Hertz sur les trois (et vient une quatrième) image de la réalité physique. (p. 12)

Ce n'est pas l'expérience qui constitue le fait physique. Cassirer défend « le rôle constituant et constructeur de l'esprit, tant dans l'établissement des faits que dans leur interprétation » (13)

« L'expérience n'est que la cause *déclenchante* des activités judicatives et constituantes de la pensée » (13).

Selon Cassirer, à propos de la vitesse invariable de la lumière (non additionnelle), « Einstein transforma le problème en postulat » (14).

Bonne expression : « sur le plan épistémologique, la « relativisation » de l'espace et du temps se traduit par un progrès dans l'objectivation de la pensée scientifique (entendu dans son universalité), puisque désormais les lois de la nature restent valides pour tout système inertiel » (15).

On gagne en domaine de légitimité ; on rend ainsi plus objectif, car *plus englobante*..

« Cassirer déréifie le concept d'objectivité...c'est la pensée qui constitue et met en forme les lois de la nature nécessaires et universelles » (cité p. 15)

Avec la R. Générale, cette objectivation (dans ce sens) ira bien plus loin ; « elle constitue un pas décisif dans la tâche générale d'objectivation » (16). Elle repose sur l'identification de la masse inertielle et de la masse grave (un *ignorabimus* newtonien qui déjà avait été critiqué par Kant ; cf. cit. p 16).

*Pour la RG, les effets gravitationnels ne font que manifester l'inertie des corps dans un espace-temps affecté dans ses propriétés métriques par la présence de la matière. Dès lors, les lignes droites et parallèles perdent toute signification, il convient d'employer les coordonnées curvilignes de Gauss pour déterminer les propriétés de l'espace-temps qu'elles permettent de repérer. Voir la formule générale du potentiel de gravitation. (16)*

*« Ce sont donc les mêmes déterminations qui désignent et expriment, d'une part les propriétés métriques de l'espace quadridimensionnel et, d'autre part, les propriétés physiques du champ gravitationnel » (c'est assez exagéré mais bon.) (Cassirer cité p.16)*

Le désaccord est grand avec les empiristes (et d'un autre côté avec les sceptiques ou avec les réalistes naïfs). Ceux-ci avancent que le sens d'un concept physique n'est pas à chercher ailleurs que dans ses applications proprement expérimentales. (ce qui revient au projet de rabattre la philosophie sur la science). Cassirer, en idéaliste critique oppose que le sens des concepts scientifiques est et doit être nécessairement établi, avant leur emploi, par la pensée qui les a organisés dans une structure cohérente. La méthode de l'idéalisme critique consiste à dégager de l'histoire effective des théories scientifiques la pensée qui les a produites, et à retrouver en celle-ci la fondation formelle de leur validité. (on notera que Meyerson estimait cette quête bien improbable).

Seidengard souligne que « Kant a toujours refusé de faire de l'espace et du temps des choses en soi ou des objets empiriques donnés : « L'espace est simplement la forme de l'intuition extérieure, mais non un objet réel qui puisse être donné extérieurement » (*Dialectique transcendantale*, dans la *Critique de la raison pure*, cité p. 19).

Cette « forme spatiale peut bien changer et c'est ce qui advient avec la RG ». Cassirer veut soutenir que le nouvel espace-temps peut bien constituer une nouvelle forme *a priori*.

« Veut-on mettre l'espace et le temps en dehors de tous les phénomènes, il en résulte toutes sortes de déterminations vides de l'intuition externe, qui ne sont cependant pas des perceptions possibles » (cité par Cassirer, et par Seid. P. 20, n.1)

## Concept de mesure et concept de chose

« Il est clair que des concepts comme ceux de masse ou de force, d'atome ou d'éther, de potentiel magnétique ou électrique, ou même comme des concepts de pression ou de température, ne sont de simples concepts de choses, ni des reproductions de contenus concrets donnés dans la perception. Nous avons affaire, non pas à des reproductions de simples choses ou de sensations, mais à des propositions ou à des constructions qui sont destinées à transformer ce qui est purement sensible en quelque chose de mesurable et, seulement ainsi, en un « objet de la physique ». (p.36)

Planck « n'existe que ce qu'on peut mesurer ». (36)

La réalité du physicien s'impose ...comme un ensemble de symboles abstraits de la pensée qui servent à exprimer des rapports déterminés de grandeur et de mesures etc. (37)

Référence à Duhem (37)

L'espace et le temps ne sont pas des concepts de choses mais de purs concepts de mesure. (37)

Un risque constant de toute l'histoire de la physique a cependant été de « transformer ...ces instruments intellectuels de mesure qui sont à la pointe de leur époque, comme l'expression définitive de la réalité ontologique » (pas seulement pour la relativité, mais avant cela : force, masse, atome etc.) (38)

