

Daniel Parrochia

Bachelard et la transformée de Fourier

Cahiers Gaston Bachelard, n°9, Université de Bourgogne, 2007, « Bachelard et la physique », p. 137-149.

Le problème de l'unité du bachelardisme, philosophie bifide, épistémologique et esthétique à la fois, est la croix du commentateur. Croyant pouvoir apporter une contribution à cette épineuse question, nous nous permettrons d'abord ici de revenir sur un point d'histoire de la physique (la théorie de la propagation de la chaleur) à l'origine d'un algorithme particulièrement remarquable, pédagogiquement formateur et techniquement utile dans de nombreux domaines : la transformée de Fourier. Nous soutiendrons à son propos trois thèses très simples : 1/ Reprenant l'analyse de Bachelard, nous tenterons d'explicitier sa démarche en montrant l'importance de cet algorithme dans la compréhension des liens qui unissent le discontinu et le continu; 2/ Nous soulignerons la parenté du problème mathématico-physique dont la transformée de Fourier est la solution, et du grand problème épistémologique que Bachelard a lui-même dû résoudre et qui est la question de l'existence d'un progrès scientifique malgré la présence de ruptures épistémologiques ; 3/ Enfin, nous tenterons de montrer comment la philosophie rythmanalytique vers laquelle Bachelard s'oriente dès le milieu des années 1930, n'est qu'une application (métaphorique) de cet algorithme remarquable qui permet de rétablir une sorte de continuité construite dans une dimension verticale que le philosophe assimilera à celle d'un temps pensé. Nous concluons sur la méthode des poétiques, qui nous semble devoir être directement référée à la physique (quantique), ce qui soulignera une nouvelle fois l'importance philosophique considérable de l'analyse harmonique et de la transformée de Fourier, puisque ces méthodes permettent à l'épistémologue de dépasser l'opposition du continu et du discontinu et de retrouver une sorte de pensée unitaire en philosophie au moment même où on la croyait définitivement compromise.

La démarche de Fourier dans la théorie analytique de la chaleur

Les travaux de Fourier sur la théorie de la propagation thermique dans les solides remontent à 1807. Un premier mémoire est publié en 1811. La *Théorie analytique de la chaleur* paraîtra en 1822.

Tentons de comprendre le raisonnement de ce grand physicien qui devait mener à l'une des découvertes les plus fécondes et les plus utiles de l'Analyse moderne.

Plusieurs obstacles, si l'on y réfléchit, rendaient difficiles la théorisation de Fourier :

1/ Les action calorifiques naturelles étant petites et rares (dilatations ou fusions), la chaleur pouvait paraître avoir un caractère tout à fait momentané et accidentel.

Fourier ne se laisse pourtant pas abuser par les apparences et son point de départ est tout à fait remarquable de généralité. Son idée première, en effet, est que la chaleur est une qualité entièrement générale qui affecte les substances au même titre que la gravité. Comme l'écrit Bachelard, « il est aussi inconcevable qu'un corps soit neutre calorifiquement que de supposer qu'il échappe à l'attraction newtonienne »¹. Tout corps possède donc une chaleur spécifique et se trouve soumis à des échanges de chaleur avec l'environnement.

2/ Deuxième difficulté : la chaleur ne semblait pas être, au début du XIX^{ème} siècle, une propriété dont l'étude mathématique dut paraître féconde. En effet, elle se rattachait mal à la mécanique qui paraissait, à l'époque, achevée avec la grande synthèse de Laplace. Fourier lui-même semble reconnaître que, quelle que soit l'étendue des applications des théories mécaniques, elles ne s'appliquent pas aux effets de chaleur qui composent un ordre particulier de phénomènes qui ne semblent pas devoir s'expliquer par les lois du mouvement et de l'équilibre. Et pourtant, Fourier va, grâce aux mathématiques, ramener l'étude de ces phénomènes dans le cadre constitué de la mécanique.

