

NIVEAUX D'ORGANISATION, CHANGEMENTS DE NIVEAUX, FINALITE LEVELS OF ORGANIZATION, LEVEL CHANGES, FINALITY

Francis Bailly

Abstract

The concepts of levels of organization and those of level changes play an important role in many domains, whether discontinuities on the phenomenal level, hierarchical structures, or more or less integrated organizations have to be taken into account. But, in the absence of objective and operative criteria, their precise characterization often remains difficult and ambiguous.

We propose to clarify these concepts through the discussion and comparison of their applications in various scientific disciplines.

With this in view two requisites have to be fulfilled simultaneously for the characterization of organization levels and level changes :

- 1) At least one intensive quantity of the system in question has to become infinite (which may correspond to the existence of some discontinuity in the observed phenomena),
- 2) This infinite limit has necessarily to be accompanied by a change in the objects or elements which are relevant for the empirical and theoretical description of the system.

The strengthening of these requisites by the introduction of strong conditions of criticity enables us to define the notion of emergence and to discuss the relevance of the concept of finality.

1. Introduction

Quel rapport peut-il y avoir entre des niveaux associés à des types logiques (langages, métalangages), des niveaux de structures mathématiques (topologique, différentiable, analytique, algébrique, métrique), des niveaux d'énergie ou des niveaux de réalité (nucléons, atomes, molécules) en physique, des niveaux

d'organisation en biologie (cellules, organes, organismes, espèces), des niveaux d'organisation sociale (hiérarchies, partage des tâches, rôles) dans les sociétés animales, des niveaux de structuration psychique (inconscient, préconscient, ou ça, moi, surmoi), des niveaux de signification et d'interprétation des rapports humains et des échanges langagiers?

En dehors de toute caractérisation purement formelle, c'est à dire dégagée des contenus et significations associés à chaque secteur de connaissance empirique ou théorique, il n'y en a en fait que très peu. Hormis cette évocation assez vague d'une structure discrète et plus ou moins hiérarchisée, évocation qui fait qu'on utilise spontanément le même terme pour décrire ces réalités a priori différentes. Mais cet usage spontané peut aussi recouvrir l'intuition de l'existence d'une parenté formelle. Celle-ci permettrait alors, si on la dégage et l'explicite, de procéder à une catégorisation plus rigoureuse qui elle-même justifierait et délimiterait cet usage [1a-b].

En effet, spontanément, la représentation en termes de niveaux en appelle à une discrétisation dans le champ épistémique ou phénoménal. Dire discrétisation, c'est dire a fortiori discontinuité. De fait si des niveaux peuvent être distingués et caractérisés c'est que l'on peut toujours indiquer, pour une observable au moins, une telle discontinuité. On notera alors que la discontinuité d'une grandeur (en fonction d'une variable pertinente) implique la divergence au point de discontinuité - point critique - de sa dérivée (par rapport à cette variable). On tendra donc à associer d'une façon ou d'une autre, changement de niveau à passage à une limite infinie (divergence).

C'est le cas par exemple dans les transitions critiques en physique. Toutefois, du fait que les points critiques sont en général isolés ou en nombre fini, on serait plutôt porté à considérer que de telles divergences isolées correspondent à l'expression d'une singularité locale élémentaire (dans l'espace de représentation adéquat, qui ne coïncide pas nécessairement avec l'espace physique habituel). Cette singularité deviendrait certes déterminante par rapport à la régularité ambiante initiale mais la transition définirait alors moins un "niveau" par rapport à un autre qu'un "état" de l'objet considéré par rapport à un autre (un système qui devient global par l'effet d'un passage à l'infini d'une longueur de corrélation entre ses éléments en interaction, sans que pour autant ces interactions en soient modifiées ni qu'on puisse définir de parties s'intégrant fonctionnellement dans l'autonomie d'un tout).

Si l'on désire conserver l'heuristique de la criticité pour aborder la question des niveaux, heuristique qui peut en effet

s'avérer féconde (ne serait-ce qu'en introduisant le concept de renormalisation) on devrait associer le niveau d'organisation proprement dit, pour le moins à un ensemble dense (et donc infini) de points critiques en sorte qu'une certaine régularité - au sens d'une équivalence entre domaines singuliers locaux - serait restituée. L'image et l'outil conceptuel les plus appropriés pourraient alors être trouvés dans une dimensionalité géométrique fractale [2] associée au changement de niveau d'organisation en liaison avec l'apparition d'un rôle fonctionnel. Cette fractalité peut se manifester de façon spatiale dans la structure même des objets engagés dans le changement de niveau et la fonctionnalité mais elle peut se révéler aussi à l'analyse des conditions de genèse de ces structures par exemple comme attracteur étrange dans l'espace de phase où prend place la dynamique qui gouverne cette genèse ou même qui régit le fonctionnement lui-même (cf.[3a-c] pour une discussion sur ces points).

