

Les fondements méthodologiques de la mesure de temps

高橋 克也

Katsuya TAKAHASHI

Comment est-il possible de mesurer le temps ? C'est une question intéressante du point de vue épistémologique. On ne peut jamais observer directement la durée du temps (ce qu'on observe n'est que le changement physique des choses) ; néanmoins, on est convaincu qu'on sait mesurer la longueur objective du temps et on en parle constamment, tant dans la vie de tous les jours que dans les sciences exactes de la nature. Qu'est-ce qui justifie l'idée de la mesure de temps et dans quel sens le temps mesuré est dit objectif?

Nous allons voir les études que les philosophes Kant, Schlick et Carnap ont laissées s'agissant ces questions. Les réponses qu'on trouve dans ces études contiennent des leçons importantes touchant la méthode de la mesure ainsi que la nature de l'objectivité qui y est envisagée. L'objectif final de notre essai consiste à expliciter ces leçons sous formulations simples et à mettre en évidence la signification épistémologique qu'elles comportent. La théorie de Kant sur la connaissance du temps est profonde, mais sa discussion est loin d'être riche lorsqu'il s'agit de la méthode concrète de la mesure. Sur ce point, il nous semble que les philosophes du Cercle de Vienne (Schlick et Carnap) offrent des observations lucides. Il vaut donc mieux examiner les vues des philosophes Viennois en premier lieu. Toutefois, la plupart de leurs travaux qui importent pour notre problématique, à savoir les travaux épistémologiques à proprement parler, n'appartiennent pas à l'époque de Vienne. Nous parlerons des « Viennois », tout en notant qu'il s'agit en réalité des travaux dans lesquels les philosophes du Cercle de Vienne se sont engagés en dehors de Vienne. Un cours donné par Carnap, intitulé : *Fondations philosophiques de la physique*, est un bon point de départ. Ce cours mérite une lecture attentive, non seulement parce qu'il fait remarquer les règles méthodologiques ayant rapport à la mesure de temps, mais aussi parce que ces règles ressemblent, dans leur idée fondamentale, aux règles kantienne nommées « les schèmes purs ». Apprendre la vue carnapienne facilitera la lecture de la théorie de Kant. Cependant, il nous semble que Carnap ne comprenne pas adéquatement la nature de ses propres règles ; il en exagère le caractère pragmatique et conventionnel. Un

* たかはし・かつや
埼玉大学大学院人文社会科学部研究科教授

article de Schlick nous permettra de reconnaître un facteur négligé dans le cours de Carnap et préparera ainsi à une comparaison significative des Viennois et de Kant. À la lumière des points de vue obtenus depuis les épistémologies Viennoises, nous effectuerons ensuite la lecture des textes kantien relatifs à la « substance », le concept kantien désignant le substrat de toute détermination objective du temps. Ces lectures ainsi achevées, nous en tirerons deux leçons cruciales, lesquelles nous appellerons respectivement « le concept relatif de constance » et « le principe de la constance globale ». Le problème du statut épistémologique de ces deux idées constitue le sujet de notre discussion dans la section finale. Sans sous-estimer la profondeur des points de vue des Viennois, nous argumenterons que les deux idées incarnent une rationalité méthodologique qui ne se réduit pas à la conception pragmatiste. La rationalité qu'on rencontre ici est plutôt constitutive de nos activités de la recherche et est digne de la qualification de « synthétique *a priori* ».

1 Mesurer le temps – le pragmatisme carnapien

Puisque la longueur du temps est une sorte de grandeur extensive, il faut d'abord apprendre la méthode pour définir un concept de grandeur extensive. Carnap observe que « notre schème pour la mesure de toute grandeur extensive » (Carnap, 1966, p.73) consiste dans les trois règles suivantes :

Règle 1 : la règle de l'égalité. Cette règle stipule qu'une certaine relation constatée entre deux objets doit signifier l'égalité de ces deux à l'égard de la grandeur en question. Par exemple, quand il s'agit de la longueur spatiale, on définit l'égalité de deux objets par la coïncidence de deux segments de droite (reconnus sur les objets) à toutes les deux extrémités. On peut définir l'égalité de poids en stipulant que les deux objets s'équilibrant sur une balance ordinaire doivent être dits égaux.

Règle 2 : la règle de l'additivité. C'est cette règle qui constitue la signification propre du concept de grandeur *extensive*. Elle énonce que si un objet est composé de deux composantes, la valeur de la grandeur assignée à cet objet est la somme arithmétique des valeurs de grandeur assignées aux deux composantes. Par exemple, si l'on joint deux segments de droite bout à bout en sorte qu'ils constituent ensemble un nouveau segment de droite, on constatera que la longueur du segment ainsi composé est égale à la somme des longueurs des deux segments le composant. Cette propriété touchant la grandeur est nommée « additivité ». Il faut faire attention pour ne pas tenir cette propriété pour acquis dans tous les cas, car toute sorte de grandeur ne se comporte pas de la sorte. Les grandeurs dites *intensives*, comme la température ou la densité, ne sont pas additives. L'additivité dépend également de la façon dont on

« compose » les objets. Si l'on joint les deux segments de droite mais formant par là une ligne brisée, alors la distance entre les deux extrémités de la ligne composée ne sera plus égale à la somme des longueurs des composantes. La règle 2 veut dire donc qu'on doit trouver un type de phénomène approprié et une procédure adéquate de composition en sorte que le résultat de la composition concorderait avec l'idée de l'additivité.

Règle 3 : la règle de l'unité. Cette règle indique de choisir une base qui va servir d'unité de valeur pour la grandeur. Généralement, on choisit pour la base un objet ou un processus naturel qui peut être facilement reconnu ou reproduit. Le mètre étalon que l'on utilisait autrefois pour le standard de la longueur est un exemple connu. En stipulant qu'un objet choisi doit représenter l'unité de grandeur de référence, la valeur de la grandeur que l'on va assigner à une autre chose sera désormais exprimée par le nombre des unités que celle-ci inclut.

Telles sont les règles pour définir une grandeur extensive destinée à l'usage empirique. Il est à noter que des règles analogues à la règle 2 (l'additivité) et à la règle 3 (l'unité) se trouvent dans le système kantien. Le schème pur de la grandeur correspond à la règle 3 et le principe de la grandeur correspond à la règle 2, peut-on dire¹. Mais les règles 1 et 3 de Carnap se rapportent, outre au concept de grandeur, à un autre concept qui est également fondamental dans le système kantien : la substance. Comme le suggère la règle 3, un objet ou un processus qu'on utilise pour la base d'une mesure est d'ordinaire quelque chose qu'on peut facilement reconnaître ou reproduire. Par exemple, pour mesurer la longueur spatiale, on utilise un corps rigide. La mesure du poids emploie un corps également rigide en supposant que la masse de ce dernier ne change pas sans raison visible. Les conditions présupposées dans ces choix concernent plus ou moins ce que Kant désigne par son schème de la substance, à savoir, la « permanence ». La règle 1 a également affaire avec la question de la substance. En effet, la comparaison de deux longueurs présuppose que les objets comparés, tel qu'une barre en métal, ne changent pas de grandeur à travers le déplacement dans l'espace². Ce présupposé n'implique-t-il pas l'idée du « permanent » ? D'autres grandeurs extensives suscitent la même sorte de question. Or, ce que nous désirons déterminer, c'est la méthode pour choisir adéquatement la base « permanente » d'une mesure et la justification de cette méthode.

Il est raisonnable de confronter cette question par rapport au problème de la mesure de temps, car Kant souligne que la signification de son principe de la substance consiste

¹ Le schème pur de la grandeur consiste à compter le *nombre* des unités (A142/B182) et le principe de la grandeur enseigne que les phénomènes sont (à l'égard des formes spatio-temporelles) grandeurs extensives. La grandeur extensive est, selon la formulation kantienne, la grandeur « dans laquelle la représentation des parties rend possible la représentation du tout » (A162/B203).

² Cf. Schlick, 1918/1925, p.309, fr.p.377 ; Schlick, 1922, p.238.

principalement à assurer la possibilité de la *détermination du temps*.

Le schème de la substance est la permanence du réel dans le temps, c'est-à-dire la représentation de ce réel, comme d'un substrat de la détermination empirique du temps en général, substrat qui demeure donc, pendant que tout le reste change. (A144/B183)

« La détermination empirique du temps » signifie par exemple la distinction de la succession et de la simultanéité. Mais il est clair que Kant entend par ce terme la mesure du temps aussi ; il précise que le permanent, c'est-à-dire la substance, est le substrat sur la base duquel il devient possible de parler de la grandeur de durée.

