

**Revue Internationale de**

ISSN 0980-1472

**systemique**

Vol. 3, N° **3**, 1989

**afcet**

**Dunod**

**AFSCET**

**Revue Internationale de**  
**systemique**

**Revue**  
**Internationale**  
**de Sytémique**

volume 03, numéro 3, pages 273 - 293, 1989

Interface et assimilation,  
état stationnaire et accomodation

Jean-Claude Tabary

Numérisation Afscet, décembre 2015.



Creative Commons

**INTERFACE ET ASSIMILATION,  
ETAT STATIONNAIRE ET ACCOMODATION**

Jean-Claude TABARY

Université Paris V<sup>1</sup>

---

Résumé

Après deux siècles de déterminisme triomphant, Claude Bernard a réhabilité la finalité. Non pas une finalité transcendante mais une finalité interne, propre à chaque système. Le but du fonctionnement d'un système devient le maintien de l'identité et de l'intégrité, en dépit des perturbations externes, dans une interaction dynamique avec l'environnement. Plus tard, Maturana et Varela ont montré que la clôture organisationnelle était la condition de l'autonomie d'un système. L'analyse des organismes biologiques montre que ces deux approches ne sont pas contradictoires. Les structures d'interface permettent l'assimilation des données d'environnement sans intrusion physique. L'accommodation précise à ces données peut se faire sans instructions extérieures, par «sélection» de l'un des états stationnaires définis par la constitution innée. L'existence physique de la clôture organisationnelle a des conséquences essentielles pour une théorie générale des systèmes et pour l'épistémologie.

Abstract

After two centuries of triumphant determinism, Claude Bernard has rehabilitated the finality. Not a transcendental finality but an internal finality, particular for each system. The objective of system behavior is to maintain identity and integrity, despite external perturbations, in permanent dynamic interaction with background. Later, Maturana and Varela have shown that system autonomy implies an organizational closure. Study of biological organisms demonstrates there is no contradiction between these two points of view. Interface structures allow to assimilate external data without any physical intrusion. Accommodation to these data does not need external instructions, when it is possible to "select" one among the set of multiple stationary states defined by innate constitution. Physical reality of closure has essential consequences in a general theory of systems and in epistemology.

1. 12 rue de l'Ecole de Médecine, 75006 Paris, France.

Dans un climat fortement marqué de déterminisme cartésien, Claude Bernard a initié une révolution conceptuelle en affirmant que la finalité des organismes biologiques devait être recherchée en eux-mêmes et non en dehors d'eux <sup>(2)</sup>. Le comportement des êtres a pour « but » de leur permettre de survivre et de survivre dans leur identité. Cela, alors même qu'ils sont perpétuellement soumis à des effets déséquilibrants et détériorants venus de l'environnement. Pour Claude Bernard, l'exercice de la vie est le maintien de l'intégrité d'un milieu interne en dépit de l'action perturbatrice permanente des fluctuations aléatoires venues de l'environnement.

Ces réflexions sont liées chez Claude Bernard à l'acceptation de deux données essentielles :

- un organisme est un système ouvert dont le fonctionnement ne peut se concevoir indépendamment de l'environnement. « La vie est le résultat d'une collaboration étroite ou en d'autres termes d'un conflit entre deux facteurs, l'un extérieur, l'autre interne, dont il est illusoire de chercher à fixer l'importance relative puisqu'ils sont également impuissants l'un sans l'autre » ;
- un organisme est capable d'effectuer des « régulations » au cours desquelles un paramètre interne est maintenu constant malgré des effets déséquilibrants venus de l'extérieur.

Les analyses de Claude Bernard ont conduit Pierre Vendryès <sup>(3)</sup> au concept de système autonome : un système autonome est un système qui obéit à ses propres lois et qui est donc soustrait aux influences instructives extérieures. Maturana et Varela <sup>(8)</sup> reprennent une notion voisine en décrivant la clôture organisationnelle comme au moins une thèse, un guide heuristique. Selon cette thèse, tout échange d'informations avec l'environnement doit être traité comme une perturbation incluse dans le processus qui définit la clôture ; aucune « instruction » ou programmation d'origine externe ne sont concevables.

