

A PROPOS D'UN RÉCENT LIVRE DE FRANCIS FER :

"L'irréversibilité, fondement de  
la stabilité du monde physique "

par M. José VASSALO-PEREIRA

(Faculté des Sciences de Lisbonne, PORTUGAL)

Quelqu'un a prétendu un jour que l'innocence se perdait dans la science moderne - et sans doute pourrait-on ajouter que l'on fait bien tout ce qu'il faut pour ça. L'idéologie - hors de laquelle il n'est point de salut - a gagné la Physique en y imposant l'existence de domaines clos à l'intérieur desquels une doctrine stricte permet non seulement de répondre à tout (ce qui s'est bien fait de tous temps) mais aussi - ce qui semble être l'apanage aberrant de tendances récentes - d'assurer qu'il est inutile de chercher à comprendre ce qui se passe au dehors. Voilà pourquoi l'innocence est devenue rare, même si notre capacité d'étonnement n'a pas changé : on n'ose plus avouer qu'on doute, de peur d'enfreindre le dogme, risquer l'hérésie, manquer à la bienséance ou - pire encore - de perdre ses efforts et son temps.

En vérité, à l'âge de la Mécanique Quantique quinquagénaire, dominatrice et sûre d'elle, il faut plus que de l'innocence pour avouer, par exemple, qu'on s'accommode mal du dogme de "l'indescriptibilité spatio-temporelle des transitions quantiques" et que, après tout, on demeure sensible à la vieille tentation de vouloir les décrire "par figures et mouvements". Il faudrait aussi retrouver une sorte de virginité intellectuelle pour aller s'offusquer des entorses flagrantes subies par les Mathématiques dans le seul but de leur faire dire ce qu'elles ne diraient pas si elles étaient correctement employées alors que, précisément, ces incohérences logiques sont indispensables à la Mécanique Quantique pour étayer nombre de concepts et de théories. - Le concept de probabilité de transition par unité de temps (et plus générale-

ment toute la théorie quantique du rayonnement) restent des exemples flagrants de cette démarche. Que dire aussi des innombrables raisonnements statistiques qu'on superpose à la Dynamique Hamiltonienne en vue de la rendre apte à expliquer l'irréversibilité macroscopique, alors que de toute évidence elle ne peut y parvenir au niveau corpusculaire qui est le sien ? Ce miracle qu'on serait prêt à accepter comme une simple conséquence de raisonnements statistiques sur les grands nombres montre bien à quel point est ancrée en nous la fâcheuse habitude de préférer une explication manifestement fautive à l'absence d'explication. Allons plus loin : sans doute seuls les esprits obtus ou réactionnaires peuvent encore trouver quelque chose d'inquiétant dans ce bon vieux principe de moindre action. Et pourtant, si le contenu manifestement téléologique d'un tel principe, où les trajectoires intéressées semblent progresser comme si le futur leur était connu d'avance (et non pas en fonction de leur situation instantanée), ne semble plus troubler personne, c'est que l'innocence se perd effectivement ou "que notre âme, hélas, n'est plus assez hardie".

Les problèmes que l'on vient de rappeler comptent parmi les questions abordées dans son livre par Francis Fer <sup>(1)</sup> à qui ne manquent ni l'innocence pour s'en étonner - ce qui, au demeurant, ne serait pas un moindre mérite - ni surtout, ce qui est une affaire d'une toute autre envergure, la hardiesse pour proposer une voie de recherche pour les résoudre. Car on peut effectivement se demander si le temps n'est pas venu de crier que le roi est nu et de chercher à l'habiller : comme le montre l'auteur tout au long de son livre, la Dynamique Hamiltonienne, de quelque façon qu'on la tourne, est "congénitalement" incapable de rendre compte de l'irréversibilité, et l'on ne saurait s'attendre à ce qu'il en soit différemment pour la théorie de Bohr et la Mécanique Quantique, bâties sur les mêmes moules. Alors qu'elle est toute puissante dans le domaine des états stationnaires, les transitions irréversibles entre ceux-ci lui échappent totalement et on comprend que dans son idéologie close la tentation puisse venir à la Mécanique Quantique de les proscrire comme inexplicables parce qu'inexplicables, indéchiffrées parce qu'indéchiffrables : "natura facit saltus". Les transitions n'existent pas et on n'a pas à résoudre une question inexistante.