C'est par le permanent seul que l'*existence* reçoit dans les diverses parties successive de la série du temps une *grandeur* que l'on nomme *durée*. (A183/B226, souligné par Kant)³

Cependant, l'exposé du principe de la substance chez Kant est loin d'être claire. Il n'explique pas concrètement comment le permanent sert de base pour la mesure de temps, ni même ce que « le permanent » signifie exactement. Le fait que ce philosophe identifie le principe de la substance avec la conservation de la quantité de matière semble augmenter la difficulté plutôt que la diminuer. L'éclaircissement carnapien de la mesure de temps nous donne-t-il une perspective qui nous permettrait d'examiner et d'évaluer correctement la théorie kantienne ? La réponse est positive. Étudions le point de vue de Carnap sur la mesure du temps.

Carnap remarque que, dans le cas du concept de temps, la règle 1 (l'égalité) et la règle 3 (l'unité) ne sont pas aussi simples que dans le cas du concept de longueur spatiale. Surtout, la décision sur l'unité semble impliquer une difficulté particulière. Depuis longtemps, l'être humain continue à profiter des phénomènes périodiques pour déterminer la longueur du temps. Les périodes d'un phénomène de ce type sont censés servir d'unités du temps. Cependant, on ne peut pas savoir si les périodes en question ont toutes une même longueur. On penserait à comparer les périodes successivement parcourues par un pendule, mais c'est une entreprise impossible. On a beau essayer de comparer une période et la période précédente, cette dernière appartient déjà au passé. Cette difficulté qui est caractéristique à la mesure du temps a été

³ Voir aussi le passage suivant : « ... nous ne pouvons représenter le temps, qui n'est cependant pas un objet de l'intuition externe, autrement que sous l'image d'une ligne, en tant que nous la tirons, et ... sans cette sorte de présentation, nous ne pourrions pas du tout connaître qu'il n'a qu'une dimension ; pareillement devons-nous prendre la détermination de *la longueur du temps* ou encore des époques pour toutes les perceptions internes, toujours à partir de ce que les choses extérieures nous présentent de changeant ... » (B156, souligné par Takahashi).

formulée sans doute le plus franchement par John Locke.

... cependant si l'on demandait à quelqu'un, comment il sait certainement que deux vibrations successives d'un pendule sont égales, il aurait bien de la peine à se convaincre lui-même qu'elles le sont indubitablement ; parce que nous ne pouvons point être assurés que la cause de ce mouvement, qui nous est inconnue, opère toujours également ; et nous savons certainement que le milieu dans lequel le pendule se meut, n'est pas constamment le même. ... Puis donc que deux parties de succession ne sauraient être jointes ensemble, il est impossible de pouvoir jamais s'assurer qu'elles sont égales. (Locke, 1689/1700, Book II, ch.XIV, sec.21, fr.p.332-333)

Locke mentionne d'abord le fait que la cause du mouvement du pendule nous soit inconnue et, ensuite, la variation possible des situations qui conditionneraient le fonctionnement de cette cause. Il allègue finalement un fait fondamental afin de contester la certitude de tout moyen de la mesure de temps : on ne peut pas comparer les deux parties différentes d'un processus successif, si bien qu'il n'est pas certain qu'elles soient vraiment égales. En face de cette difficulté, il se donne au scepticisme à l'égard de la mesure exacte du temps.

Carnap savait surmonter la difficulté (Carnap, 1966, pp.80-81). La solution vient d'une idée qu'on pourrait appeler « le concept relatif de constance »⁴. Au lieu de considérer l'égalité des périodes d'un seul processus périodique, il propose de comparer deux processus périodiques et de définir sur eux la relation de l'équivalence (l'application de la règle 1). Supposons deux pendules, P et P', dont les périodes diffèrent. En les mettant l'un à côté de l'autre, on observera que P oscille plus vite que P'. Mais, bientôt, on s'apercevra que la coïncidence entre les oscillations des deux pendules se produit régulièrement. C'est-à-dire qu'ayant vu P et P' commencer en même temps leurs cycles, on remarquera, après la divergence de cycles que les deux montrent pendant quelques temps, qu'ils recommencent leurs nouveaux cycles encore une fois simultanément et répètent le même processus. Par exemple, il se peut que, pendant que le pendule P oscille dix fois, le pendule P' oscille six fois et que cette proportion se maintient toujours ; cela veut dire que dix périodes de P coïncide constamment avec six périodes de P'. S'il y a de cette manière une proportion constante entre les cycles des deux processus périodiques, les deux processus sont dits alors « équivalents ». Nous retrouvons ici la leçon centrale de la méthodologie carnapienne touchant la mesure du temps. Quand on désire trouver l'unité

⁴ Carnap, 1966, p.91. Carnap mentionne « le concept relatif » explicitement lorsqu'il discute de la mesure de la longueur spatiale.

permanente du temps, ce qui compte n'est pas l'observation de l'égalité des périodes parcourues par un processus individuel (car on n'en est pas capable), mais l'observation de la constance de proportion se trouvant entre les nombres de périodes marqués par plusieurs processus périodiques. Or, si tous les pendules sont équivalents les uns aux autres dans le sens défini ici (et c'est le cas effectivement) et s'ils sont pareillement équivalents par rapport au mouvement diurne du Soleil (c'est le cas approximativement), alors on a une classe d'équivalents relativement large à l'égard du cycle de mouvement. À ce moment-là, il nous est égal de choisir le pendule P, le pendule P' ou le Soleil pour base d'unité de temps. Plus cette classe d'équivalents est large, plus notre choix est raisonnable ; un tel choix entraînera la simplicité dans les lois physiques au moyen desquelles on décrit les phénomènes de ce monde. Telles sont la stratégie et la logique que Carnap reconnaît dans l'idée de la mesure de temps.

En quoi consistent, d'après ce philosophe, les fondements qui rendent possible et efficace la solution indiquée ci-dessus ? La réponse carnapienne à cette question est, de prime abord, la même que celle que l'on trouve dans la *Théorie générale de la connaissance* de Schlick (Schlick, 1918/1925, sec.11, pp.92-93, fr., p.125). Tout comme chez Schlick, la possibilité de la mesure de temps est reliée chez Carnap à deux facteurs : le facteur empirique et le facteur conventionnel. Le premier facteur réside dans le fait qu'on trouve effectivement la relation d'équivalence entre les cycles de divers phénomènes dans ce monde.

C'est un fait de la nature qu'il y ait une très large classe de processus périodiques qui sont équivalents les uns aux autres en ce sens. Ce n'est pas quelque chose qu'on peut connaître *a priori*. On l'a découvert en observant le monde. (Carnap, 1966, p.83)

Le deuxième facteur, le facteur conventionnel, consiste à profiter de ce fait prudemment pour mettre en action le concept quantitatif du temps. Qu'est-ce qu'une convention prudente ? C'est une convention dans laquelle on choisit une très large classe d'équivalents pour décider la base. Il n'est pas impossible de choisir un processus périodique pour lequel il n'y a que très peu nombre d'équivalents. Comme Schlick le soutient, rien ne nous empêche de concevoir les pulsations de quelqu'un (celles de la main gauche du Dalai-Lama, par exemple) comme uniformes et de les utiliser comme unités du temps. (Le pouls de la main gauche du Dalai-Lama a quand même ses équivalents, tel le pouls de sa main droite.) Seulement, notre système de la physique deviendrait alors extrêmement compliqué et la description des phénomènes par ce moyen serait fort difficile. Dans la description normale, on dit que le Dalai-Lama a un pouls rapide quand il court. Mais, dans la description basée sur son pouls, il faudrait exprimer la

même chose en disant que tous les autres processus dans le monde, sauf le pouls de Dalai-Lama, se déroulent maintenant plus vite qu'avant. Le changement de vitesse de cette sorte se produirait très souvent à l'échelle globale. En raison de cet inconvénient au niveau de la description, la convention basée sur ce choix doit être dite imprudente ; il vaut mieux l'éviter. Cependant, l'inconvénient qu'on voit ici ne doit pas amener à conclure à la fausseté de la description basée sur ce choix. Carnap souligne ce point en prenant pour exemple « ma pulsation ».

On ne peut pas dire que le pendule constitue le choix « correct » pour la base de notre unité de temps et que ma pulsation constitue le choix « erroné ». Aucune différence du correct et du erroné n'est ici en question parce qu'aucun de ces deux cas n'entraîne contradiction. Il s'agit simplement de choisir entre une description simple et une description compliquée du monde. (Carnap, 1966, p.83)

On n'est pas obligé de choisir la description simple. Carnap suggère qu'il est même possible de choisir un processus qui n'a aucun équivalent (comme le cycle selon lequel un Monsieur Smith sort de chez lui). Évidemment, le résultat serait fort ennuyeux, mais il ne faut pas le juger faux. Si une hypothèse fondamentale se qualifie de rationnelle, ce n'est que parce qu'elle entraîne une simplicité pour la théorie physique qui en résulte.

Telle est la vue carnapienne sur les fondements méthodologiques de la mesure de temps. On voit que cette vue désire justifier la méthode de la mesure en la reliant, par l'intermédiaire du concept de convention, à la conception pragmatiste de la rationalité⁵.