Envisagée sur le seul plan d'un guide heuristique, la notion de clôture est stimulante et non contradictoire. Il en est tout autrement si on envisage de lui accorder un sens physique. Comment peuvent être conciliées la notion d'ouverture incluse dans l'approche de Claude Bernard et celle de clôture ? Le point est d'importance essentielle car appliqué au système autonome humain, il conditionne toute l'Epistémologie. Or nous pensons qu'effectivement la clôture organisationnelle est une réalité physique à laquelle n'échappe que l'effraction déstructurante, elle-même témoin du dépassement des limites de l'autonomie ou des capacités d'adaptation. La clôture physique caractérise le fonctionnement « normal » de tout système autonome ou adaptatif.

Pour montrer combien les données récentes de la Biologie favorisent ce point de vue, on ne peut se contenter d'analyser les échanges entre système et environnement. Il est nécessaire de reprendre la distinction faite par Piaget <sup>(6)</sup>, des deux temps de l'adaptation :

- l'assimilation traduit le fait qu'un organisme est normalement en situation d'incorporation de données extérieures. Ces données sont « assimilées », c'est-à-dire intégrées dans des réactions cycliques, les unes internes à l'organisme, les autres en flux d'échanges entre l'intérieur de l'organisme et l'environnement. La poursuite des processus d'assimilation est bien entendu indispensable à la survie de l'organisme et inversement le maintien de l'équilibre interne doit être compatible avec l'intégration des données assimilées.

- l'accommodation traduit la capacité de l'organisme à effectuer une transformation interne, un changement d'état, pour équilibrer exactement une modification introduite par l'assimilation d'une donnée.

C'est donc un équilibre entre les fonctions d'assimilation et d'accommodation qui permet le maintien du système adaptatif dans sa survie et son identité.

Mais le passage de ces notions théoriques au plan concret pose problème. Les fonctions d'assimilation et d'accommodation ne peuvent être spontanément parfaites. Il est fondamental que l'organisme soit protégé contre l'assimilation de facteurs vis-à-vis desquels aucune accommodation n'est possible et aux fonctions d'assimilation doivent être adjointes des fonctions de protection contre une pénétration intempestive ou dangereuse. Plus encore, il y a nécessité de fonctions de contrôle identifiant avant la pénétration, les assimilations indispensables à la survie et les assimilations dangereuses ; cela pose le problème de l'information et de la connaissance.

De même, si la clôture interdit toute programmation d'origine externe, il faut que le champ accommodatif total soit pleinement défini dans la constitution originelle du système. Il nous semble que les données actuelles de la Biologie sont parfaitement conformes à ces différentes exigences.

### L'ouverture contrôlée

Une forme élémentaire du contrôle de l'assimilation peut être assurée par une clôture à action sélective qui autorise les échanges portant sur des produits reconnus et indispensables, interdisant les autres. La membrane cellulaire, entourant les organismes monocellulaires et les différentes

cellules des organismes complexes  $\lambda$ , joue effectivement ce rôle. De nombreux travaux depuis une dizaine d'années, ont bien précisé le fonctionnement de la membrane, celle-ci assurant une « barrière de perméabilité ». Certains passages membranaires de produits simples et indispensables se font par diffusion mais d'autres sont effectués par des « canaux » spécifiques dont le fonctionnement est hautement sophistiqué. Le transfert des sucres, qui assure l'essentiel de l'apport d'énergie, celui des sels minéraux et des acides aminés, sont ainsi très exactement contrôlés.

Pendant, cette barrière de perméabilité a de strictes limites. Construite avec l'organisme et non modifiable ultérieurement, elle ne peut assurer l'assimilation contrôlée que de quelques dizaines au plus de produits différents. Ce qui peut être suffisant pour une bactérie archaïque, ne l'est pas pour un organisme plus performant. La quasi totalité des « objets » que rencontre l'organisme sont complexes et ont pour cet organisme des aspects multiples, les uns positifs, les autres négatifs. Les assimiler systématiquement aboutirait presque à coup sûr, à l'introduction simultanée de poisons, à côté de produits indispensables. Refuser systématiquement l'assimilation de tout objet en dehors d'un catalogue préétabli, serait se priver de tous les éléments positifs contenus dans les objets complexes et être réduit à la seule assimilation des produits « purs », ce qui en pratique, serait mortel. La « curiosité » de la perdrix qui cherche à identifier tout insolite, est une condition de survie car cet insolite peut être tout aussi bien la source indispensable de nourriture qu'un prédateur. Du reste, Piaget a décrit l'assimilation dans le cadre de la connaissance, sans peut-être prendre tout à fait conscience que les exigences de l'homéostasie et celles de l'assimilation cognitive pouvaient être opposées.