3/ Enfin, peut-être l'un des obstacles les plus importants au succès de la théorie de Fourier était-il constitué par les parti-pris de Fourier lui-même. Fourier, en effet, espérait beaucoup de sa théorie, et en particulier dans le domaine des applications pratiques. Il voyait notamment dans sa théorie de la chaleur un complément important au système du monde de Laplace. « Les grands mouvements de l'air, les vents alizés, les climats, les courants de l'Océan » devaient notamment y trouver l'élément principal de leur explication. Et avec eux les arts techniques, les procédés de chauffages, les machines thermiques devaient bénéficier également de ses travaux. Ces espoirs sont aujourd'hui perçus comme démesurés. Mais, à l'époque, ils ont entraîné un certain nombre de conséquences qui auraient pu remettre en cause le succès de la théorie. En particulier, Fourier a choisi des unités de mesure (quantité de chaleur, flux, etc.) en rapport avec ces applications à grande échelle, et cela aurait très bien pu perturber ses résultats. Fort heureusement, il n'en a rien été et ses équations sont indépendantes des unités.

Examinons donc comment le problème de la propagation thermique se posait à ses yeux : il s'agit de savoir non comment la chaleur est produite mais comment elle se propage dans un corps. On prend donc une substance, homogène et isotrope, de telle sorte que la matière ne réagisse pas différemment à l'agent suivant le lieu et la direction de l'action calorifique. On étudiera cette substance à une certaine distance des sources, de façon à éviter les singularités. On essaie donc de simplifier

¹ G. Bachelard, *Étude sur l'évolution d'un problème de physique : la propagation thermique dans les solides*, Paris, Vrin, 1973, p. 34.

et d'homogénéiser l'expérience au maximum. Mais il y a tout de même des discontinuités qu'on ne peut pas écarter, ce sont les surfaces qui séparent les milieux. Fourier va déployer une grande ingéniosité pour résoudre ce problème.

Tout corps est considéré comme plongé dans un certain milieu. Il y a donc un coefficient qui caractérise le passage du corps au milieu ou du milieu au corps. C'est ce que Fourier appelle la conductibilité externe. A celle-ci s'oppose la conductibilité interne du corps, qui ne dépend que de la matière dont il est fait. Un troisième paramètre était disponible : c'est la chaleur spécifique du corps, défini de façon tout à fait indépendante de la propagation, et qui était un élément bien connu, à l'époque, des chimistes et des physiciens.

La prouesse de Fourier est d'avoir montré que, ces trois éléments étant connus, toutes les questions relatives à la propagation de la chaleur ne dépendent plus que de l'analyse numérique.

Notons, comme le fait remarquer Bachelard, que Fourier a des paramètres cohérents, qui sont uniquement thermiques (il n'emprunte rien à la mécanique) et qu'il ne fait aucune hypothèse irrecevable sur la nature de la chaleur : simplement, il en rejette l'image traditionnelle à l'époque d'une espèce de fluide élastique et en suppose seulement la nature matérielle, ce qui se traduit par une propriété d'impénétrabilité à l'égard d'elle-même. Ce fond matérialiste est évidemment très important pour la suite.

A partir de ces hypothèses, le phénomène de la propagation va donc être étudié, d'une part, assez loin des sources initiales comme on l'a dit, pour éviter que leur distribution ne soit influente, et d'autre part, avant que leur effet se soit totalement dissipé. Dans l'entre-deux, évidemment, la seule variable sera la géométrie des corps traversés.

On voit donc déjà comment toute irrationalité est étouffée et comment la forme triomphe de données physiques disparates.

Comme le signale Bachelard, Fourier, dans son écrit, commence par traiter de différents cas particuliers (propagation dans une armoire [section de cylindre ou bracelet], une sphère, un cube, un prisme, etc.) avant d'examiner le cas général. Celui-ci est cependant tout à fait élémentaire et on peut l'aborder d'emblée.

On considère pour cela, non un corps mais, à l'intérieur d'un corps quelconque, un parallélépipède infinitésimal de côtés dx , dy , dz , et l'on remarque que par le rectangle $dx dy$, il entre une quantité de chaleur proportionnelle :

1° à la surface $dx dy$ de ce rectangle ;

2° au laps de temps dt pendant lequel on étudie le phénomène (qui est forcément constant pour un temps infinitésimal) ;

3° à la variation de température qui caractérise le mouvement calorifique (cette variation s'exprimera comme la dérivée de la température v le long d'un élément de droite perpendiculaire à la surface : dv/dz si la surface est $dx dy$).

Sous ces conditions, si on appelle k le facteur de proportionnalité (qui ne dépendra du reste que de la direction si l'on est, comme on l'a supposé, en milieu isotrope), alors, la quantité de chaleur cherchée s'exprimera comme :

$$Q \text{ entrée} = -k \, dx \, dy \, dt \, (\partial v / \partial z)$$

Le signe ⁽⁴⁾ indique que le flux de chaleur pénètre dans l'élément de volume considéré.