Mais la rationalité déterminant la méthode exposée ici se résume-t-elle vraiment en conception pragmatiste ? N'y a-t-il pas de facteur, dans les fondements de cette méthode, qui incarnerait la rationalité ayant une autre nature que celle pragmatique ? Autrement dit, n'y a-t-il pas ici, contrairement à la vue carnapienne, un facteur qui serait constitutif de la recherche de la connaissance et incarnerait en ce sens la rationalité intrinsèque ? Il nous semble que l'idée méthodologique que nous avons appelée « le concept relatif de constance » n'est pas encore suffisamment approfondie et qu'elle mérite l'examen détaillé de ce point de vue. Essayons de voir la nature de ce concept de plus près.

2 Le concept relatif de constance – une leçon de Schlick

⁵ Nous distinguons deux sortes de rationalité à l'égard des normes épistémiques : la rationalité intrinsèque et la rationalité pragmatique. Cf. Takahashi, 2012.

Le mérite du concept relatif de constance consiste à permettre de surmonter le cercle vicieux qu'on rencontre à l'égard du concept de constance. En général, pour que la mesure d'une grandeur devienne possible, on doit choisir une base ayant « constance » et définir par elle l'unité de cette grandeur. Dans le cas de la grandeur du temps, on cherche à trouver la base constante d'habitude dans l'uniformité des périodes d'un processus périodique. Dans le cas de la longueur spatiale, c'est la rigidité d'un corps qui doit servir de base constante. Or la difficulté consiste dans le fait qu'on ne soit pas certain qu'un phénomène individuel apparemment constant l'est vraiment. On ne peut pas dissiper l'incertitude en mesurant le phénomène, car c'est pour se procurer la base de la mesure qu'on examine maintenant ce phénomène.

Comment le concept relatif de constance nous permet-il de sortir de ce cercle vicieux ? D'après ce que Carnap remarque sur le problème de la rigidité, la méthode basée sur ce concept se compose de deux composantes.

La première composante constitue la procédure centrale de cette méthode. Elle nous indique de constater l'équivalence (dont un exemple est l'égalité) d'une grandeur entre deux phénomènes du même type au lieu de tâcher de la constater dans un phénomène individuel. En appliquant cette procédure répétitivement, on découvrira une large classe d'équivalents. Parmi les membres de cette classe, on choisit librement un et stipule qu'il doit être constant à l'égard de la grandeur en question. Comme on le voit, la « relativité » mise en avant dans cette méthode ne veut pas dire simplement que la constance d'une chose dépend des points de vue. Elle veut dire plutôt que la constance observable ne se trouve pas dans une chose individuelle mais dans le rapport (ou la proportion) qu'entretiennent plusieurs choses les unes aux autres.

Une fois la base de mesure choisie, on doit prendre une autre décision, qui constitue la deuxième composante du concept relatif de constance. La question est de savoir s'il faut considérer la base comme constante indépendamment de tout facteur qui peut éventuellement l'influencer, ou bien il faut la considérer comme susceptible du changement. Supposons qu'on prenne une barre en métal comme base de la longueur. Il est concevable que cette barre change de longueur en raison des facteurs qui l'entourent, telle que la température, le champ magnétique, etc. Mais, quand on adopte le premier choix, on soutient que la longueur de la barre ne change jamais sous ces influences physiques. Ce choix n'est pas erroné. Seulement, la description physique du monde deviendrait alors très compliquée. Par exemple, si la barre s'échauffe, tous les autres objets deviendraient plus petits selon cette description. Cette décision n'est jamais prudente. Les scientifiques aiment plutôt adopter le deuxième choix, lequel consiste à admettre que la grandeur de la base peut changer selon les situations. On ne soutient plus alors la constance absolue. On affirme la constance en la soumettant à des conditions

physiques, lesquelles peuvent être nommées les « facteurs de correction » (Carnap, 1966, p.94). En mentionnant ces facteurs, on stipule par exemple que la barre en métal doit avoir la longueur standard quand elle a une température déterminée. Cette décision est beaucoup plus raisonnable. Mais Carnap n'oublie pas de remarquer qu'il s'agit ici aussi d'une question pragmatique. On recommande d'adopter le concept de facteurs de correction, mais ce n'est qu'en raison de la simplicité des lois physiques qui en résultent.

La circularité ne menace plus la tentative de la mesure quand on suit la méthode ayant ces deux composantes. D'abord, la méthode nous garde de la suspicion de l'arbitraire en reliant le concept de constance à la pluralité des objets qui en témoignent. Ensuite, la collaboration des deux composantes renforce et complète cet avantage. Effectivement, il est très important d'étudier des facteurs physiques qui peuvent influencer le comportement de la base de mesure. Cela permettra d'améliorer ou de renouveler la définition de l'unité. La définition renouvelée, à son tour, rend possible des études physiques plus sophistiquées. Ce qu'on a ici n'est pas le *cerclé vicieux* ; c'est le *cycle de progrès* basé sur la promotion réciproque de la définition et de l'étude positive.

Le concept relatif de constance est tellement raisonnable et rationnel. Mais il nous semble que Carnap n'est pas toujours fidèle à ce concept et que sa déclaration officielle du pragmatisme se base dans une large mesure sur cette incohérence.

La composante centrale de ce concept enseigne que la constance n'a pas de sens tant qu'on en parle à propos d'un objet individuel. La constance phénoménale qui seule nous est accessible est la constance d'un rapport qu'on observe entre plusieurs objets. Or, tout en relevant l'importance de cette idée, Carnap remarque qu'il est logiquement possible de choisir pour base un objet qui n'a aucun équivalent (comme le cycle de la sortie de Monsieur Smith). Ne se met-il pas en contradiction ? N'exagère-t-il pas le caractère conventionnel de la définition de l'unité au profit de son pragmatisme ? Sans doute, il n'est pas impossible de choisir la sortie de Monsieur Smith pour base du temps si l'on veut simplement décrire l'histoire des événements ayant lieu autour de lui. Mais il n'est pas certain si l'on peut décrire en pratique l'histoire du monde en se référant à cette base du temps. En effet, il faut dire (sans mettre en question la durée courte de la vie de Monsieur Smith) que le cycle de cette base n'a aucun équivalent auquel on pourrait se référer dans des villes se trouvant loin de chez Monsieur Smith. Surtout il est douteux, nous semble-t-il, qu'on puisse créer à ce moment-ci une description « scientifique » de la nature. Le caractère local de la sortie de Monsieur Smith ne fait-il pas un problème fatal pour les scientifiques, lesquels désirent trouver des lois de la nature ayant validité indépendamment des lieux ? Carnap ne trahit-il pas sa propre leçon, le concept relatif de la constance, en désirent se

montrer très généreux sur la liberté du choix ?

Sur ce point, une remarque de Schlick sur une question similaire offre un point de vue très profond. Cette remarque se rencontre dans un article intitulé : « Les lois de la nature sont-elles conventions? » (1935), où l'auteur rejette le conventionnalisme extrême qui déclare conventionnelles les lois de la nature. Dans cet article, Schlick mentionne les théoriciens comme Eddington pour cible de sa critique, mais, comme le suggère une note qui y est ajoutée, le véritable rival envisagé par l'auteur est Carnap, celui-ci se présentant conventionnaliste d'un type extrême à cette époque-là (Carnap, 1934, p.133). Le point de vue avancé par Schlick en 1935 mérite de la considération même lorsqu'on examine l'argument carnapien de l'époque ultérieure. C'est le problème de la loi de l'inertie, qui figure dans la discussion de Schlick, qui nous intéresse.

Le conventionnaliste extrême argumente que la loi de l'inertie n'est qu'une convention créée par les scientifiques et que, si l'on s'interroge sur le fondement de sa vérité, on ne trouvera qu'une réponse circulaire. Comme on le sait, cette loi fait valoir que si un corps en mouvement n'est sous aucune influence de forces, il continuera à faire un mouvement uniforme, c'est-à-dire un mouvement dans lequel le corps parcourt des distances égales dans des temps égaux. Mais comment sait-on qu'un corps en mouvement n'est sous aucune influence de forces ? N'est-ce pas par le fait que le corps fasse un mouvement uniforme ? N'y a-t-il pas ici une circularité ? dit le conventionnaliste extrême. Une question similaire surgit également à propos de la notion du mouvement uniforme. On dit que le mouvement uniforme, caractéristique du mouvement inertiel, est un mouvement dans lequel le corps parcourt des distances égales dans des temps égaux. Mais comment sait-on que les intervalles temporels sont égaux les uns aux autres ? N'est-ce pas par référence au mouvement inertiel ? Le mouvement uniforme, qu'on va attribuer au mouvement inertiel, ne peut se définir que sur la base du mouvement inertiel. En ce sens aussi, la loi de l'inertie ne consiste que dans une définition arbitraire, ce qui revient à dire qu'elle est une tautologie. Tel est l'argument du conventionnaliste extrême. À l'encontre de cette vue, Schlick fait remarquer que ce ne sont pas les mouvements inertiels pris isolément que l'uniformité en question concerne ; celle-ci n'est significative en réalité que si plusieurs mouvements de la même sorte sont en concordance mutuelle.