Le changement de niveau ainsi spécifié serait alors affecté d'un certain indice de réalité et de détermination d'existence dans la structure de son objet, à l'inverse de ce qui apparaît dans certains cas où, si des discontinuités peuvent être facilement rencontrées et désignées, leur rôle tout important qu'il puisse être pour les propriétés du système n'est pas déterminant pour lui au sens où ils n'impliquent nullement, ni même n'indiquent, l'apparition d'une régulation ou d'une intégration fonctionnelles. Par exemple en physique les niveaux quantiques d'énergie ne peuvent être considérés comme des niveaux d'organisation en un sens plein, alors que l'on serait beaucoup plus enclin à en trouver une figure acceptable dans la hiérarchie: particules élémentaires, nucléons, atomes, molécules.

Pour tenir compte de ces remarques on est donc conduit à distinguer deux déterminations, plus ou moins larges ou strictes, des notions de niveau et de changement de niveau : celle qui correspond à la description d'une suite d'états disjoints et au passage d'un tel état à un autre (acception dans laquelle on se référera à la notion de "complexité") et celle, plus stricte, qui prend en compte une réorganisation globale du système et de ses rapports internes, en sorte que devienne pertinente et utile pour la description la notion d'"émergence". C'est ce que nous voulons examiner maintenant.

2. Niveaux et complexité

Acceptons la représentation en termes de niveaux d'organisation

en un sens large, c'est à dire en ne faisant pas nécessairement intervenir entre eux des déterminations réciproques, régulatrices et intégratrices, et ne répondant donc pas nécessairement à la problématique du tout et des parties. Néanmoins on pourra utiliser efficacement les idées de complexité associée à un niveau donné et de complexification progressive, plus ou moins hiérarchisée, d'un niveau à un autre.

On peut en effet distinguer une complexification "verticale", hiérarchisante, qui fait passer d'un niveau à un autre et une complexification "horizontale", proliférante, qui opère dans un niveau (et y réunit éventuellement des conditions autorisant le passage à l'autre régime de complexification). Les logiques propres de ces effets ne sont, au moins dans un premier temps d'analyse et de description, pas mutuellement réductibles.

Le franchissement d'un niveau opère un peu à la façon d'une valve : on peut repérer la transition du bas vers le haut dans les termes du bas (démarche explicatrice) et localement, là où s'effectue le passage, interpréter ce qui appartient au niveau supérieur dans des termes appartenant au niveau inférieur (démarche réductrice), mais globalement, un niveau une fois développé par la prolifération de sa dynamique ne peut être réduit dans son ensemble aux termes du niveau inférieur : il acquiert une autonomie, ce qui, d'ailleurs, le constitue en niveau proprement dit.

Dans un niveau donné, au contraire, la prolifération ressortit à l'aspect combinatoire entre éléments et constellations d'éléments de ce niveau : les composants sont donnés, leurs agencements possibles sont illimités. On peut sans doute représenter une telle complexification par les effets d'ensembles de fonctions récursives conduisant à des ensembles de points fixes, de cycles limites, de comportements plus ou moins turbulents ou chaotiques. Ce faisant, les grandeurs et objets pertinents restent ceux qui ont permis de caractériser le niveau et les fonctions qui y opèrent.

Par contraste on fera donc l'hypothèse que le passage d'un niveau à un autre ne se représente valablement que dans la double caractérisation suivante :

1° Qu'une grandeur intensive pertinente, au moins, du niveau de départ doive être considérée comme passant effectivement à la limite infinie (cette grandeur est "pertinente" non pas seulement si elle appartient au niveau mais aussi si elle concourt à caractériser les objets ou leurs rapports, soumis au changement de niveau).

2° Que l'effet de ce passage effectif à la limite infinie conduise à rendre obsolète la spécification empirique et théorique

des objets attachés à cette grandeur et à devoir introduire dans la caractérisation du système d'autres objets (changement d'objets pertinents) que l'on considérera alors comme appartenant au niveau supérieur ou qui contribueront à le caractériser (cf. par exemple la procédure et l'interprétation de la renormalisation en physique).

On voit que la prolifération dans un niveau par effets de fonctions récursives peut préparer ou rendre possible un changement de niveau (pourvu que le seuil à franchir ait été défini) mais qu'il n'en va pas nécessairement ainsi.