Mais l'identification d'un objet initialement inconnu ne peut se faire qu'après une assimilation de l'inconnu au connu. Inversement, cette assimilation est a priori dangereuse puisqu'elle peut aboutir à l'introduction dans l'organisme, d'un produit dangereux. La seule solution est l'assimilation de l'information portée par l'objet, sans assimilation physique de l'objet lui-même. Cette séparation doit être concrètement réalisée, ce qui, a priori, ne paraît pas évident.

### Le récepteur membranaire

Au sein d'un groupement de bactéries monocellulaires, apparaissent très souvent des actions spécialisées qui supposent une transmission de

messages. Le processus de communication devient indispensable chez les êtres multicellulaires où la spécialisation des tâches s'impose. Dès lors, chaque cellule doit, pour participer à l'harmonisation de l'organisme entier, recevoir des informations provenant d'autres cellules. L'étude de la transmission des messages nécessaires a débouché sur la mise en évidence du récepteur membranaire.

Typiquement, le récepteur membranaire est une protéine spécialisée incluse dans la membrane et comportant trois sous-unités (fig. 1) :

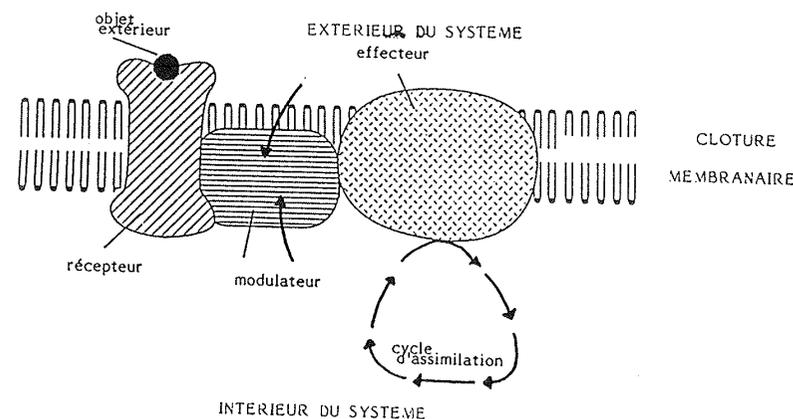


Fig. 1. Schéma du récepteur membranaire, modèle universel d'interface. L'élément modulateur n'est pas constant.

- une sous-unité proprement réceptrice située à la face externe de la membrane et contenant un site de spécificité. Seul un « ligand » particulier est accepté par le site et entraîne une modification de conformation qui traduit une « réponse » ;
- une sous-unité modulatrice, sensible d'une part à la modification de conformation de l'élément précédent, mais aussi à l'effet inhibiteur ou facilitateur d'un agent extérieur. Ce modulateur joue donc un rôle de filtre, autorisant ou interdisant la transmission de l'information décelée par le récepteur ;
- une sous-unité effectrice, sensible à l'action conjuguée des deux éléments précédents et pouvant, sous l'influence de l'information, produire un effet interne immédiatement incorporé dans des cycles intra-cellulaires permanents qui se trouvent ainsi modifiés.

Un tel système permet quasi-idéalement une assimilation purement cognitive ou informative. **La présence d'un objet, le ligand, a été décelée dans l'environnement immédiat, traduit à l'intérieur de la cellule, sans pour autant que le ligand lui-même ait été assimilé.** Le récepteur membranaire se comporte exactement comme un interface qui est le moyen universel d'assurer une assimilation informative sans assimilation matérielle.