On a encore, dans la loi de l'inertie, le problème du « mouvement uniforme », c'est-à-dire, d'un mouvement dans lequel des distances égales sont parcourues dans des temps égaux. Eddington fait remarquer que la définition des « temps égaux » présuppose à son tour la loi de l'inertie et qu'il s'agit donc d'une circularité ou d'une tautologie. Certes, il est vrai qu'on

détermine les temps égaux pratiquement en s'appuyant sur des mouvements inertiels (par exemple, la rotation de la Terre) ; dans le cas de ceux-ci, on considère comme « égaux » les temps dans lesquels des distances égales (ou des angles de rotation égaux) sont parcourues. Néanmoins, on a tort d'en conclure le caractère définitionnel du principe de l'inertie. Le mouvement d'*un* seul corps suffit certainement pour la définition des temps « égaux » ; pourtant, si les temps, qui sont égaux selon la définition basée sur un corps mobile « libre de l'influence de force », sont également égaux par rapport à un *autre* corps mobile quelconque « libre de l'influence de force », ce ne peut être qu'un fait qu'on apprend par expérience. Et c'est plutôt ce fait de l'expérience qui doit être exprimé par la proposition de l'inertie. (Schlick, 1935, p.764)

Dans cette remarque, Schlick défend de la façon convaincante la loi de l'inertie contre l'interprétation conventionnaliste. Cette défense contient une leçon importante sur la définition des « temps égaux », laquelle est indissociable de la loi en question. Schlick admet que le concept de temps égaux se définit sur la base d'un objet individuel. Mais il souligne immédiatement que cet objet doit pouvoir trouver ses équivalents dans d'autres objets individuels. C'est en ce sens que la loi de l'inertie est dite une loi de la nature ; elle n'est pas une simple tautologie. Du même coup, la définition des temps égaux n'est pas non plus une tautologie. Car elle se base sur le fait que le temps figure dans la loi de l'inertie comme paramètre indispensable (impliqué dans le concept de vitesse) et que cette loi est une véritable loi de la nature. Ici, la vue schlickienne sur la mesure du temps n'est plus la même que celle qu'on trouve dans la *Théorie générale de la connaissance*. Tandis que le traité de l'année 1918 mentionne la possibilité de choisir le poulx du Dalai-Lama pour la base de la mesure, l'argument dans l'article de 1935 semble l'exclure et valider uniquement des bases ayant de grandes classes d'équivalents. Plus précisément, Schlick met ici en valeur deux paires de notions inséparables. Premièrement, ce sont l'existence des lois mécaniques de la nature et la possibilité de la détermination du temps (cela veut dire que le temps doit figurer dans les formulations de celles-ci comme paramètre). Deuxièmement, la première (l'existence des lois) et l'existence d'une très grande classe d'équivalents sont également inséparables (car, si une loi de la nature ne se comporte pas de la façon commensurable à travers différents lieux, peut-on dire alors qu'il s'agit bien d'une loi de la nature ?). En conséquence, il faut dire que la base de la mesure de temps doit partout avoir ses équivalents et le nombre de ceux-ci doit être large.

Bien que Schlick ne développe pas très explicitement la leçon telle qu'elle est paraphrasée par nous, nous croyons que celle-ci peut être tirée légitimement de la remarque de ce philosophe

et que cette leçon est juste.

La leçon est importante non seulement pour la composante centrale du concept relatif de constance, mais aussi pour la deuxième composante de ce concept. Nous avons vu que l'idée des facteurs de correction consiste à considérer la constance comme conditionnelle ou hypothétique. Elle soumet la constance de l'objet, conçu comme base de mesure, à certaines conditions (telle que la température ou la pesanteur) dont les effets sur cet objet doivent nous être connaissables sous quelques formes de lois physiques. Cela veut dire que l'objet en question doit être susceptible de l'étude en termes des lois physiques. Qu'est-ce que cela signifie? Supposons que le cycle du pendule A est censé être la base de la mesure de temps. La pesanteur sera alors un facteur de correction important. De ce point de vue, on stipulera par exemple que l'unité du temps doit être le cycle d'oscillation que le pendule A montre là où la valeur de l'accélération de la pesanteur est telle ou telle. Manifestement, cette précision de condition présuppose l'étude mécanique du pendule *en général*. En d'autres termes, elle présuppose l'étude comparative de plusieurs pendules. On voit donc qu'il est nécessaire, pour introduire les facteurs de correction, de choisir pour base un objet individuel appartenant à une (grande) classe d'équivalents.

Comme Carnap le remarque, il y a un autre choix outre l'introduction des facteurs de correction. Au lieu d'adopter l'idée de ces facteurs, on peut stipuler que la base d'une mesure doit être constante indépendamment des situations physiques. Par exemple, la période du pendule A est censées être la même en toute situation physique. Effectivement, la description des lois physiques et des phénomènes seraient très compliquée sous cette supposition. Car il peut arriver que la proportion de cycles entre le pendule A et les autres pendules change souvent et qu'on ne doit pas expliquer ce décalage en termes des lois physiques ayant validité à l'égard de tous les pendules indifféremment. Néanmoins, pour autant qu'on désire formuler *les lois physiques*, on est obligé d'introduire quelque chose d'analogue au concept d'équivalent dans ce cas aussi, nous semble-t-il. Car l'idée des lois physiques exige qu'on recherche des lois universelles traversant tous les systèmes locaux et qu'à cet effet, il nous faut avoir quelques moyens (tant au niveau pratique qu'au niveau théorique) pour nous référer au comportement du pendule A dans des lieux qui en sont distants.

Toute cette réflexion nous amène à contester le pragmatisme carnapien et à conclure que le concept relatif de constance *n'est pas* une règle *facultative*. On ne peut pas se passer de l'idée de la constance de rapport, ni de celle de classe d'équivalents ou d'un semblable, pour autant qu'on désire rechercher des lois physiques de la nature. Il n'y a aucun doute à ce qu'on a affaire ici à une règle qui est constitutive (et non pas pragmatique) de la recherche scientifique de la connaissance.

3 Mesurer le temps – le rationalisme kantien

Il est maintenant temps de trouver une pensée kantienne qui peut correspondre au concept relatif de constance. Comme nous l'avions suggéré, nous croyons que l'idée analogue à ce concept réside dans le principe kantien de la substance et le détermine constamment.

3-1 L'analogie de l'expérience

Le rapprochement ne sera cependant pas très facile si l'on ne tient pas en compte au préalable que le principe kantien de la substance est une version spécifique d'un principe plus général nommé « l'analogie de l'expérience ». Nous allons d'abord comparer ce principe général avec le concept relatif de constance. Dans les *Analogies de l'expérience*, Kant présente l'idée générale dirigeant les trois principes synthétiques touchant les catégories de la relation : *substance, causalité et action réciproque*. Selon cette idée générale, « l'expérience », en tant que connaissance du monde objectif, « n'est possible que par la représentation d'une liaison nécessaire des perceptions » (B218). Ce sont les trois principes synthétiques qui nous permettent de penser la « liaison nécessaire ». Or si cette idée générale nous intéresse, c'est parce que l'argument employé par Kant pour la prouver exprime presque la même leçon que celle de Schlick. L'argument kantien exige, d'abord, que nous soyons capables de nous référer à l'ordre objectif du temps pour pouvoir posséder « l'expérience ». Puis il montre que la référence du temps objectif n'est possible que par la représentation d'une liaison nécessaire des perceptions et, par conséquent, par la pensée suivant les trois principes synthétiques. C'est le rapport du « temps » à la « liaison nécessaire » qui importe dans cet argument. Kant dit que la référence au temps objectif n'est possible que par la représentation d'une liaison nécessaire des perceptions. Qu'est-ce que cela veut dire? Nous interprétons cette thèse de la manière suivante. Comme Kant le répète, le temps lui-même ne peut être perçu (B219, B225, B233). Autrement dit, le temps lui-même ne peut être mesuré. De ce fait, le temps doit être représenté par un certain rapport (susceptible de la formulation quantitative) de divers processus phénoménaux. Ce rapport doit figurer à son tour dans quelques lois physiques qui seraient de nature globale ou universelle. Cela veut dire qu'il faut qu'on puisse relier de manière cohérente selon ces lois, eu égard à la détermination du temps, les perceptions qu'on a à divers endroits. Pour faire court, Kant affirme, tout comme Schlick, la dépendance mutuelle (mais non circulaire) des deux choses : l'existence de lois physiques ayant validité universelle, d'un côté, et la possibilité de définir un temps objectif, de l'autre côté. Le passage suivant met en avant cette leçon en résumant l'argument de « l'analogie de l'expérience ».