Ainsi se trouve introduite une problématique qui peut s'avérer opératoire : confrontés à la question de savoir si, pour un ensemble donné, on est effectivement fondé à distinguer des niveaux d'organisation, on s'interroge sur la (ou les) grandeur d'intensité qui devient infinie et sur le (ou les) objet associé dont la pertinence est appelée à disparaître à ce niveau pour contribuer à la spécification de nouveaux objets pertinents à un autre niveau.

Bien souvent ce deuxième critère n'est pas rempli et une transition critique ne correspond pas nécessairement à un changement de niveau.

Par ailleurs, d'un point de vue gnoséologique et interprétatif, il faut remarquer que la complexification par changement de niveaux correspond à un changement concomitant dans le régime de causalité attaché à chacun d'eux. La première condition introduit la rupture : une excitation produit un effet qui lui devient incommensurable (susceptibilité infinie); la seconde établit le nouveau régime en modifiant la nature précise de ce sur quoi va porter l'interaction et en même temps, d'une certaine façon, le sens exact des termes "excitation" et "effet". Pour conserver invariantes les notions régulatrices d'objet et de loi causale, on est ainsi amené à considérer que le passage d'un niveau à un autre s'accompagne non seulement d'un changement de la nature des objets composants le système mais aussi d'un changement des classes d'interactions à prendre en compte et finalement de ce changement de régime de causalité que nous venons d'évoquer.

Tandis que si l'on s'en tient à la complexification dans un niveau, même si cette dernière peut donner l'impression de modifications profondes des objets sur lesquels elle opère, voire d'apparition d'objets imprévus, néanmoins le régime de causalité qui les régit reste inchangé (ce qui apparaît très clairement dans l'utilisation des fonctions récursives dont la loi ne change pas bien que la cumulation de ses effets puisse se manifester de façons très variées).

3. Niveaux et émergence

On peut convenir de caractériser un passage de niveau d'organisation à un autre en un sens plus fort que celui associé à la satisfaction des deux critères que nous venons d'énoncer. Par exemple, si la transition considérée met en jeu des passages à la limite infinie en une infinité dénombrable au moins de points de l'espace pris en compte (et notamment si on peut délimiter dans cet espace un ensemble dense de singularités). On aurait alors affaire à un ensemble de catastrophes généralisées et à une transition qui serait critique presque partout; on serait conduit à considérer que l'état de fonctionnement d'un tel système est installé *dans* la criticité, au lieu qu'auparavant la situation critique singulière était conçue comme transitoire entre deux états "réguliers"¹. C'est cette situation que l'on pourrait alors désigner sous le terme d'émergence et que l'on rapprocherait des situations qui peuvent nourrir l'analyse de la finalité, en biologie notamment. Précisons le premier point quittes à revenir plus tard, dans un cadre plus large, sur la question des rapports entre niveaux, émergence et finalité (partie 5).

A côté et en plus de la perspective habituelle (selon laquelle le biologique est descriptible en termes de suite de bifurcations s'écartant de plus en plus d'un ensemble d'états plus ou moins proche de l'équilibre pour aller vers une complexification loin de l'équilibre), considérons à l'inverse la situation biologique comme ensemble d'états minimalement stables [4a-b] atteints à partir d'états de grand déséquilibre (potentiellement chaotiques). Pour rendre la démarche plus intuitive, développons une analogie.

Au départ nous pouvons imaginer un état métastable, très loin de l'équilibre et de potentiel très élevé par rapport à une variable-germe donnée (alors qu'il pourra être considéré comme structurellement stable relativement à un ensemble d'autres variables). Par exemple un ovule mûr. Sous l'effet du déclenchement dû au germe (la fécondation, en l'occurrence) s'établit une évolution rapide mais réglée (la prolifération d'une embryogenèse) aboutissant à une suite d'états minimalement stables relativement aux contraintes externes, mais surtout relativement aux contraintes internes (par exemple celles imposées par un programme génétique). Cette suite d'états minimalement stables conduit à des productions de morphologies (morphogenèse) d'une part et à l'établissement de rapports fonctionnels qui leur sont associés (fonctions et fonctionnements) d'autre part, le tout contribuant à caractériser l'organisme vivant.

On est ainsi, avec ces deux scénarios, confronté à une double description d'un processus qui aboutirait à l'apparition d'une

entité biologique :

- Celle que nous avons mentionnée au début et qui à partir d'écart à l'équilibre et sous l'effet d'un déclenchement par fluctuation dans une zone de criticité conduit à une séquence de bifurcations hors d'équilibre visant à se stabiliser; cette description correspond au mieux à une réductibilité physico-chimique des phénomènes biologiques.

- Celle qui, ensuite, vient d'être présentée et qui, à partir d'une situation très loin d'un équilibre et sous l'effet d'un déclenchement piloté par programme conduit à une configuration minimalement stable. Cette description, à travers le programme (mais aussi à travers la figure de stabilisation d'un chaos) renvoie beaucoup plus à une représentation en termes finalistes.