C'est vrai pour la matière comme pour l'énergie : systématiquement, on a eu tendance à passer « du concept logico-mathématique au concept ontologique ». (38)

Cassirer expose l'histoire de l'atome excellemment, en notant que « la fonction de l'atome, en tant qu'ultime unité de mesure, demeure inchangée » (39)

« L'atome se présente justement, non pas comme un minimum absolu de l'être, mais comme un minimum relatif de la mesure ». (40)

Il en va ainsi du lieu qui « n'est rien » comme chose pour la physique ;

Kepler sur le lieu : »*omnis locatio mentis est opus* » !! (41)

Cassirer reprend (sans le citer) la théorie duhémienne des deux instruments : le sensible qui n'est qu'un effet de l'instrument-théorie. L'instrument de mesure est d'abord incarnation d'une pensée, d'une théorie préalable. (44)

« Ce sont les postulats et les principes qui sont les véritables instruments de mesure » (44)

## Les fondements empiriques et conceptuels de la relativité

Remarque : chercher ce qu'est le « concept critique ou sensualiste d'expérience » (47)

Sur le pb de l'empirisme (cf. Charrak) :

« La question qui tranche entre ces deux types de conceptions (l'empirisme extrême et l'idéalisme logique) consiste à savoir si la pensée se réduit à un simple enregistrement des faits ou bien si elle révèle déjà ses force et fonction particulières dans la constatation, la découverte et l'interprétation d'un « fait particulier » (47)

Mention de la doctrine platonicienne sur la question (les objets qui suscitent la réflexion et la pensée et ceux qui ne les suscitent pas), (p.48)

L'idée générale est que la pensée *dialectique* se met en marche lorsque les sensations produites par tel objet ou sensation est contradictoire (tire dans deux directions opposées).

Cassirer interprète les expériences de Fizeau d'une part, de Michelson-Morley d'autre part comme une situation de ce genre. Ces faits « tiraient dans deux sens opposés) : la première (Fizeau), donnait une vitesse de la lumière accrue selon la vitesse du courant, mais pas complètement (comme en galiléisme) ; ainsi, elle militait en faveur d'un éther partiellement entraîné par l'eau. La seconde (de M.M.) échouait à toute manifestation de l'éther. (p.49)

« Contrairement aux équations newtoniennes du mouvement, les équations fondamentales de l'électrodynamique voient leur forme s'altérer lorsqu'on [modifie] les coordonnées conformément à la transformation galiléenne » (50)

Cassirer –assez bien- montre comment furent saisis ensemble, par décision de la raison, les deux propositions (ou faits) contradictoires. Il cite Goethe : « transformer le problème en postulat ». (51)

Plus intervention de la tâche purement mathématique d'établir les formules convenables de transformation.

« Ce résultat n'a pas été obtenu à partir d'une simple accumulation d'expériences ni à partir d'essais réitérés mais il repose sur une réforme critique du système des concepts physiques fondamentaux ». (53)

Cassirer observe –et sans doute a-t-il raison- que l'avènement de la relativité mène le mécanisme à sa ruine : la figure et le mouvement ne peuvent plus être des qualités premières suffisantes des corps (des choses physiques ou des phénomènes) puisqu'ils sont variables selon le point de vue et les conditions de la mesure. Ce corps est-il une sphère ? Ca dépend. A-t-il telle étendue ? Ca dépend.

D'autres invariants s'imposent :  $c$ , l'entropie d'un corps, sa charge électrique.

Très intéressant : Cassirer oppose les deux *théories*, celle de Lorentz et celle d'Einstein, qui ont les mêmes équations mais pas les mêmes concepts-principes.

« Il n'était pas possible de décider expérimentalement entre la théorie de Lorentz et celle d'Einstein. Les défenseurs de la nouvelle doctrine durent, par conséquent, faire appel à des fondements philosophiques généraux... Ils durent faire ressortir les avantages qu'elle possédait sur l'hypothèse de Lorentz du point de vue de la théorie de la connaissance et de son caractère systématique » (p. 55)

Citer la suite et surtout la citation de Lorentz (note 2, p.55)

Minkowski réfute la théorie de Lorentz car elle doit faire appel à une contraction comme un « don du ciel » et non comme un véritable fait physique. (cf. p.56)

Toute la suite est excellente, avec référence à Leibniz :

« Leibniz répondait à Clarke que rien de ce qui était à l'extérieur de la sphère de l'observation ne possédait fondamentalement d' »être », au sens physique du terme : *quand il n'y a point de changement observable, il n'y a point de changement du tout* (p.56).