Mais comme l'expérience est une connaissance des objets par perceptions, que, par conséquent, le rapport dans l'expérience du divers doit être représenté en elle, non tel qu'il est assemblé dans le temps, mais tel qu'il est objectivement dans le temps, et comme le temps lui-même ne peut être perçu, la détermination de l'existence dans le temps ne peut se produire que par leur liaison dans le temps en général, par suite seulement par des concepts qui lient *a priori*. (B219)

Par l'expression : « liaison dans le temps général », Kant suggère que les lois physiques qu'on va établir doivent être de nature globale, c'est-à-dire qu'elles doivent être valides indépendamment des endroits où on fait l'observation. Ce point de vue est avancé par Schlick aussi lorsque celui-ci dit que « les temps, qui sont égaux selon la définition basée sur un corps mobile ... sont également égaux par rapport à un *autre* corps mobile quelconque [in bezug auf einen beliebigen *andern* ... bewegten Körper]... » (Schlick, 1935, p.764, souligné par Schlick). Bien sûr, il y a une différence importante entre la position kantienne et la position schlickienne. Si Schlick considère le caractère global de la loi physique comme fait empirique et contingent, Kant l'affirme en le reliant aux principes *a priori*. Mais cette divergence, ainsi que l'apparence dogmatique de l'affirmation kantienne, s'allègeront si l'on tire une nature méthodologique des principes *a priori* kantien.

L'interprétation méthodologique sur l'*a priori* kantien se justifiera par la considération du sens du terme : « analogies de l'expérience ». Voyons ce que Kant entend par ce terme.

Kant appelle « analogies » ses principes de la relation pour la raison que ceux-ci consistent tous à étudier le rapport entre deux rapports. Quatre termes y entrent donc en jeu, dont le quatrième est problématique. En mathématique, l'analogie est l'égalité de deux rapports quantitatifs ; on peut déduire *a priori* à partir des trois membres de l'analogie ($a : b = c : x$) la valeur du quatrième membre. Mais l'analogie en philosophie (y compris la science de la nature) ne nous permet pas de déduire aussi parfaitement.

Dans la philosophie, au contraire, l'analogie est l'égalité de deux rapports non *quantitatifs*, mais *qualitatifs*, dans lesquels à partir de trois membres je ne puis connaître et donner *a priori* que le *rapport* à un quatrième, mais non *ce quatrième* lui-même ... (A179-180/B222, souligné par Kant)

Qu'est-ce que « l'égalité de deux rapports qualitatifs » par exemple ? La relation de l'équivalence

dont on profite dans le concept de mesure fait un excellent exemple. En effet, quand il est question d'observer la relation d'équivalence de deux objets phénoménaux, on envisage de constater la coïncidence parallèle entre deux points d'un objet et deux points d'un autre objet. S'il s'agit de l'égalité de la longueur spatiale, on compare deux points a , b d'une barre (A) et deux points c , d d'une autre barre (B) et tente de savoir si, a étant en coïncidence avec c , b coïncide également avec d . Il s'agit ici des rapports « qualitatifs », car la distance des deux points d'une barre nous est connue de la façon perceptive ou intuitive et qu'elle n'est pas encore susceptible de la formulation en termes des chiffres. En plus, la reconnaissance de l'égalité (des deux distances) repose également sur l'observation par perception. Cela va sans dire que l'équivalence des deux pendules est aussi une coïncidence parallèle ayant quatre membres constatée intuitivement. Clairement, le comportement du quatrième terme constitue le problème crucial dans cette méthode. Si la barre A est censée être le candidat de la base de la mesure de longueur et la barre B va être comparée à A, on fera d'abord coïncider le point a de la barre A avec le point c de la barre B et tentera de savoir, ayant en vue le point c de la barre A, si le point d de la barre B (c'est-à-dire, le quatrième) coïncide avec c . Cette procédure n'est pas un raisonnement mathématique qui nous permettrait de conclure *a priori* le lieu du quatrième point. Mais on sait « *a priori* » où le quatrième doit se trouver si l'équivalence doit avoir lieu. La méthode carnapienne pour connaître la constance est donc certainement une analogie philosophique.

« L'analogie de l'expérience » est employée dans l'idée des « facteurs de correction » aussi. Ayant choisi la base et découvert sa classe d'équivalents, on peut rencontrer une petite anomalie. Par exemple, il se peut que la barre B ne coïncide pas exactement avec la barre A un jour. Alors, l'idée des facteurs de correction nous ordonnera de rechercher la cause dont cette anomalie résulte et de prendre en compte cette cause pour raffiner la définition de la constance. Aucun doute, cette procédure est une « analogie de l'expérience », car on reconnaît l'anomalie par un comportement anomal du quatrième point (d) et trouve par suite la nécessité d'une nouvelle étude. Cette étude doit naturellement s'effectuer selon le concept de causalité. Or, dans la recherche de la cause aussi, l'analogie de l'expérience sert de stratégie de base. Supposons que b ne coïncide pas avec d mais avec un autre point d' de la barre B. On a alors avec le contraste de deux rapports. D'une part, puisque b coïncide avec d dans la circonstance originiaire E, on a le rapport de d à la circonstance E. D'autre part, on cherche la cause de l'anomalie ($d-d'$) dans une circonstance inconnue (X) qui doit s'ajouter à E ; on a ici le rapport de $d-d'$ à la circonstance X. La recherche de la cause se déroulera ainsi selon un schème ayant quatre termes.

3-2 La substance et le temps

Le caractère méthodologique des « analogies de l'expérience » est désormais mis en lumière. Comment le principe kantien de la substance incarne-t-il alors le même caractère et s'approche-t-il par-là du concept relatif de la constance ? Le principe de la substance (selon la version de la seconde édition) se formule comme suit :

Dans tout changement des phénomènes, la substance persiste, et son quantum n'augmente ni ne diminue dans la nature. (B224)

De prime abord, la formulation est loin d'être riche. Quant au schème de la substance, il indique qu'on doit reconnaître la substantialité à la « permanence » de phénomènes, comme nous l'avons vu. Mais l'explication de ce schème n'est pas riche non plus et ne semble pas donner beaucoup d'aide à la compréhension du principe correspondant. À un endroit, Kant remarque qu'on découvre la permanence par « la comparaison des perceptions » (A205/B250), mais on n'y trouve pas d'éclaircissement détaillé de cette procédure. Toute explication kantienne donnée sur la substance dans la *Critique* demeure ainsi trop générale et ressemble à une spéculation métaphysique plutôt qu'à une philosophie des sciences. Néanmoins, la réflexion kantienne sur la substance se compose d'idées importantes touchant la méthodologie de la recherche de l'objectivité. En premier lieu, en cherchant la substantialité de phénomènes dans l'idée de la pluralité ou de la composition, la réflexion kantienne met en avant une notion relative de la substance. En second lieu, en reliant une loi de la conservation (la conservation de la quantité de la substance) à la détermination objective du temps, Kant suggère un schème général qu'une description théorique du monde objectif doit respecter ; il veut dire que les lois de la physique qu'on va construire doivent être susceptibles d'application globale. L'originalité de Kant par rapport à Schlick et Carnap consiste, à notre avis, dans le fait qu'il propose ce schème général comme constitutif de la recherche de l'objectivité, à savoir, comme règle *a priori*.

La raison de l'apparence abstraite qu'on trouve dans la « première analogie » consiste sans aucun doute dans le fait que Kant n'y parle pas du critère empirique de la substance. À vrai dire, il en est conscient. C'est pour cela qu'il annonce, à la fin de l'exposé, qu'il va donner une remarque nécessaire sur « le critère empirique de la permanence nécessaire » et « de la substantialité des phénomènes » dans l'exposé de la « deuxième analogie ». Quelle réponse trouve-t-on alors dans la *Deuxième analogie* ? Là, il y a une remarque passagère qui précise que c'est « l'action (*Handlung*) » qui sert de critère de la substance (A204/B249-250). La remarque

ajoute à cela que le critère basé sur l'action est plus sûr que l'observation de la permanence par la comparaison des perceptions. Malheureusement, Kant n'explique pas concrètement, ici non plus, comment reconnaître la substantialité par ce critère. Mais l'idée que « l'action » est le critère pour la reconnaissance de la substantialité nous invite à lire les *Analogies de l'expérience* à la lumière de la pensée kantienne sur la mécanique. Elle nous invite à remarquer les *Premiers principes métaphysiques de la science de la nature* (1786) que ce philosophe a publiés peu avant la deuxième édition de la *Critique*.