A la suite de Louis de Broglie, l'auteur présente (chaps. 2 et 3) des raisons physiques qui le confirment dans l'idée que ces

transitions quantiques existent et sont descriptibles spatio-temporellement, la dynamique qui les régit devant être une dynamique plus fine que la version hamiltonienne bien connue, expliquant l'irréversibilité de telles transitions et la stabilité et l'ergodicisme des états stationnaires discrets, dans la description desquels elle doit rejoindre la théorie habituelle. Avant de s'attaquer à ce programme ambitieux (qu'il ne prétend d'ailleurs pas avoir rempli) l'auteur passe en revue tous les interdits jetés sur celui-ci par la théorie actuellement régnante. Selon ses vues, la faiblesse de la Mécanique Quantique ne réside pas "a priori" dans l'interprétation probabiliste qu'elle donne pour le  $\Psi$  et par là-même dans les postulats qui étayaient cette conception: une axiomatique en vaut bien une autre pour autant qu'elles conduisent aux mêmes prévisions vérifiables et c'est pourquoi la suprématie de l'une sur l'autre ne saurait se chercher (en attendant que des expériences assez fines permettent de les distinguer dans leurs prévisions) que dans leur cohérence interne. Or c'est là ce que fait l'auteur qui nous montre que l'axiomatique de la Mécanique Quantique est pour le moins ambiguë, puisqu'elle postule sa validité dans des conditions qui en fait ne se trouvent pas respectées dans l'expérience, contredisant ses propres principes, d'un côté, et les Mathématiques de l'autre.

Dans le chap. 4, l'auteur étudie un exemple tiré de la théorie des cycles limites qui obéit en tout aux exigences citées plus haut d'ergodicité, stabilité et quantification et qui reproduit d'une façon extrêmement suggestive le schéma des orbites quantiques de Bohr. Si un tel exemple ne prétend pas constituer une théorie des transitions quantiques, il a du moins l'avantage de montrer que la recherche d'une telle théorie n'est nullement dépourvue de sens et surtout de nous confirmer dans l'idée que la solution ne peut être trouvée que du côté des dynamiques non hamiltoniennes.

Mais parmi celles-ci laquelle choisir ? Selon l'auteur, il faut prendre les mécaniques de type héréditaire, la justification de ce choix faisant l'objet des chapitres suivants. Cette mécanique héréditaire est celle qui découle de la prise en considération de la vitesse de propagation finie des effets électromagnétiques et l'auteur rappelle que c'était déjà l'avis de Ritz qui, en 1908, voyait dans les potentiels retardés la véritable explication de l'irréversibilité. Celle-ci aurait donc sa source dans

les processus microscopiques élémentaires eux-mêmes et non pas dans un quelconque effet statistique paradoxalement amené par un grand nombre d'évolutions microscopiques ... réversibles.

Ce phénomène thermodynamique - et pourtant situé au niveau corpusculaire - de l'émission irréversible de rayonnement par une charge accélérée est étudié au chap. 5, en partant d'une formule célèbre déduite par Lorentz en 1892 laquelle se réduit à l'équation habituelle de Newton lorsqu'on prend  $c = \infty$  et qui, comme le montre l'auteur, n'est qu'une approximation d'une équation intégral-différentielle, c'est-à-dire, caractéristique d'une mécanique héréditaire. Cette mécanique héréditaire se complique un peu plus si l'on passe de la charge ponctuelle à la distribution continue de charge. La théorie que l'auteur développe ainsi pour l'électron considéré comme un petit globule étendu soumis aux effets cumulatifs de ses dimensions non nulles et des potentiels retardés, conduit effectivement à considérer une équation héréditaire formellement analogue à celle de Schrödinger. Malgré les difficultés épineuses de l'étude mathématique d'une telle équation (elle est intégral-différentielle, non linéaire, à temps retardé ... tout y passe) on peut en déduire un certain nombre de conséquences surprenantes : en effet, si l'on considère le cas particulier des régimes stationnaires, on rejoint la mécanique hamiltonienne et on trouve les solutions habituelles de l'équation de Schrödinger. En plus, sous certaines hypothèses d'approximation physiquement vraisemblables, on parvient non seulement à expliquer leur stabilité mais encore à donner une description des transitions entre ces régimes stationnaires.