C'est entre ces deux limites extrêmes dont les points de départ sont opposés que se situe la zone critique étendue que nous avons considérée et que nous présentons comme le siège des processus biologiques².

Les avantages de la prise en compte de cette double description sont importants :

- Comme on l'a déjà vu, ils précisent le rôle et l'effet des niveaux d'organisation dans les processus de régulation et d'intégration.

- En même temps ils conduisent à ne plus représenter le biologique comme "simple" seuil de transition critique, mais à l'installer dans une large zone de criticité offrant place à une grande variabilité interne.

- Enfin ils lèvent l'apparente incompatibilité des explications en termes de causalité déterministe et en termes de finalité, ce qui semble essentiel à la cohérence et à la complétude de la compréhension biologique (cf. partie 5).

4. *Discussions*

Revenons sur certains des exemples cités au début pour illustrer ces considérations.

4.1. Les niveaux d'énergie présentés par un système quantique correspondent bien à un ensemble de discontinuités dans la distribution de l'énergie et à l'existence de transitions énergétiques brusques pour les particules qui passent d'un état d'énergie à un autre. En cela ils répondent à la caractérisation usuelle des niveaux mais les transitions en question ne s'accompagnent d'aucun changement d'objet pertinent pour la description (quanta, énergies) et donc non plus d'aucune réorganisation conceptuelle du champ phénoménal ou explicatif.

On ne considérera par conséquent pas ces niveaux comme de réels niveaux d'organisation au sens que nous avons délimité.

D'un point de vue quelque peu complémentaire, on peut s'interroger sur les niveaux que l'on discerne lors de grands changements d'échelles d'observation des phénomènes, passant d'une description en termes de constituants microscopiques en interaction à une description en termes de propriétés macroscopiques (cf. l'importance du rôle de la physique statistique dans le passage d'un ensemble d'atomes et molécules aux solides ou aux propriétés thermodynamiques des gaz). Il y a bien, dans ce cas, un changement d'objet pertinent (on passe des atomes en interaction à tout un volume gazeux dont on étudie les propriétés à une échelle bien plus grande) mais il n'y a pas, cette fois, à proprement parler de discontinuité décelable des propriétés d'aucun des constituants, sous-systèmes ou systèmes pris en compte. Le changement d'échelle intègre certes, via le traitement statistique, des propriétés élémentaires locales mais les résultats apparaissent en termes de *moyenne* globale sur les valeurs locales sous-jacentes et non en termes de discontinuité d'une valeur à une autre (comme dans les situations critiques). Une illustration typique de cette situation est le passage à la limite thermodynamique en état non critique d'un système de N constituants occupant un volume V : on fait tendre à la fois N et V vers l'infini mais en conservant constant le rapport N/V , c'est à dire la densité du système; seules les grandeurs extensives deviennent infinies et les grandeurs intensives sont peu modifiées (toujours en état non critique). On a donc ici, avec le simple changement d'échelle, un exemple de nature différente relativement à des niveaux en un sens intuitif mais qu'on ne considérera pas comme tels en un sens fort. En effet, répétons-le, il y a bien changement d'objet pertinent mais pas de discontinuité ou passage à la limite infinie d'une grandeur d'intensité du système (alors qu'avec le cas des niveaux quantiques c'était l'inverse : on avait bien discontinuité mais pas changement d'objet).

En ira-t-il de même, pour changer complètement de domaine, des niveaux de langue que l'on distingue en logique formelle et théorie des modèles (théorie des types, rapports entre langages et métalangages)? Ces changements de niveaux s'accompagnent pour leur part de ce que l'on peut appeler sans abus excessif un changement d'objet pertinent (par exemple dans une logique du second ordre on peut quantifier sur les variables de prédicats ou les sous-ensembles d'un ensemble, alors que dans une logique du premier ordre on ne peut quantifier que sur les éléments de

l'ensemble; ainsi on constate que les ontologies de base sont transformées dans le passage de l'une à l'autre). D'autre part, si aucune discontinuité de propriété n'affecte à proprement parler les éléments concernés quand ils passent d'un niveau à l'autre (des éléments de nature différente s'ajoutent ou se retranchent sans que l'on puisse indiquer une discontinuité des propriétés du système ou l'existence d'un passage à la limite infinie), en revanche la transition n'est pas totalement exempte d'une problématique relativement au fini et à l'infini et ce dans une version qui associe en quelque sorte l'intensif et l'extensif. Considérons par exemple l'axiomatique de Peano pour l'arithmétique. Le passage du premier au second ordre entraîne, d'une part que le schéma d'axiome d'induction (qui au premier ordre équivaut à une infinité d'axiomes) se transforme en un axiome unique au second ordre et, d'autre part que la cardinalité de l'ensemble de base sur lequel porte la quantification est modifiée: de dénombrable au premier ordre il acquiert la puissance du continu au second (du fait que l'on peut quantifier sur tous les sous-ensembles de l'ensemble initial). Ces caractéristiques peuvent nous faire conclure à un changement de niveau formel effectif.