Comme Jules Vuillemin le souligne très justement, ce qu'on peut apprendre par les *Premiers principes* à propos de la « substance » kantienne, c'est entre autres la pluralité de la substance ou, plus précisément, la relativité de substance basée sur la pluralité (Vuillemin, 1955, p.263). L'idée de la relativité de la substance s'avère de la façon la plus significative lorsque le philosophe décide d'estimer la quantité de la substance en termes de la quantité de mouvement. Ayant la nature vectorielle, la quantité de mouvement ne se détermine que relativement à des rapports mutuels de corps, exprimés par référence à un référentiel. Elle représente le caractère relatif (relationnel) de la substance aussi en vertu du fait que la loi de la conservation de quantité de mouvement nous amène immédiatement à la loi de l'action et de la réaction (Vuillemin, 1955, p.270, p.286).

La pluralité est cruciale pour la substantialité chez Kant. On le saura si l'on se rappelle qu'il y a certaines entités qui sont substances selon la métaphysique traditionnelle et qui ne le sont pas véritablement selon la philosophie critique. C'est notamment la monade ou l'âme. Le concept kantien de substance fait valoir que, à la différence du corps matériel, l'âme n'est pas un être permanent. La raison de cela est que la grandeur qu'une âme possède n'est pas extensive mais intensive. Une grandeur intensive n'a pas de parties extérieures les unes aux autres, si bien qu'il est concevable qu'elle diminue graduellement et revient à zéro. Au contraire, une substance matérielle a une grandeur extensive. De ce fait, elle ne peut diminuer que par sa division en ses parties, ce qui n'arrivera jamais à la disparition (Ak, IV, p.543, fr.p.129). Le véritable concept de substance ne rejoint donc pas celui de simplicité ; il rejoint plutôt le concept d'additivité, qui est caractéristique de la grandeur extensive et qui présuppose par nature l'idée de la pluralité des homogènes. En vertu de l'additivité, la matière a ceci d'avantageux (par rapport à l'âme) qu'elle est susceptible d'une composition mathématiquement formulable. Naturellement, cela ne signifie pas forcément que la grandeur intensive n'est pas susceptible du traitement mathématique. S'il y a une relation causale entre le comportement d'une grandeur intensive et à une chose ayant grandeur extensive, on pourra profiter de cette relation pour créer un instrument de mesure pour la grandeur intensive et appliquer à celle-ci les

mathématiques. Le thermomètre témoigne très bien cette possibilité. Quoi qu'il en soit, le passage suivant dans la *Critique* suggère l'avantage qu'a la matière en tant que quantité additive.

On demandait à un philosophe : combien pèse la fumée ? Il répondit : Retranchez du poids du bois brûlé le poids de la cendre restante, et vous aurez le poids de la fumée. Il supposait donc comme une chose incontestable que même dans le feu la matière (la substance) ne périt pas, mais que sa forme seule subit un changement. (A185/B228)

Mais ce n'est que lorsqu'on s'approche de la substance du point de vue de la mécanique que le caractère relatif (relationnel) de la substance se manifeste. Kant identifie, dans les *Premiers Principes*, la quantité de la substance à la quantité de la matière et celle-ci, sous condition, à la masse : m . Mais il souligne immédiatement que toute cette quantité ne nous est accessible empiriquement que par sa manifestation mécanique. C'est ainsi que la quantité de mouvement (mv) entre en scène. Autrement dit, « l'action » de la substance doit se représenter par la notion de la quantité de mouvement. Comment alors la quantité de la matière (la masse) devient-elle empiriquement accessible à travers cette notion ? L'idée de base consiste à se rendre compte que la comparaison des masses n'est possible que comme comparaison des quantités de mouvement. La comparaison des quantités de mouvement, à son tour, s'effectue comme observation de la différence que montrent les matières ayant une vitesse égale. La mesure au moyen de la balance ordinaire n'est autre chose qu'une application de cette stratégie. On y compare deux matières ayant toutes les deux la vitesse 0.

Puisque la quantité de la substance va désormais être discutée en termes de ce critère empirique, la composition de la substance doit aussi être reformulée de ce point de vue. C'est-à-dire que la substantialité de la substance doit désormais être expliquée par le fait que la quantité de mouvement soit susceptible de la composition. Dans cette perspective, Kant souligne d'abord combien il est important d'établir un système de composition pour se procurer le concept précis d'une grandeur.

... le concept précis d'une grandeur n'est possible que par la construction du quantum ; or, celle-ci n'est par rapport au concept de quantité rien d'autre que la composition d'éléments équivalents (*des Gleichgeltenden*) ; par suite, la construction de la quantité d'un mouvement est la composition de beaucoup de mouvements équivalents. (Kant, Ak.IV, p.538, fr.p.121)

Ces « éléments équivalents » désignent, dans l'immédiat, les corps mobiles dont les masses diffèrent les unes des autres mais dont les quantités de mouvement sont néanmoins égales les unes aux autres. Cette égalité au niveau de la quantité de mouvement n'a rien d'étonnant parce que la quantité de mouvement s'obtient comme produit de masse par vitesse. Il « importe peu que je double la quantité de la matière d'un corps tout en en conservant la vitesse ou que je double la vitesse en conservant la même masse » (ibid.). Mais Kant parle ensuite de la distribution du mouvement de quantité d'un corps à ses plusieurs parties ou, ce qui revient au même, de la composition du mouvement de quantité d'un tout à partir de celles de ses parties. L'équivalence est maintenant reconnue entre la description au sujet des parties et la description au sujet du tout. Clairement, Kant pense sous cette équivalence à l'additivité de la quantité du mouvement. Celle-ci signifie le fait que la somme des quantités de mouvement accordées à plusieurs corps soit égale à la quantité du mouvement accordée au système entier de ces corps. Chose remarquable, la quantité de mouvement du système entier peut être représentée à ce moment-ci comme celle de son centre de gravité (ou du centre d'inertie). En prenant en compte cette propriété avantageuse, on peut formuler la fameuse loi sur la conservation de la quantité de mouvement approximativement de la manière suivante : si un système de corps n'est soumis à aucune force extérieure, la quantité de mouvement de ce système, à savoir celle du centre d'inertie de ce système, demeure constante. La loi affirme que, aussi fortement que les corps se meuvent, leur centre de gravité commun ne change pas son état de mouvement. Si le système est en repos, il ne commencera jamais à se déplacer. S'il est en mouvement, il continuera le mouvement uniforme rectiligne. Telle est l'idée de base de la loi de la conservation de mouvement de quantité. Or si cette loi importe pour notre argument, c'est parce que Kant fait recours à cette loi (qu'il trouve très rationnelle) pour décider la question sur l'objectivité d'un mouvement et que, comme sa solution à cette question le suggère, il relie le concept de permanence au concept de conservation que cette loi incarne.

La question centrale avec laquelle Kant a affaire dans les *Premiers principes* consiste à savoir comment il est possible d'attribuer des mouvements à divers corps. À première vue, l'attribution du mouvement (ou du repos) à quelque chose est relative à des points de vue. Mais, tout en admettant la relativité, Kant trouve possible et nécessaire de distribuer le mouvement à divers corps sur la base de quelque fondement résidant dans leur relation réciproque. Si l'on emprunte l'expression de Vuillemin, on peut dire que l'idée dominante de la pensée kantienne est « le relatif objectif » (Vuillemin, 1955, p.312). Pour établir un relatif objectif au sujet des mouvements des objets empiriques, le philosophe profite au maximum du concept de quantité

de mouvement. Il regarde un système de matières du point de vue de son centre d'inertie, en d'autres termes, il le regarde dans le référentiel inertiel⁶. Cela signifie que le système est censé être, en tant que totalité, la quantité 0 du mouvement. Sous cette condition, les matières s'accordent leurs quantités de mouvements selon un principe fort raisonnable, c'est-à-dire, selon l'idée de l'égalité. S'il n'y a que deux corps, par exemple, ils seront censés avoir des quantités de mouvement d'une même valeur absolue avec des signes différents (le *plus* et le *moins*) car, du point de vue de leur centre de gravité commun, ils se meuvent dans des directions opposées pour s'annuler au total (Ak.IV, pp.545-546, fr.pp.133-135). En l'absence du référentiel absolu, Kant a trouvé le principe rationnel de l'objectivité dans l'idée de l'égalité ou celle de la réciprocité, lesquelles est bien fondée, dans le cas de la mécanique, sur le fait de l'équilibre entretenu par des matières autour du centre de gravité. Nul doute que ces idées, *égalité, réciprocité et équilibre*, constituent pour ce philosophe des contenues essentiels de la rationalité. Cette lecture se justifiera notamment par le fait que la conservation de la quantité de mouvement soit convoquée chez Kant dans la section pour la loi de l'égalité de l'action et de la réaction et que cette dernière loi soit censée fournir la solution finale sur la question du mouvement objectif. La loi de l'action et de la réaction nous permet en effet de concevoir le système de toutes les matières de ce monde dans leur mutualité interne. En dehors de ce système, il n'y a rien de réel auquel on pourrait se référer, si bien que le référentiel inertiel de ce système, « le centre de gravité commun de toute la matière » (Ak.IV, p.563, fr.p.161), constitue l'unique fondement concevable auquel on peut recourir pour effectuer la distribution objective des mouvements. De cette manière, la conservation de la quantité de mouvement, avec la loi de l'action et de la réaction qui en est inséparable, rend possible d'évoquer l'objectif à propos du mouvement sans recourir à un référentiel absolu. Elle le rend possible par la relativité objective qu'elle incarne.