Sur la face opposée, on fera le même calcul mais la quantité de chaleur cherchée, entre temps, aura cru de sa différentielle, autrement dit, nous aurons :

$$Q = -k \, dx \, dy \, dt \left(\frac{\partial v}{\partial z} \right) + [-k \, dx \, dy \, dt \, \frac{\partial}{\partial z} \left(\frac{\partial v}{\partial z} \right) dz]$$

Comme $(\partial/\partial z)(dv/dz) = (\partial^2 v/\partial z^2) dz$, on aura :

$$Q = -k \, dx \, dy \, dt \left(\frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right) dz$$

Sur les deux autres paires de rectangles perpendiculaires à dx et dy , on aura des expressions semblables en $\partial^2 v/\partial x^2$ et $\partial^2 v/\partial y^2$. De sorte que, finalement, le gain en chaleur pour le petit parallélépipède sera de :

$$k \, dx \, dy \, dt \left[\left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} \right) + \left(\frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) + \left(\frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right) \right]$$

Cette chaleur élève la température du petit parallélépipède. Comme la densité du corps est le rapport de la masse au volume, son poids est égal au produit du volume par la densité soit $D dx dy dz$. En appelant C la chaleur spécifique, c'est-à-dire, la quantité de chaleur nécessaire pour élever l'unité de poids du corps de 1° , l'élévation de température $(\partial v/\partial t) dt$ réclamera une quantité de chaleur égale à :

$$C D dx dy dz \left(\frac{\partial v}{\partial t} \right) dt^2$$

En égalant cette expression à la précédente et en divisant par le facteur commun $dx dy dz dt$, on obtient l'équation :

$$C D \left(\frac{\partial v}{\partial t} \right) = k \left[\left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} \right) + \left(\frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) + \left(\frac{\partial^2 v}{\partial z^2} \right) \right]$$

qui est l'équation de propagation de la chaleur à l'intérieur de tous les corps solides, une des équations les plus importantes de la physique mathématique⁴.

On s'aperçoit alors qu'on a négligé les conditions calorifiques qui règnent à la surface des corps, problème qui doit faire l'objet d'une définition explicite et détaillée, comme toute discontinuité, qui relève, d'une façon générale – c'est presque une loi épistémologique – d'une connaissance énumérative.

En principe, ces discontinuités n'interviennent qu'au moment de l'intégration de l'équation différentielle.

² La formule est de Bachelard (évolution d'un problème de physique p. 42).

³ L'expression est chez Bachelard (op. cit. p. 43).

⁴ Sur l'ensemble de cette déduction, cf. G. Bachelard, *op. cit.*, p. 34-43.

Un cas particulier où il faudrait pourtant absolument en tenir compte serait celui où on ne peut plus se placer à une distance notable de la surface (par exemple, dans un corps mince).

Considérons, par exemple, en suivant l'analyse de Bachelard, le cas d'un anneau. Une certaine quantité de chaleur, perdue par rayonnement, doit être retranchée de celle qui traverse le corps. Cette quantité perdue est proportionnelle à la surface cylindrique qui rayonne et à l'excès de température de l'anneau sur le milieu ambiant. Si l'anneau est suffisamment mince, on peut alors négliger largeur et hauteur, ce qui entraîne que :

$$\partial^2 v / \partial y^2 = 0 \text{ et } \partial^2 v / \partial z^2 = 0$$

S représentant la section, l le périmètre, h le coefficient de conductibilité externe, l'équation devient alors :

$$\partial v / \partial t = (k/CD) (\partial^2 v / \partial x^2) - (hl/CDS) v$$

Pour suivre l'intégration, changeons les constantes et partons de l'équation simplifiée :

$$\partial v / \partial t = k (\partial^2 v / \partial x^2) - hv$$

Avec le changement de variable :

$$v = u e^{-ht}$$

On obtient :

$$\partial u / \partial t = k (\partial^2 u / \partial x^2)$$

équation qui représente le mouvement de la chaleur dans le cas où le rayonnement serait nul ($h = 0$). Après résolution de ce cas plus simple, il suffira de multiplier la solution par e^{-ht} . Ceci montre, en définitive, que le refroidissement qui s'opère à la surface ne change pas la loi de distribution de la chaleur. La température de chaque point est simplement moindre qu'elle n'eût été sans la discontinuité, et diminue proportionnellement aux puissances successives de la fraction e^{-ht} .