Mais pour les niveaux d'organisation en un sens strict, associé à l'émergence, c'est bien évidemment la biologie qui en fournit les exemples les plus nets. Les passages à la limite infinie s'y concrétisent spatialement dans les structures fractales des interfaces d'échange, des surfaces de fonctionnement, des ramifications arborescentes; les passages du niveau de la cellule à celui de l'organe, de celui des organes à celui de l'organisme représentent une intégration fonctionnelle où le changement d'objet pertinent (des parties à leur intégration dans un tout) apparaît clairement. Relativement à la genèse et au fonctionnement biologiques, c'est dans l'espace des phases des dynamiques sous-jacentes qu'apparaissent les singularités, en particulier en termes d'attracteurs étranges et de régimes plus ou moins chaotiques. Les niveaux d'organisation (structure) correspondent alors aux niveaux de fonctionnement (fonction), l'articulation des uns et des autres autorisant la conjonction des processus intégrateurs (vers la totalisation) et régulateurs (vers le contrôle diversifié du tout sur ses parties).

Se trouvent ainsi couplées trois instances déterminantes du réel biologique : ce qui relève de la genèse et du développement, ce qui relève des structures et des formes, ce qui relève des fonctions et du fonctionnement (associées respectivement : aux dynamiques sous-jacentes comme telles, aux propriétés de leurs

attracteurs et de leurs mesures, à la nature globale de leurs portraits de phase selon les valeurs des paramètres [3c]). On conçoit que l'on puisse alors donner un sens plus précis au terme d'émergence comme à la caractérisation des niveaux et des changements de niveaux qui l'accompagnent.

4.2. Nous nous sommes intéressés principalement, en vue d'une définition aussi stricte et technique que possible des niveaux d'organisation, aux disciplines de sciences exactes et naturelles (physique, biologie) pour lesquelles la discussion critique et les possibilités de réfutation rendaient l'arbitraire plus difficile. Mais il va de soi que si nous nous sommes situés à un degré d'abstraction suffisant pour demeurer formels nous devons pouvoir disposer de catégorisations à portée et extension plus larges. Nous voudrions illustrer brièvement une telle extension dans les domaines de l'argumentation philosophique et de la psychologie cognitive pour revenir, à l'inverse, dans la conclusion, à des restrictions du concept de niveau selon la nature des contenus et des ontologies régionales auxquels on cherche à l'appliquer ou desquels on cherche à l'extraire.

Mais auparavant une précaution s'impose : nous devons souligner le fait que dans cette comparaison et cette discussion sur la question des niveaux nous nous sommes jusqu'à maintenant limités - et nous continuerons à nous limiter - principalement à une approche analytique et statique portant sur des aspects structurels et formels. Nous laissons presque toujours de côté (hormis quelques exceptions) les questions relatives à la nature des dynamiques effectives de passage d'un niveau à un autre et à la nature des déterminations mutuelles de ces niveaux entre eux par rapport au fonctionnement dans lequel ils sont engagés. En particulier le problème des hiérarchies dynamiques et des enchevêtrements hiérarchiques éventuels des niveaux, quand ils opèrent dans un système plus ou moins autoorganisé n'a pas été et ne sera pas abordé ici.

Or on sait que cette question est essentielle à un double titre: d'une part relativement à la genèse et au fonctionnement des systèmes autopoïétiques [6], notamment nombre de systèmes biologiques, et d'autre part, justement, dans tout le secteur où l'analyse extensionnelle se révèle notoirement insuffisante pour l'élaboration d'une intelligibilité acceptable et même pour rendre compte de la phénoménalité observée et étudiée, c'est à dire dans tout le secteur des sciences humaines et sociales et de la philosophie. Dans ces domaines en effet la caractérisation intentionnelle, en compréhension, devient déterminante dans la mesure même - nous y insisterons - où c'est la question des

significations qui se trouve engagée de façon centrale et, elle aussi, déterminante. Du coup, interprétation et circulation entre niveaux y jouent un rôle peut-être plus important encore du point de vue opératoire (en production) que la caractérisation même (en reconnaissance) de ces niveaux comme tels.

Aussi, ne prenant pas ici en compte ces dimensions, ne pouvons nous qu'attirer dès maintenant l'attention sur le caractère partiel et limité des comparaisons présentées ici relativement à ces disciplines. Moyennant ces restrictions de principe il reste possible de procéder à quelques analyses formelles dont l'intérêt pour la compréhension demeure important.