Évidemment, le centre de gravité de toute la matière de l'univers n'est qu'une idée simplement supposée⁷. Mais cela ne signifie pas que la pensée kantienne de la mécanique ne donne qu'un principe régulateur à propos de l'objectivité et, en particulier, de la permanence. Ce qui importe pour la relativité objective n'est pas de prendre en compte effectivement la totalité des objets, mais de construire une loi de composition de telle manière qu'elle soit susceptible de relier de manière cohérente divers systèmes locaux. La loi de l'action et de la réaction, conçue au

⁶ Cette prise du point de vue se justifie, théoriquement, par le principe de la relativité de Galilée.

⁷ Ak.IV, p.560, fr.156. On peut dire la même chose sur « l'espace absolu » mentionné par Kant. Mais il est clair que ce terme n'est pas employé dans cette oeuvre dans le sens newtonien. En réalité, Kant désigne par ce terme sa propre idée : le centre de gravité commun de toute matière de l'univers. « La notion d'espace absolu dont se sert la mécanique kantienne, loin de revenir sur les acquis critiques, ne fait donc que généraliser la relativité du mouvement et le caractère vectoriel de la vitesse » (Vuillemin, 1955, p.265). Cf. aussi Friedman, 1992, p.143.

niveau de toute matière de l'univers, enseigne à relier des systèmes différents de matières les uns aux autres selon la même loi que celle qui gouverne les systèmes individuels. Cette interconnexion uniforme peut être exprimée en termes de l'additivité de la quantité de mouvement aussi : on peut bien considérer, d'un côté, un corps rigide comme un système de plusieurs masses ponctuelles et, d'un autre côté, un système de plusieurs corps comme un objet individuel portant sa masse totale sur son centre d'inertie. Une même loi de composition est censée omniprésente et prépare par-là la formulation d'un principe physique ayant une validité globale. Si la conservation de mv et l'égalité de l'action et de la réaction rendent possible un relatif objectif, c'est en vertu de ce caractère global qu'elles incarnent. En indiquant ainsi l'existence de la constance globale, la notion de « conservation » constitue la thèse centrale du principe kantien de la substance et vient à compléter la notion de « permanence » dans son application scientifique.

La réflexion ci-dessus semble montrer qu'il y a dans le principe kantien de la substance quelque chose ressemblant au concept relatif de constance. Surtout, le principe semble comporter une idée analogue à la leçon que nous avons trouvée dans l'article de Schlick. Malheureusement, notre éclaircissement du principe kantien reste encore abstrait. Pour rendre légitime la comparaison, il nous faudra tenter de savoir comment la notion de substantialité présentée dans la mécanique kantienne peut servir de clef pour la question sur la détermination objective du temps. Cela n'est pas aisé, mais nous allons développer, à titre d'essai, une implication que peut avoir la notion kantienne de substantialité sur ce sujet.

Si jamais la conservation de la quantité de mouvement échouait, que se passerait-il ? Normalement, un système de matières en mouvement qui n'est soumis à aucune force extérieure continue son mouvement uniforme aussi fortement que ses composantes se meuvent. On sait bien qu'un astronaute flottant dans l'espace illustre typiquement ce principe. Si l'astronaute se trouve dans un mouvement inertiel, il le continuera avec la même vitesse, même s'il meut fortement ses membres. Or s'il se produisait chez lui quelque processus qui transgresserait la conservation de la quantité de matière : mv (cela pourrait être éventuellement une transgression de la conservation de la masse : m), alors il changerait soudain la vitesse de son mouvement sans recevoir de force extérieure. Cela signifierait que la proportion qu'il avait entretenue en commun avec les autres mouvements inertiels changerait soudain. Autrement dit, la constance de proposition entre les mouvements inertiels différents serait perdue. Évidemment, ce serait aussi une infraction de la loi de l'action et de la réaction et cette infraction entraînerait au final la perte de l'équilibre au niveau de la totalité des matières de l'univers. Kant imagine un tel résultat : « toute infraction de cette loi [la loi de l'égalité de

l'action et la réaction] déplacerait le centre de gravité commun de toute la matière et par suite tout l'édifice de l'univers », ce qui serait une absurdité, d'après lui (Ak, IV, p.563, fr.p.161). Quoi qu'il en soit, la perte de la proportion constante qu'entretenaient les mouvements inertiels entraînerait un problème sévère pour la détermination du temps au niveau pratique. C'est-à-dire qu'on ne pourrait plus mesurer le temps moyennant les mouvements inertiels. On ne pourrait plus parler d'*un temps* et parlerait de plusieurs temps pour autant qu'on se réfère à ce type de mouvement.

Cette petite spéculation permettra de retrouver dans la pensée kantienne, d'une façon visible, la leçon que nous avons reconnue dans l'article de Schlick. La spéculation nous enseigne qu'il existe une relation d'interdépendance entre deux choses : le fait qu'il soit possible d'avoir la détermination d'un temps objectif, d'un côté, et le fait que certaines lois sur le changement physique doivent être de nature globale. Il est probable que Kant ait effectué une spéculation semblable à la nôtre et ait obtenu cette conclusion. Le passage suivant dans la *Critique* semble le témoigner.

Les substances (dans le phénomène) sont les substrats de toutes les déterminations de temps. La naissance des unes et la disparition des autres supprimeraient même l'unique condition de l'unité empirique du temps, et les phénomènes se rapporteraient alors à deux sortes de temps, dans lesquels, côte à côte, l'existence s'écoulerait ; ce qui est absurde. En effet, il n'y a *qu'un* temps, dans lequel tous les divers temps doivent être placés, non simultanément mais successivement. (A188-189/B231-232, souligné par Kant)

Ici, Kant tente de justifier la conservation de la quantité de substance en la considérant comme condition de possibilité de la détermination du temps objectif. L'affirmation n'est pas bien argumentée. Mais si l'on relie ce passage à la pensée kantienne de la quantité de mouvement et à celle de l'équilibre globale des matières, on s'apercevra de la logique que le philosophe veut faire valoir. Il suggère que le caractère global des lois physiques (c'est-à-dire le fait d'avoir la validité indépendante des lieux) est condition de possibilité de la détermination de temps. Le principe de la substance désigne ce caractère global par le concept de « conservation », lequel pourrait se reformuler, du fait de son identité avec la leçon de Schlick, comme « constance globale ». Le principe kantien de la substance est, pour ainsi dire, le principe de la constance globale. Ce dernier complète le concept relatif de constance et justifie avec celui-ci l'idée de la mesure de temps.

4 La constance relative et la constance globale – les règles méthodologiques *a priori*

Nous avons vu suffisamment de similarités entre les Viennois et Kant à l'égard de la question de la constance et de la mesure de temps. Résumons l'intersection et la divergence que nous avons observées.

Les deux camps font valoir en commun ce que nous appelons « le concept relatif de constance ». Carnap a formulé cette procédure de la manière la plus explicite et la plus claire. En montrant quelle stratégie l'observation doit avoir pour saisir un constant dans des phénomènes, il a certainement présenté le schème pur de la constance. D'autre part, nous avons vu que le concept relatif de constance doit aller de pair avec une idée sur les lois de la nature. Nous avons nommé cette idée « le principe de la constance globale ». Schlick a suggéré cette idée et Kant l'a avancée sous la notion de conservation. Nous avons ainsi eu la paire d'un schème et d'un principe à l'égard de la constance, la notion cruciale pour la question de la mesure de temps. Mais les deux camps divergent sur la nature de la rationalité comportée par ces idées. Carnap tient à souligner le caractère pragmatique de son « schème » et Schlick identifie « la constance globale » simplement à un fait empirique sans lui accorder le statut de principe. À la différence de ces auteurs, Kant considère naturellement le schème et le principe comme *a priori*. Or il nous paraît que la position de Kant a toujours quelque chose de plausible. Autrement dit, nous croyons que le concept relatif de la constance et le principe de la constance globale comportent ce que nous appelons (en opposition à la rationalité pragmatique) la rationalité intrinsèque. Le dialogue avec les Viennois nous a-t-il laissé la possibilité d'argumenter en faveur de cette vue?

La réponse était positive en principe. Comme nous l'avons vu, Carnap n'a pas correctement saisi la nature de sa propre règle. Contrairement à sa remarque pragmatiste, la règle indiquée dans la « constance relative » n'est pas facultative. Elle est indispensable pour autant qu'on désire utiliser le concept de constance dans le but scientifique. Il est donc légitime de dire que le concept de constance relative comporte la rationalité intrinsèque eu égard à la méthodologie. Mais, d'un autre côté, l'idée de la constance globale pourrait paraître dogmatique si elle se met en avant comme « principe ». Pour dissiper cette suspicion, il faudra mettre en évidence le caractère méthodologique de ce « principe ».