Pour résoudre l'équation simplifiée, Fourier décide de procéder de façon constructive en cherchant les valeurs particulières les plus simples que l'on puisse attribuer à u , puis en composant ensuite une valeur générale en associant linéairement les valeurs particulières trouvées. Après quoi il lui faudra montrer que cette valeur générale peut être adaptée aux conditions thermiques initiales.

La recherche des solutions particulières montre que les valeurs :

$$u = a e^{kn^2 t} \sin nx$$

satisfont à l'équation quelles que soient les constantes a et n . Mais il faut évidemment que, si cette valeur u convient, elle ne change pas quand la distance x est augmentée de $2\pi r$, r désignant le rayon moyen de l'anneau, puisque, pour cette valeur, on revient au même point de l'anneau. Il en résulte que $2\pi r n$ doit être un multiple entier i de 2π , autrement dit, il faut prendre $n = i/r$. La solution est donc :

$$u = a e^{-k(i/r)^2 t} \sin (i/r)x$$

avec i , nombre entier.

Que donne cette solution pour $t = 0$? Pour $t = 0$, on a la distribution très spéciale :

$$u_0 = a \sin (i/r)x$$

Ce résultat aurait pu apparaître très gênant car on aurait dû rejoindre en principe une distribution thermique entièrement arbitraire : la loi de la propagation de la chaleur dans les solides avait été étudiée loin des sources de chaleur, et étant en quelque sorte indépendante d'elles. Or voilà qu'aux conditions initiales, une fonction tout à fait particulière (une sinusoïde) apparaissait.

Fourier aurait donc pu en rester là. Or c'est précisément ici que son « génie » mathématique s'est exprimé dans toute sa plénitude. Loin d'abandonner sa théorie, Fourier est resté logique à des principes qui lui paraissaient justes. Et puisqu'il tombait sur une sinusoïde au lieu de tomber sur une fonction arbitraire, il lui restait à montrer *que toute fonction arbitraire, si discontinue qu'elle soit, était susceptible de se décomposer en une série trigonométrique*. Cette transformation est connue depuis sous le nom de « transformée de Fourier » et c'est l'un des outils les plus merveilleux de l'Analyse moderne dont les applications sont multiples : théorie de la chaleur, donc, mais aussi théorie du potentiel ou de l'attraction des sphéroïdes, théories mathématique de l'élasticité lors des vibrations et aussi lors de l'équilibre intérieur des corps solides, théorie du signal, théorie de l'information, etc. La liste n'est pas exhaustive : nous soupçonnons la transformée de Fourier d'avoir énormément d'applications encore inédites auxquelles il est permis de songer.

Voyons donc comment s'introduit cette fameuse transformation.

Il est toujours possible de remplacer une fonction par une fonction équivalente, au moyen d'un changement de variable et d'écrire que :

$$F(x) = f(x/r)$$

Il suffit alors de développer cette fonction en série trigonométrique, ce qu'on savait possible depuis le milieu du XVIII^e siècle et les travaux de D. Bernoulli sur les cordes vibrantes⁵. Fourier pose que :

⁵ J. Dieudonné, « L'analyse mathématique au XVIII^e siècle », in J. Dieudonné, *Abrégé d'histoire des mathématiques, 1700-1900*, Paris, Hermann, 1978, tome 1, p. 48 ; cf. N. Boubaki, *Éléments d'histoire des mathématiques*, Paris, Hermann, 1974, p. 260.

$$f(x/r) = b_0 + a_1 \sin(x/r) + b_1 \cos(x/r) + a_2 \sin(2x/r) + b_2 \cos(2x/r) + \dots$$

On obtient alors la température u en fonction du temps et de la distance à une origine fixe à partir de la formule :

$$u = b_0 + [a_1 \sin(x/r) + b_1 \cos(x/r)] e^{(kl/r^2)} + [a_2 \sin(2x/r) + b_2 \cos(2x/r)] e^{(2^2 kl/r^2)} + \dots$$

formule qui satisfait donc à l'équation différentielle du mouvement calorifique dans l'armille et à toutes les conditions initiales, géométriques ou thermiques.