Prenons l'exemple des théories relatives à l'a priori transcendantal de la communauté communicationnelle [7a-b] et examinons très brièvement la structure de la démarche (telle que nous avons pu la percevoir) pour essayer de la restituer dans nos termes et selon notre perspective : la régression argumentative à l'infini se "somme" (presqu'au sens de la somme d'une série convergente) dans l'acte de réflexion transcendantale sur les conditions de possibilité de l'argumentation elle-même. Ce faisant, avec cette sommation, se trouve réellement accompli un changement de niveau (théorique ou cognitif) dans la pensée car l'on peut, à l'image des sciences objectives, déceler à la fois le passage à la limite infinie (avec la régression et la sommation) et le changement de l'objet pertinent (la renormalisation). En effet, dans ce cas le changement de l'objet pertinent peut être assimilé au passage de la série des arguments et de leurs enchaînements (sur le terrain de l'enjeu à propos duquel il y a lieu d'argumenter) à leur positionnement comme faits ou comme objets relativement aux conditions de leur possibilité d'existence même (en tant que participant d'une argumentation en général et en cela déterminés par l'existence a priori de la communauté communicationnelle) : le niveau de départ est coextensif à la teneur des arguments, le niveau d'arrivée correspond à ce fait que des arguments soient possibles et reconnus comme tels de par l'acte d'argumentation lui-même.

De même dans le domaine très différent de la psychologie cognitive, la mise en évidence de différents stades de développement fait écho, à certains égards, à la problématique des changements de niveaux. Ainsi Piaget et Garcia [8] écrivent-ils :

"Le développement des connaissances ne s'effectue pas grâce à l'accumulation continue de nouvelles connaissances (avec le rejet concomitant des concepts et des hypothèses

qui se sont avérés infructueux ou faux); au contraire, il s'effectue par étapes qui représentent des niveaux cognitifs caractéristiques, tels que dans chaque étape il y a une ré-organisation des connaissances préalablement acquises."

Apparaissent bien ici les deux traits caractéristiques que nous avons mis en évidence : avec le passage d'une étape à une autre s'introduit la discontinuité et avec la ré-organisation des connaissances se révèle l'équivalent dans ce domaine du changement de l'objet pertinent. Il est même possible d'aller plus loin dans l'analyse :

Les lois de changement de niveau cognitif dans l'histoire des sciences comme dans la psychogenèse [8] se traduisent par la succession des étapes dites "intra-", "inter-" et "trans-" (pour caractériser la nature des rapports relativement aux objets considérés; dans l'exemple de la géométrie rapports intrafiguraux d'abord, puis interfiguraux et transfiguraux enfin, exemple généralisé ensuite à divers domaines de connaissances, telle la mécanique du mouvement, l'algèbre, etc.).

Chacune de ces spécifications prises isolément ne constitue pas à proprement parler un niveau au sens où nous l'avons considéré mais leur association dans la séquence qui permet la construction des connaissances se révèle constitutive de la procédure par laquelle s'effectue le changement de niveau cognitif lui-même.

En effet, on peut remarquer que dans le passage de l'intra à l'inter on repère ce que nous avons désigné comme la première condition du changement de niveau en général, à savoir la discontinuité; ce passage s'effectue en l'occurrence par la transition entre une pertinence dominante des relations internes à une pertinence dominante des relations externes et un début de la réorganisation concomitante du champ de connaissance.

De même, on décèlera dans le passage de l'inter au trans la deuxième condition du changement de niveau en général, le changement d'objet pertinent. Il correspond ici au passage du stade des rapports d'objets (si abstraits soient-ils) à celui des rapports entre *transformations* portant sur ces rapports d'objets (le nouvel objet d'étude et de compréhension est alors constitué, désormais, par la structure de ces transformations elles-mêmes en lieu et place de la structure des objets et de leurs rapports) et à l'achèvement, de ce fait, de la réorganisation du champ de connaissance initial.

5. Niveaux et finalité

Nous avons remarqué, dans la partie 3, que la caractérisation des niveaux au sens le plus fort introduisait, par delà la notion de complexification, à la notion d'émergence et offrait avec celle-ci l'esquisse d'une approche de la finalité en tant que concept régulateur des sciences de l'organisation [9]. Revenons brièvement sur ce point en essayant de montrer comment et en quoi la problématique des niveaux d'organisation peut se rapprocher de celle que privilégie une analyse orientée par le concept de finalité.

Entre les grands corps de disciplines (physique, biologie, sciences humaines et sociales), relativement à l'importance que revêt la considération d'une finalité, il existe comme un gradient épistémologique de pertinence.