D'abord, nous devons souligner que la pensée kantienne sur la substance et la conservation contient un aperçu profond sur la nature des lois de la nature. Du XIX^e siècle au XX^e siècle, les scientifiques se sont aperçus de plus en plus fortement de l'importance qu'ont les lois de conservation pour la théorie physique. Au XX^e siècle, on a appris que toute loi de conservation incarne la structure de symétrie en quelques façons (Théorème de Noether). La raison pour laquelle la symétrie est caractéristique des lois cardinales de la nature n'est pas très difficile à

présumer. En effet, une telle loi demande de relier les processus des divers systèmes locaux (tel que les référentiels inertiels) selon une loi de transformation et que la symétrie représente l'univocité et la perfection de l'interconnexion ainsi établie. Par cet avantage au niveau de la structure, les lois de conservation veulent remplir l'exigence de validité universelle à proprement parler. Van Fraassen a donc raison en remarquant qu'« il y a quelque chose d'irréductiblement globale dans les lois de conservation » (van Fraassen, 1989, p. 258, fr.p.381). En postulant la conservation de la quantité de la substance pour parler d'*un temps* objectif, Kant voulait certainement indiquer ce caractère global que les lois cardinales de la nature doivent avoir.

On remarquera que l'idée d'un unique temps n'est plus valable après la théorie de la relativité. Cela est vrai. Mais la théorie de la relativité ne parle pas des espaces-temps qui seraient incommensurables les uns avec les autres. Elle offre des lois pour relier de manière cohérente les déterminations d'espace-temps de divers référentiels et, de ce fait, conserve le schème général que la pensée kantienne de la relativité objective avait suggéré. Autrement dit, c'est dans la mesure où l'on s'abstient d'identifier le principe kantien de substance à une loi particulière de conservation que l'on peut accéder dans ce principe à un élément *a priori*. En ce sens, nous trouvons raisonnable la tentative néo-kantienne de défendre le synthétique *a priori*, à titre de principe général ou méthodologique, à l'épreuve de la théorie d'Einstein (Cf. Cassirer, 1921, pp.35-36 ; Richardson, 1998, p.101).

Il est vrai que l'idée de la constance globale serait inutilisable si elle n'était pas soutenue par les faits de la nature tels qu'ils sont indiqués par Carnap et Schlick. Mais Kant ne contestera pas cette remarque. Il admettra avec les Viennois, au final, que nos activités scientifiques sont possibles en vertu d'une heureuse contingence. En effet, la discussion dans la *Critique de la faculté de juger* constate l'irréductibilité de la contingence favorisant l'usage de nos concepts scientifiques. La nature n'est pas la création de l'entendement humain. Si Kant considère l'idée de la constance globale comme principe *a priori*, c'est plutôt en raison du rapport nécessaire qu'a cette idée à la méthodologie de la recherche objective. « La constance globale » prescrit, en termes d'*un temps général*, de concevoir les lois physiques en sorte que diverses informations locales (à l'égard des lieux ou des personnes) entrent de manière cohérente dans l'interconnexion, ce qui n'est autre chose que la création d'une perspective objective. Il ne s'agit pas d'affirmer quelque chose d'absolu sur la nature, mais de rendre signifiant de parler de la distinction du subjectif et de l'objectif en définissant le rapport des locaux au global.

Il pourrait néanmoins paraître que la supposition de la globalité soit dogmatique, car elle

semble dépasser la limite de l'universalité inductive. Mais dans la méthodologie nommée « l'analogie de l'expérience », la supposition est ouverte à la correction ultérieure et ce fait compense son apparence risquée. De plus, ce n'est qu'en vertu de la supposition d'un constant global (d'un équilibre) qu'on peut parler du normal et de l'anomal. Une fois la distinction introduite, on est prêt à rechercher la cause (un facteur inconnu x) d'une anomalie. La recherche ayant ainsi démarré permettra, à son tour, de préciser les facteurs de correction pour la supposition initiale du constant et de lui imposer, éventuellement, une restriction importante. De cette manière, la supposition d'un constant global inaugure le *cycle* de la recherche plutôt que s'enferme dans un *cercle* dogmatique. Si l'on trouve les principes kantien dogmatiques, c'est certainement parce qu'on prend les principes isolément sans les mettre dans leurs collaborations possibles. En revanche, si l'on remarque cette sorte de collaboration, on reconnaîtra correctement le caractère méthodologique des principes kantien.

Il est ainsi légitime de parler du *principe* de la constance globale. Il est une condition de possibilité de la mesure de temps, et non pas une condition facultative. Par suite, nous concluons que la paire de la « constance relative » et de la « constance globale » constitue une règle de connaissance ayant le statut du synthétique *a priori*. Parler du synthétique *a priori* n'a cependant rien à faire avec une position quelconque de la vision dogmatique de monde. En tant que règle méthodologique, la paire des deux notions est constitutive du *cycle* de la recherche plutôt que d'une conclusion prédéterminée. Les épistémologies de Schlick et de Carnap nous ont permis d'avoir tous ces points de vue importants par leur rapprochement avec le kantisme, dont les auteurs eux-mêmes ne sont pas toujours conscients.

Bibliographie

- CARNAP, Rudolf, (1934), *Logische Syntax der Sprache*, zweite, unveränderte Auflage, Wien, Springer-Verlag, 1968.
- CARNAP, Rudolf, (1966), *Philosophical Foundations of Physics: An Introduction to the Philosophy of Science*, ed.by Martin Gardner., New York, London, Basic Books Inc.
- CASSIRER, Ernst,(1921), *Zur Einsteinschen Relativitätstheorie : erkenntnistheoretische Betrachtungen*, in *Gesammelte Werke*, hrsg.von Birgit Recki, Bd.10, Hamburg, Felix Meiner Verlag, 2001.
- FRIEDMAN, Michael, (1992), *Kant and the Exact Sciences*, Cambridge, Massachusetts, London, Harvard University Press.
- KANT, Immanuel, (1781/1787), *Kritik der reinen Vernunft*, Hamburg, Felix Meiner Verlag.

- Critique de la raison pure*, traduit par Alexandre J.-L. Delamarre et François Marty à partir de la traduction de Jules Barni, Paris, Éditions Gallimard, 1980. Nous donnons les références dans la pagination de l'édition originale, appelée par la lettre A pour la première édition (1781), B pour la deuxième édition (1787). Abréviations : *Critique*.
- KANT, Immanuel, (1786), *Metaphysische Anfangsgründe der Naturwissenschaft*, in *Gesammelte Schriften*, hrsg. von der Königlich Preussischen Akademie der Wissenschaften, Berlin, Walter de Gruyter. Les références sont appelées par : Ak., tome et page. *Premiers Principes métaphysiques de la science de la nature*, traduit par J. Gibelin, 1952, Paris, J.Vrin. Abréviations : *Premiers Principes*.
- LOCKE, John, (1689/1700), *An Essay concerning Human Understanding. Essai philosophique concernant l'entendement humain*, traduction du quatrième édition par Pierre Coste, établissement du texte, présentation, dossier et notes par Philippe Hamou, 2009, Paris, Le Livre de Poche, Librairie Générale Française.
- RICHARDSON, Alan W., (1998), *Carnap's Construction of the World : The Aufbau and the Emergence of Logical Empiricism*, New York, Cambridge University Press.
- SCHLICK, Moritz, (1918/1925), *Allgemeine Erkenntnislehre*, 2.Auf., repri.in Suhrkamp, Frankfurt am Main, 1979. *La théorie générale de la connaissance*, traduit en français par Christian Bonnet, Paris, Gallimard, 2009.
- SCHLICK, Moritz, (1922), *Raum und Zeit in der gegenwärtigen Physik*, 1917, vierte vermehrte und verbesserte Auflage, Berlin, Verlag von Julius Springer, 1922, repri.in Schlick, 2006, Abteilung 1, Band.2.
- SCHLICK, Moritz, (1935), „Sind die Naturgesetze Konventionen?“, in Schlick, 2006, Abteilung 1, Band.6.
- SCHLICK, Moritz, (2006), *Moritz Schlick Gesamtausgabe*, hrsg. von Friedrich Stadler & Hans Jürgen Wendel, Wien, Springer-Verlag.
- TAKAHASHI, Katsuya, (2012), « Une possibilité de l'*a priori* synthétique après Quine », in *Saitama University Review. Faculty of Liberal Arts*, Vol.48, No.1.
- VAN FRAASSEN, Bas, C.,(1989), *Laws and Symmetry*, Oxford, Clarendon Press. *Lois et symétrie*, traduit en français par Catherine Chevalley, Paris, J.Vrin, 1994.
- VUILLEMIN, Jules, (1955), *Physique et métaphysique kantienne*, Paris, Presse Universitaire de France.