Philosophie de la transformée de Fourier

Pour Bachelard, le travail de Fourier amène plusieurs leçons épistémologiques :

1/ Fourier montre que la décomposition analytique n'est pas seulement mathématique mais correspond à une réalité physique. Elle résulte des propriétés physiques de la chaleur. Bachelard, lui, restera plus prudent : les équations calorifiques n'auraient-elles pas pu être résolues par d'autres fonctions, se demande-t-il ? Tout le possible a-t-il été pris en compte ?

2/ Incontestablement, la méthode de Fourier est positive, et elle fera d'ailleurs l'admiration d'Auguste Comte qui verra dans le traitement du problème de la propagation de la chaleur une véritable composition phénoménale, une explication des faits par des faits d'un autre ordre, par de véritables schémas rejoignant les faits mathématiques et purgés de toute métaphysique implicite. En même temps, Comte envisagera l'opportunité d'investigations plus minutieuses. En effet, dans l'analyse de Fourier, la chaleur spécifique des corps et le coefficient de conductibilité sont supposés constants. Mais, il est cependant possible qu'en réalité, ces paramètres soient susceptibles de varier avec la température : d'où une double difficulté, car alors, la propagation de la chaleur cesserait d'être linéaire et, dans l'ignorance des lois effectives de l'altération des coefficients thermiques en fonction de la température, la précision analytique reste un peu mythique. Il n'en demeure pas moins qu'il y a un ordre rationnel des problèmes et qu'on devait d'abord envisager les lois de propagation de la chaleur sous ces hypothèses simplificatrices afin d'obtenir une forme permettant d'avancer dans la résolution des problèmes.

Alors, certes, la théorie de la chaleur progressera après Fourier, notamment avec Duhamel, Poisson, Lamé et Boussinesq. On ira, bien sûr, vers une généralisation de plus en plus grande et une prise en compte réelle de tout le possible qui amènera, notamment chez Lamé, à un rapprochement des théories de la chaleur et de l'élasticité⁶, dont Bachelard soulignera, plus tard⁷, l'importance épistémologique.

⁶ G. Bachelard, *op.cit.*, p. 113.

⁷ G. Bachelard, *Le Rationalisme appliqué*, Paris, P.U.F., p. 206.

Mais le principal enseignement de la théorie de Fourier réside bien dans la transformation qui porte son nom et qui démontre la possibilité d'un développement en série des fonctions discontinues. Comme le remarquait du reste Bachelard, par ce développement, on arrive à associer *la continuité d'une solution générale à la discontinuité des données*. D'une part, les fonctions discontinues traduisent l'*arbitraire* de la distribution initiale ; d'autre part, les séries convergentes apportent l'*unité* de leur définition. Il en résulte qu'un régime *continu* a été associé, par un jeu mathématique, à un état initialement *discontinu*.

Cette performance, dont l'éminente valeur à la fois rationnelle et synthétique, sera soulignée dans le *Rationalisme appliqué*⁸, nous paraît avoir eu, pour Bachelard, une portée générique. Le problème posé à la philosophie moderne est le suivant : nous ne pouvons plus penser, comme à l'âge classique, dans le cadre d'un rationalisme unitaire et intemporel. Nous devons donc reconnaître à la fois le développement incessant de la connaissance et la multiplicité des approches et des perspectives de rationalité sur le phénomène. Il en résulte, sur le plan de la connaissance, un ensemble de *discontinuités* qui paraît, dans un premier temps, renforcer une sorte de vision irrationaliste de l'expérience. Mais comme l'écrit Bachelard, « un rationalisme qui s'instruit en construisant, un rationalisme qui suit la science dans son œuvre de synthèse ne peut être arrêté par l'objection de l'irrationalisme de ses éléments »⁹. Or précisément, la transformée de Fourier est la preuve même d'une victoire sur cet irrationalisme, preuve « d'autant plus frappante, écrit encore Bachelard, qu'elle est donnée à propos de constructions temporelles, donc à propos de la réalité du temps qui est le fief de certains irrationalistes »¹⁰.

On peut donc se demander s'il ne serait pas possible de réinterpréter toute la construction épistémologique de Bachelard en suivant le fil conducteur de ce modèle mathématique qui est peut-être l'une des meilleures analogies formelles qu'on puisse trouver à associer au bachelardisme pour comprendre ses méthodes¹¹.