(i) La finalité et l'argument finaliste sont irrecevables en physique et chimie où l'explication du caractère et du comportement du système relèvent exclusivement de la compréhension et de la théorisation des *interactions* (causes efficientes) auxquelles sont soumis les éléments du système : l'explication est essentiellement analytique (même si des lois, telles les symétries par exemple, peuvent jouer le rôle de causes formelles); les propriétés du système se dérivent de ces interactions élémentaires et se déduisent des lois mathématiques qui les formalisent. Le réductionnisme analytique et "atomistique" est donc là complètement fondé et la finalité ne saurait intervenir ni comme argument théorique ni, en général, comme référant à une propriété assignable du système (l'existence de lois d'extrémalisation, de même que les évolutions tendanciennes vers des états d'équilibre qui peuvent leur correspondre, ne permettent pas vraiment de parler de finalité au sens que nous avons retenu ici; tout au plus autorisent-elles à considérer plus globalement le système).

Cette situation correspond à l'absence de niveaux d'organisation ou à la caractérisation faible de ces niveaux (dans le cas des transitions critiques et des renormalisations associées) telles que nous les avons relevées précédemment sur des exemples physiques. On peut dire qu'ici le terme fonctionne de façon plutôt métaphorique et se rapporte principalement à une description empirique.

(ii) La situation est inverse dans le cas des sciences humaines pour lesquelles le rôle de la *signification* comme principe organisateur est primordial. Or la signification n'a, elle, de pertinence que relativement à une représentation finalisée de l'action et au postulat de l'intervention d'une finalité organi-

satrice des rapports humains. Cette finalité va jusqu'à prendre la forme consciente de l'intentionnalité, qui très souvent régit les rapports individuels et collectifs, ne serait-ce qu'au travers du langage et de son usage. Dès lors c'est le réductionnisme mécaniste qui perd sa portée heuristique pour la compréhension des phénomènes même si, bien entendu, la démarche analytique conserve sa valeur (mais elle s'applique désormais à l'étude d'effets réifiés, et non plus à celle des causes intentionnelles qui les produisent). Un peu comme si les significations ne se révélaient qu'autour d'une virtualité, le projet de signifier (comme finalité), et non plus autour d'une réalité comme c'est le cas pour les interactions physiques.

La question des niveaux au sens le plus fort semble ici omniprésente : niveaux de signification, niveaux d'interprétation, niveaux cognitifs, niveaux de langue. Nous avons vu qu'il était en effet possible, au prix de quelques réifications, de présenter des analyses mettant en évidence l'existence de tels niveaux (au sens technique que nous avons retenu), toutefois les simplifications auxquelles nous avons dû procéder pour y parvenir laissent ouverte la question de la portée, voire de la pertinence, de ce genre d'approche : prenons nous en compte des faits et des phénomènes effectifs, construisons nous vraiment des objectivités, avons nous affaire, là encore, à plus qu'une représentation imagée et métaphorique?

(iii) Le cas des sciences biologiques et des disciplines qui s'y rattachent (écologie, comportements sociaux d'espèces, ...) est à la fois plus clair et plus intriqué; il se présente pourrait-on dire de façon intermédiaire.

Pour caractériser les relations internes aux ensembles biologiques, dominés par la question des rapports (intégration, régulation) entre tout et parties, ce sont les termes de *fonction* et d'*organisation* qui conviennent le mieux. La causalité physico-chimique y occupe une place essentielle comme condition d'existence de ces structures et fonctions et en même temps comme ensemble de contraintes déterminant leur efficacité; mais la finalité fonctionnelle comme condition de constitution du tout à partir des parties et comme maintien de son individualité vivante (par rapport à ces parties mais aussi par rapport à un environnement extérieur) y joue un rôle non moins essentiel. Il suffit pour illustrer cette situation d'évoquer le développement des organismes et la nature de l'action du génome : on peut les décrire d'une part en termes analytiques et réductionnistes par la biologie moléculaire et d'autre part en termes d'exécution de programme et de raisons téléologiques correspondant au déploiement du patrimoine génétique. C'est le cas, on le sait, pour

la plupart des phénomènes biologiques, dès lors que l'on cherche à prendre en compte l'autonomie d'une globalité.

C'est une telle configuration naturelle que l'existence des niveaux d'organisation au sens plein rend possible. En effet, ce sont eux qui se révèlent constitutifs de la distinction entre les parties et le tout; ce sont les opérations de changement de niveaux qui réalisent l'activité fonctionnelle, l'intégration et la régulation; c'est à travers leur mise en place (géométriquement repérable) et l'activité dont ils témoignent que se délimite l'autonomie de l'individuation et que prend sens, avons nous vu, le concept d'émergence.