### Les interfaces sensoriels

Du récepteur membranaire au neurone sensoriel des organismes biologiques complexes et notamment de l'homme, il n'y a qu'un facteur d'ordre quantitatif. Le neurone sensoriel est une cellule dont les récepteurs membranaires sont spécialisés et pour leur grande majorité d'un seul type. Ainsi se trouve précisée une sensibilité spécifique à un agent extérieur. Tous les principes caractérisant l'assimilation par les récepteurs membranaires s'appliquent intégralement au neurone sensoriel.

1) Le principe de « tout ou rien » est fondamental et universel, existant au niveau du récepteur membranaire et reporté au niveau du récepteur sensoriel. La réponse est obligatoirement totale, identique à elle-même quelles que soient les caractéristiques de l'événement stimulant, ramenée à un bit unique.

Notamment, au niveau du neurone sensoriel, une réponse univoque apparaît lorsqu'un nombre suffisant de récepteurs membranaires sont stimulés simultanément et le détail de répartition des récepteurs membranaires stimulés est définitivement perdu. L'organisme est informé de l'état stationnaire du récepteur, non des caractéristiques « en soi » de l'événement stimulant. Comme très généralement, il n'y a que deux états stationnaires possibles, l'information est bien limitée à un bit. Ainsi apparaît une règle essentielle soulignée par Heisenberg [3]. Aucune information « en soi » sur la Nature ne peut nous parvenir mais seulement des informations sur notre propre déformation au contact de la Nature. **« L'image de la Nature devient l'image de nos rapports physiques avec la Nature. »**

2) Le principe de digitalisation traduit le fait que l'information extérieure, complexe et continue, est « découpée » en informations discrètes dans le temps et dans l'espace. Ce sont les propriétés des récepteurs qui règlent le découpage et non les particularités de l'information externe ou des exigences de lecture.

En cas de transitions rapides, spatiales ou temporelles, c'est l'inertie des récepteurs qui règle totalement le découpage. Cependant, la fréquence de décharge des récepteurs sensoriels est fonction de l'intensité des stimulations. De ce fait, la fréquence de décharge de ces récepteurs a une signification quantitative et ne peut donc être porteuse en outre d'une signification qualitative.

3) Le principe de spécificité est appelé loi de Muller : il existe autant d'informations unitaires qualitativement distinctes qu'il existe d'unités réceptrices différentes, ni plus, ni moins. Ce sont les regroupements de ces informations distinctes qui qualifient un événement extérieur, et non des « propriétés » particulières.

4) Le principe de « monotonie » selon l'expression de Danchin : à un relatif pluralisme des récepteurs, correspond un nombre réduit de traductions internes différentes. De ce fait, de très nombreuses informations peuvent être identiques à l'emplacement du récepteur près. Cet emplacement devient alors une information complémentaire en lui-même, selon le schéma de Demant et Pinson [7]. La variété qualitative des récepteurs sensoriels est elle-même faible, réduite à quelques dizaines de types alors que le nombre total des neurones sensoriels est de plusieurs dizaines de millions. La valeur d'emplacement de la plupart des neurones devient ainsi essentielle. Il est même probable qu'elle prime le caractère spécifique des informations, liée au seuil propre de chaque neurone vis-à-vis des différents types physiques d'excitants. Connaître la nature photique ou sonore d'un événement n'a de sens que pour le sujet évolué qui a réfléchi et a acquis la conscience de plusieurs sens. C'est le propre de l'homme évolué, non celui de l'animal.

Le but de la spécificité est plutôt de permettre l'assimilation de configurations selon un critère unique. Considérons un objet qui soit source d'excitations photiques et sonores. On conçoit aisément une distribution significative des informations, soit sur le plan photique, soit sur le plan sonore. On conçoit beaucoup moins facilement une distribution significative qui serait faite d'un mélange d'informations ponctuelles photiques et sonores.

Si les cônes de la rétine étaient également sensibles à tout rayonnement quel que soit sa longueur d'onde et de plus aux vibrations aériennes, aucune configuration significative ne pourrait se dessiner sur la rétine. Un bruit venu d'excitations parasites altérerait sans remède une configuration liée à la distribution spatio-temporelle d'informations d'un type physique particulier. L'assimilation serait infiniment complexe. La spécificité des

neurones permet d'établir distinctement un certain nombre de configurations puis la confrontation de ces configurations permet dans un second temps une qualification complexe de l'événement ou de l'objet.