Observons que Bachelard, dès *l'Essai sur la connaissance approchée* souhaite, comme Fourier pour la chaleur, écrire l'« équation différentielle » du mouvement épistémologique¹². Il paraît donc possible de concevoir la propagation de la connaissance dans le milieu culturel (ou spirituel) comme une sorte de chaleur traversant différents solides qui la ralentissent ou lui font obstacles. Il conviendra donc d'abord d'étudier le phénomène de la propagation loin des sources (et c'est pourquoi le regard de l'historien des sciences va du présent vers le passé), tout en évaluant les coefficients de conductibilité et les valeurs spécifiques de connaissance de chaque objet. Si, comme c'est vraisemblable, on trouve une sinusoïde comme

⁸ *Ibidem*, p. 192-193.

⁹ *Ibidem*, p. 192.

¹⁰ *Ibidem*.

¹¹ Nous en avons signalé d'autres. Cf. D. Parrochia, *Mathématiques & Existence*, Paris, Champ Vallon, 1991, p. 72-74. Et notre conférence : « Réflexions épistémologiques et philosophiques sur quelques concepts mathématiques de l'œuvre de R. Fortet » in *Journées R. M. Fortet* (Lyon, juin 1995), Paris, Hermès, 1996.

¹² G. Bachelard, *l'Essai sur la connaissance approchée*, Paris, Vrin, 1986, p. 16.

expression générique initiale de cette propagation, alors, il faudra montrer comment toute fonction conceptuelle apparemment totalement discontinue se décompose, en réalité, en séries sinusoïdales convergentes.

Ce programme a-t-il été réalisé? On peut noter, comme un signe de sa réalisation potentielle, la série des alternatives caractéristiques du bachelardisme, qui n'hésite pas à ramener l'ensemble du mouvement progressif de la connaissance à la dialectique du rationalisme et du réalisme, qui se précise localement en mathématiques et expériences, mais aussi bien, sur un autre axe, en rationalisme enseignant et rationalisme enseigné, qui donne lieu à des dialectiques locales telles que matières vs rayonnement, onde vs corpuscule, déterminisme vs indéterminisme, etc., dont les niveaux sont sans doute différents mais qui, toutes, sont prises dans la même sinusoïde générale. Mieux : ne faut-il pas rapprocher ce qui vient d'être dit au sujet de la propagation de la connaissance, du fonctionnement général de l'esprit, lui-même pris dans différents rythmes oscillatoires rattachés d'ailleurs, de près ou de loin, à l'alternance circadienne veille-sommeil.

De l'analyse harmonique à la rythmanalyse

D'où l'attention portée par Bachelard aux rythmes, qu'un ouvrage de 1935, la *Dialectique de la Durée*, étudiera en précision, développant une philosophie du repos comme vibration heureuse, et une philosophie de l'harmonie fondée sur une manière d'« analyse harmonique », réussissant à intégrer les instants pourtant discontinus dans des systèmes d'instants eux-mêmes enveloppés dans de grandes ondulations rythmiques. On rencontre ici un Bachelard platonicien, avouant une philosophie idéaliste « où le rythme des idées et des chants commanderait peu à peu le rythme des choses »¹³.

Certes, il n'est pas question de totaliser toutes les séries, et l'on s'efforcera plutôt de rester dans une série particulière d'événements et de chercher, dans cette série, des liaisons aussi homogènes que possible, reliant notamment l'esprit à l'esprit¹⁴.

Mais Bachelard tente surtout, dans tout le livre, de montrer, à l'encontre de la théorie bergsonienne, que ni la durée ni la continuité ne peuvent être premières. Tout au contraire, elles sont, tout comme la série de Fourier, des constructions et des résultats qui intègrent différentes harmoniques.

On le voit déjà au niveau microphysique, où Bachelard décèle ce qu'on appellerait aujourd'hui un « temps fractal » fondé sur une homographie ontologique : « La statistique des différents états d'un seul atome dans la durée, est exactement la même que la statistique d'un ensemble d'atomes, à un instant particulier. En méditant ce principe, on doit se convaincre que, dans la microphysique, la durée antécédente ne pousse pas le présent, le passé ne pèse pas sur l'avenir. Puisque la figure de l'évolution d'un individu est entièrement homographique à la figure de

¹³ G. Bachelard, *La dialectique de la durée*, Paris, P.U.F., 1950, avant-propos, p. XI.

¹⁴ *Ibidem*, p. 27.

l'état d'une société, les conditions de structure peuvent s'échanger avec les conditions d'évolution»¹⁵.