6. Conclusion

De ce tableau sommaire se dégagent quelques traits dominants : (i) Nous pensons avoir montré qu'il est en effet possible de reconnaître à l'oeuvre dans divers secteurs disciplinaires un concept formel de "niveau" qui réponde à des spécifications relativement bien délimitées. En précisant les critères correspondants nous avons pu conférer des éléments d'objectivité à de tels niveaux, mais en même temps nous avons été conduits à distinguer des acceptions faibles ou fortes renvoyant à des situations assez différentes entre elles pour ne pouvoir être confondues.

(ii) Toutefois nous avons dû constater qu'une simple définition formelle demeurerait insuffisante pour rendre compte des particularités disciplinaires : il nous a fallu introduire des qualifications plus discriminantes pour mieux répondre aux réalités de chaque secteur disciplinaire. Nous avons ainsi distingué entre niveaux interactifs de la physique, niveaux fonctionnels de la biologie, niveaux de signification des sciences humaines et sociales, sans d'ailleurs que ces qualifications ne s'adaptent exactement ni ne se limitent aux secteurs disciplinaires où elles sont dominantes et sans, non plus, qu'elles mobilisent chacune un seul type de critère formel.

(iii) D'autre part les critères que nous avons utilisés et les distinctions que nous avons introduites nous ont permis de caractériser des processus dans lesquels interviennent les différentes catégories de niveaux, de la simple transition à l'émergence en passant par la complexification, en donnant du même coup une définition plus précise à ce que peuvent désigner ces termes eux-mêmes.

(iv) Nous avons ainsi pu établir un rapport entre le poids épistémologique d'une approche faisant intervenir le concept de

finalité dans les critères d'intelligibilité d'une discipline et la nature des niveaux nécessaires à la construction de son objectivité (ou au moins à l'interprétation de sa phénoménalité) : il semble que le poids de la raison téléologique soit d'autant plus grand que le concept de niveau d'organisation du secteur où elle vise à s'appliquer soit plus fort.

Laboratoire de Physique des Solides
CNRS, France

NOTES

1. Un tel élargissement trouve un répondant technique en physique dans la prise en compte de termes d'ordres supérieurs du développement du potentiel [4]. Quand le paramètre d'ordre a une valeur proche de sa valeur critique, on doit alors prendre en compte le couplage entre différents modes spatiaux de fluctuations; on s'écarte des conditions d'application du théorème de la limite centrale et il devient dès lors impossible de considérer que le système puisse être partitionné en une collection de sous-systèmes faiblement corrélés.
2. On peut trouver, toute transposition assumée, une illustration quasi technique de ce genre d'analyse dans la modélisation que nous avons proposée de l'embryogenèse de *Caenorhabditis elegans* en recourant aux propriétés de la dynamique logistique discrète sur l'intervalle [3b-c].

REFERENCES

- [1a] H. ATLAN, A tort et à raison, Seuil 1987
 [1b] F. BAILLY, Niveaux/Changements de niveaux, Actes du 1er congrès européen de systémique, Lausanne, AFCET 1989
 [2] B. MANDELBROT, The fractal geometry of nature, W.H. Freeman 1982
 [3a] F. BAILLY, F. GAILL, R. MOSSERI, Fonctions biologiques, niveaux d'organisation et dimensions fractales, Rev. Int. Syst. 2, n°3, p.295, 1988
 [3b] F. BAILLY, F. GAILL, R. MOSSERI, A dynamical system for biological development : the case of *Caenorhabditis elegans*, Acta Biotheoretica 1990 (à paraître)
 [3c] F. BAILLY, F. GAILL, R. MOSSERI, Fractals, organization levels and structure/function coupling in biology, Ecole de

Biologie Théorique, Solignac 1990 (à paraître)

- [4] G. NICOLIS, Dissipative systems, Rev. Prog. Phys., 49, p.873, 1986
- [5a] C. TANG, K. WIESENFELD, P. BAK, S. COPPERSMITH, P. LITTLEWOOD, Phase organization, Phys. Rev. Lett., 58, p.1161, 1987
- [5b] P. BAK, C. TANG, K. WIESENFELD, Self organized criticality, Phys. Rev. Lett. 59, p.381, 1987
- [6] F. VARELA, Autonomie et connaissance, Seuil 1989
- [7a] K.O. APEL, L'éthique à l'âge de la science, Pres. Univ. Lille 1987
- [7b] J. HABERMAS, Morale et communication, Cerf 1986
- [8] J. PIAGET, R. GARCIA, Psychogenèse et histoire des sciences, Flammarion 1983
- [9] E. KANT, Critique de la faculté de juger, Vrin 1986