On trouve au chap. 6 une discussion approfondie des notions d'irréversibilité et ergodisme statistiques et une minutieuse étude de leur possibilité d'occurrence pour des systèmes hamiltoniens - occurrence impossible pour celle-là et assez controversée pour celui-ci. En effet, et pour ce qui est de l'irréversibilité, à chaque fois qu'on prétend l'avoir déduite à partir de raisonnements statistiques sur une mécanique hamiltonienne, on peut être sûr d'avoir introduit dans la démonstration ou quelque approximation mathématique ou quelque hypothèse subreptice fondamentalement étrangère aux équations de Hamilton. Il semble que l'échappatoire des mesures statistiques "fine" et "grossière" (préfigurant déjà cette situation typique de la mécanique quantique, où une propriété physique dépendrait de l'ignorance de

l'observateur) n'y pourra rien : l'irréversibilité macroscopique ne saurait provenir de la réversibilité corpusculaire du seul fait que le nombre de corpuscules est très grand. Loschmidt avait donc raison ... mais Boltzmann pourrait l'avoir aussi : son "chaos moléculaire" n'étant pas une conséquence évidente (c'est le moins qu'on puisse dire) de la mécanique hamiltonienne, il s'ensuit que la symbiose des deux, connue sous le nom de théorème H, peut être à l'abri du paradoxe de Loschmidt, lequel ne vise que les seules équations de Hamilton. Pourquoi alors, tout simplement, ne pas abandonner celles-ci et chercher dans les phénomènes corpusculaires microscopiques la source de l'irréversibilité ? A ce niveau, souligne l'auteur, nous connaissons un seul phénomène dans ces conditions : la perte d'énergie électromagnétique des charges accélérées à laquelle nous faisons allusion plus haut. Nous avons vu que sa dynamique est en dernière analyse, du type héréditaire, et l'auteur montre par quelques raisonnements heuristiques qui méritent d'être approfondis, comment ce modèle pourrait rendre compte de la génération d'entropie.

Ces considérations sont développées au chap. 7, dans lequel le point est fait de la situation et les grandes lignes (ou devrait-on dire les grands desseins) des recherches futures sont esquissées. Sur l'exemple de l'équation de Fourier pour le transfert de la chaleur on dérive l'irréversibilité en partant du modèle héréditaire microscopique. On devine que la justification pourrait être la même pour tout autre phénomène macroscopiquement irréversible.

On arrive ainsi à la conclusion que cette mécanique héréditaire (dont l'auteur ne tient d'ailleurs pas à cacher les mystères intrinsèques) pourrait fort bien se trouver à l'origine de l'explication de tous les phénomènes irréversibles, et sans doute le lecteur arrivé à la fin de cet ouvrage est-il prêt à se laisser défaire des résistances qu'il avait pu éprouver au départ vis-à-vis de l'emploi d'un tel outil, tellement les arguments de Francis Fer semblent convaincants.

Quoiqu'il en soit, et même pour ceux qui seront plus réservés à l'égard de la voie de recherche proposée dans ce livre, il semble indéniable qu'elle est appelée à jouer un rôle décisif dans la description des phénomènes non stationnaires, corrigeant

ou remplaçant la conception hamiltonienne trop essoufflée - en attendant, peut-être, "une tierce opinion d'ici à mille ans".

(<sup>1</sup>) Francis Fer : L'irréversibilité, fondement de la stabilité du monde physique, Collection "Discours de la Méthode" (dirigée par Boris Rybak) - Gauthier-Villars, Paris, 1977.