Si, déjà au niveau physique, la facile continuité est troublée et le fil du temps « est couvert de nœuds », rendant le réel heurté et scintillant, les brisures restent cependant, à ce niveau, des accidents, échappant plus ou moins aux efforts de systématisation. Mais il en va différemment au plan intellectuel. Là, « les brisures sont solidaires de raisons dans l'activité psychique supérieure ; mieux, les petites variations énergétiques impliquées dans l'activité psychique supérieure entraînent des idées nouvelles. C'est là qu'on peut dire : à petites variations, grands effets »¹⁶. À écouter Bachelard, le dynamique prime alors sur le cinématique et engage une véritable algèbre des actes. Pour la décrire, Bachelard s'appuie apparemment sur des figures classiques traditionnellement associées à une volonté active (axes, droites, arêtes). La géométrie d'un psychisme adroit reste donc euclidienne : « les lignes courbes aux inflexions paresseuses sont des lignes de moindre pensée, de moindre vie spirituelle »¹⁷. Bachelard privilégie un ordre voulu entièrement construit, et visiblement modélisé par une topologie discrète : une « *analysis situs* » des instants actifs¹⁸.

La durée se construit donc à partir de là comme une série de « consolidations » et de superpositions. La *consolidation* (terme emprunté à Emile Dupéel), est un mode de stabilisation de la durée par régularisation ou densifications des actes intercalaires dont elle est faite, dégageant finalement une probabilité ordinale (non quantifiée) des décisions individuelles. L'idée d'une superposition des durées résulte, elle, de considérations empruntées à la physique quantique, qui place au cœur de sa conception du réel, non plus le mouvement mais le changement. Le temps spirituel semble en effet plus proche des « inconséquences quantiques que des cohérences rationnelles ou des consistances réelles »¹⁹. Or ce temps pensé, loin du temps psychologique et du temps biologique est un temps ordonné verticalement, dont le sommeil opère une désorganisation, mais que la veille rend cohérent. A ce temps ordonné en harmoniques verticales correspond tout naturellement une forme étagée du moi, autrement dit, une fonction consciente que Bachelard développe en cogito successifs, jusqu'à la quatrième puissance (cogito)⁴, ainsi que tout une psychologie composée, impliquant des sentiments liés à des exposants ((feinte)ⁿ ou (amour)ⁿ).

Bachelard considère même que l'essence de la musique ne se tient pas dans la mélodie, tout habitée d'une ligne temporelle horizontale, mais bel et bien dans la dialectique du son et du silence, que rend plus claire la théorie des superpositions rythmiques. Proche de Rameau, apparemment, il privilégie l'harmonie par rapport à la mélodie, et préconise une vie musicale « vraiment accidentée et libre », c'est-à-dire débarrassée de sa « viscosité sentimentale »²⁰. Poussés à l'extrême, ces harmo-

¹⁵ *Ibidem*, p. 62.

¹⁶ *Ibidem*, p. 67.

¹⁷ *Ibidem*, p. 70.

¹⁸ *Ibidem*, p. 73.

¹⁹ *Ibidem*, p. 91.

²⁰ *Ibidem*, p. 124.

riques du temps pensé, de plus en plus « lacuneux », débouchent sur cet « exact décousu » qu'est la causalité poétique où l'on va d'un centre à un centre, d'une ondulation à une autre, dans une manière de repos vibré du psychisme.

La réflexion de Bachelard peut alors se clore sur cette idée d'une rythmanalyse générale empruntée à Pinheiro dos Santos. Matière, vie, psychisme apparaissent alors soumis à des rythmes et c'est l'ensemble de l'être qui se présente désormais sous un aspect vibratoire. « Si la matière inerte entre déjà en composition avec les rythmes, il est bien sûr que, par sa base matérielle, la vie doit avoir des propriétés profondément rythmiques »²¹. Mais en fait, l'esprit tout entier est en proie à une activité rythmanalytique : c'est lui le véritable « maître des arpeges »²². L'« énergie spirituelle » est, selon Bachelard, de toutes les énergies, la plus près de l'énergie quantique et ondulatoire. Il faut donc contribuer à installer une bonne structure vibratoire dans l'esprit, ce qui est un problème à la fois pédagogique, psychologique et même moral : au-delà de ce qu'a fait la psychanalyse, qui a sous-estimé la vie consciente et rationnelle de l'esprit, il convient de régler ses ondulations. Bachelard en vient ainsi à défendre des rythmes lents, où « l'esprit impose sa maîtrise sur la vie par des actions peu nombreuses et bien choisies »²³, d'où la nécessité de fonder cette vie de l'esprit sur des repères bien distribués, pourquoi pas une vie champêtre ? « Faut-il, par exemple, rappeler l'intérêt qu'une vie sage et pensive trouve à se régler sur le jour, sur la marche régulière des heures ? Faut-il dépendre la durée bien rythmée de l'homme des champs vivant d'accord avec les saisons, formant sa terre sur le rythme de son effort ? »²⁴ Certes, Bachelard tempère cet appel à la régulation champêtre en notant que l'encadrement de la vie humaine dans ces grands rythmes naturels fixe plutôt le bonheur que la pensée. Et loin de céder au lyrisme de Pinheiro dos Santos, qui valorise l'enfance, il insiste sur la nécessité d'une élaboration spirituelle de ce lyrisme, engageant surtout à faire chanter les idées. Il n'en demeure pas moins qu'une sorte de poétique ascétique²⁵ semble, en tout cas dans ce texte, un véritable opérateur d'intégration des harmoniques de la durée.