- Sur la vitesse de la lumière.

« Du point de vue de la TRG, la loi de la constance de la vitesse de la lumière dans le vide ne possède plus une validité illimitée. Selon la TRG, la vitesse de propagation de la lumière devient plutôt dépendante du potentiel de gravitation et elle doit, pour cette raison varier en général en fonction du lieu. .. On ne doit la considérer comme constante que lorsqu'on envisage des régions ayant des potentiels de gravitation constants » (p.57)

« C'est le plus beau sort d'une théorie physique que d'ouvrir la voie à une théorie plus vaste dans laquelle elle continue à vivre comme cas limite » (Einstein cité p.58)

Cassirer défend, qu'en tant que théorie d'invariance, la RR n'a pas détruit ou sapé les lois de la nature, mais plutôt rehaussé, mené à un état plus élevé et plus général. (p.59)

- Sur l'objectivité

« On atteint et on connaît l'objet, non pas parce que nous partons des déterminations empiriques pour nous élever vers ce qui n'est plus empirique, vers ce qui est absolu et transcendant, mais parce que nous unifions la totalité des observations et des déterminations métriques données dans l'expérience en un seul tout, clos sur soi-même »... Ce que réalise la TR. (p.60)

## Matière, éther, espace

En plus du temps et de l'espace, « Kant a même tenté de déduire et de construire *a priori*, dans ses *Premiers principes métaphysiques de la science de la nature*, le concept de « matière » en tant que concept fondamental et nécessaire de la physique » (p.75)

Ce n'est plus tenable.

*« Dans sa refonte des principes de la mécanique, Hertz a distingué trois images de genre (au sens de transcription philosophique). La première est fournie par le concept newtonien qui prend pour base les concepts d'espace, de temps, de force et de masse en tant qu'ils sont des représentations données ; la deuxième laisse intacts les présupposés sur l'espace, le temps et la masse mais elle substitue, au concept de force comme « cause mécanique de l'accélération » le concept général d'énergie qui se subdivise de son côté en deux formes distinctes : l'énergie potentielle et l'énergie cinétique. Ici aussi nous avons quatre concepts fondamentaux qui sont indépendants les uns des autres, mais dont les relations mutuelles doivent constituer le contenu de la mécanique. La troisième image de la mécanique, c'est celle qui a ensuite été formée par Hertz, image au sein de laquelle le concept de force ou d'énergie est abandonné, en tant qu'idée fondamentale et indépendante et la construction de la mécanique n'est accomplie qu'à l'aide de*

*trois idées fondamentales et indépendantes les unes des autres : l'espace, le temps et la masse. »*  
(p. 76)

Ceci est remis en cause par la relativité.

Encore ceci :

*« [La physique moderne] semble s'acheminer de nouveau vers la voie qui conduit à Descartes – non certes sur le plan de son contenu- mais du point de vue méthodologique. [...] dépasser le dualisme de l'espace et de la matière »* (p. 78)

*« Entre la matière et l'espace vide, il existe maintenant un nouveau concept qui opère la médiation à savoir le concept de champ. »* (id)

La suite est remarquable !

Faraday : on ne doit pas fonder le concept de champ de force sur la matière, mais au contraire la matière est un état particulier du champ. (78)

Le champ n'a pas besoin d'un substrat, d'une matière pour exister (l'éther), mais c'est encore l'inverse c'est la matière qui est un « produit du champ ».

A propos de la relativité générale, Cassirer écrit : « Ce sont les mêmes composantes (valeurs des dix fonctions du potentiel de gravité) qui désignent et expriment, d'une part les propriétés métrique de l'espace quadridimensionnel et d'autre part les propriétés physiques du champ gravitationnel ». (79)

« Désormais, toute dynamique tend à se réduire à une pure métrique »

« Le Monde, comme l'écrit Weyl dans sa présentation de la théorie de la relativité générale, est une variété métrique à (3+1) dimensions ; tous les phénomènes physiques sont des extériorisations de la métrique du monde [...] Le rêve cher à Descartes de constituer une physique purement géométrique semble se réaliser à merveille, mais d'une manière qu'il aurait été incapable de prévoir » (1920, cité p. 79)

Leibniz tente de surmonter ce dualisme (matière – force) au bénéfice de la force, mais comme il distingue *force vive* et *force passive*, la première comme tendance au changement, la seconde comme résistance, il n' en fait que déplacer le dualisme. (80)

Le grand dualisme newtonien est remis en cause par Herz, mais cette fois, au bénéfice de la masse (la matière ?). Bien sûr, il ne faut pas s'en tenir à « la masse qui est grossièrement décelable par les sens », en supposant des « masses cachées » et des « mouvements cachés » (80)