Conclusions : physique et poétique

Bachelard, nous le savons, n'acceptait pas volontiers les réflexions théoriques que les physiciens, à la suite du renouveau opéré par la théorie de la relativité générale d'Einstein, menaient désormais de façon banale en cosmologie²⁶. Ces « univers brevetés d'ingénieurs » lui semblaient quelque peu factices et la possibi-

²¹ *Ibidem*, p. 138.

²² *Ibidem*, p. 139.

²³ *Ibidem*, p. 147.

²⁴ *Ibidem*.

²⁵ Bachelard, certes, parle d'un « ascétisme épicurien » (p.150), notamment éprouvé appliquant à la poésie de Valéry les schèmes de la dialectique temporelle.

²⁶ G. Bachelard, « Univers et réalité » (1939), in *L'engagement rationaliste*, Paris, P.U.F., 1972, p. 104 : « Dans mon cas personnel... l'idée d'Univers se présente comme une antithèse de l'idée

lité même de développer une cosmologie « scientifique » lui paraissait trop ambitieuse et par là-même discutable. Dans son épistémologie prudente, régionale, et toujours en progrès, l'univers tout entier ne pouvait jamais devenir un « objet ». C'est pourquoi, sans doute, alors même que la relativité restreinte lui avait inspiré une conception particulière du temps²⁷, développée dans *l'Intuition de l'instant*, jamais la relativité générale ne se transforma chez lui en cosmologie philosophique.

D'une transposition philosophique de la théorie de la relativité générale eût pu cependant résulter une étude systématique où le philosophe eût sans doute été à même d'articuler des espaces-temps individuels en une véritable cosmologie.

A la place d'une telle synthèse – qu'il n'a jamais envisagé ou, du moins, à laquelle il a probablement renoncé –, deux types d'analyse laissant pratiquement le temps et l'espace à l'état séparé²⁸, se sont mis en place, toutes deux rendues effectives par le modèle de l'analyse harmonique : une poétique de l'espace comme analyse des sites de la vie intime, et une poétique de la rêverie comme phénoménologie des images littéraires. S'il fallait leur trouver des modèles, nous dirions que la première s'inspire de façon lointaine de la Topologie (*analysis situs*) et la seconde de l'Analyse (le calcul différentiel).

Avec le problème de l'adéquation des métaphores mathématiques au réel, dont la pertinence est toujours en question chez Bachelard, c'est là la seule limite que nous voyons à cette analyse, qui, par ailleurs, révèle une conscience épistémologique très vive de la valeur, à la fois scientifique, rationnelle et pédagogique, de cet opérateur majeur de l'analyse harmonique moderne : la transformée de Fourier.

Daniel Parrochia
 Université Jean Moulin, Lyon 3
 daniel.parrochia@univ-lyon3.fr

d'objet. [...] L'univers est l'infini de mon inattention. [...] L'idée d'Univers réalise de mon point de vue, une perte de structure. »

²⁷ Il s'agit de l'absolu de l'instant comme différentielle d'espace-temps, tel qu'il se déduit de la forma quadratique de Lorentz. Cf. D. Parrochia, *Les grandes révolutions scientifiques du XXe siècle*, Paris, P.U.F., 1997.

²⁸ La seule nuance qu'on puisse faire intervenir ici est le sentiment que procure la *Poétique de l'espace* que l'espace – en tout cas chaque site important de la vie intime – est, en fait, du temps concentré.