Cependant, les neurones sensoriels sont beaucoup trop nombreux pour que l'état de chacun d'entre eux puisse être assimilé individuellement et en permanence. Le neurone sensoriel n'est que l'élément périphérique d'un puissant processus d'assimilation perceptive ou de traitement de l'information. La description de ce processus comporte une double dichotomie :

– pour une très large part, l'intégration de l'état des neurones sensoriels est automatique et liée à des structures constitutionnelles, comme l'ont bien démontré tous les travaux qui ont fait suite aux premières découvertes de Hubel et Wiesel. A ces structures est associé un catalogue constitutionnel de signification qui permet d'accorder immédiatement un sens comportemental à certaines configurations d'interface, dès leur intégration.

A l'inverse, une intégration complémentaire est généralement assurée par une analyse consciente des données assimilées durant le déroulement de l'événement. Le résultat de cette activité consciente peut être pérennisé sous forme de configurations apprises qui enrichissent tout au long de la vie, le catalogue de configurations significatives.

– il est essentiel d'analyser à la fois les aspects de structures et ceux d'états dans l'assimilation perceptive, qu'elle relève de la constitution ou de l'apprentissage.

a) les aspects de structures (fig. 2) sont bien exprimés par les hypothèses de Hubel et Wiesel. Sur différents échelons d'intégration en profondeur, un neurone central reçoit des terminaisons venues de plusieurs neurones périphériques. Le neurone central ne décharge qu'en cas de stimulations simultanées d'un nombre suffisant de neurones périphériques. Le nombre de neurones nécessaire pour définir des propriétés dans un champ perceptif d'étendue donnée peut ainsi être considérablement réduit mais bien évidemment la définition décroît dans la même proportion puisque l'information fournie par le neurone le plus central est d'un seul bit. L'intégration revient donc à dessiner une trame d'étendue identique mais à mailles plus larges.

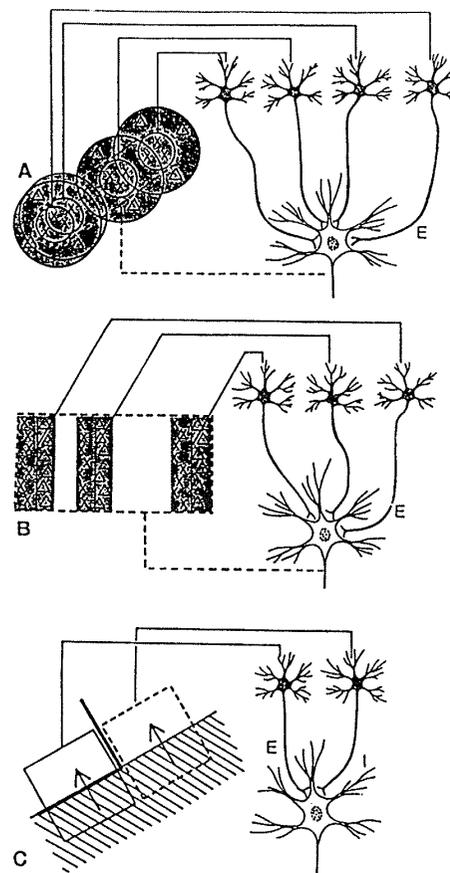


Fig. 2. L'intégration perceptive visuelle selon Hubel et Wiesel. En A, la convergence des seuls neurones correspondant à des champs perceptifs orientés selon une oblique définie, fait que la décharge du neurone intégrateur traduit l'existence d'une ligne lumineuse oblique dans le champ visuel.

En B, la décharge d'un neurone intégrateur plus complexe, recevant les terminaisons de plusieurs neurones intégrateurs de type A, peut témoigner de l'existence d'une ligne d'orientation définie dans une large zone du champ visuel. En C, un neurone encore plus complexe reçoit les terminaisons de deux neurones de type B, l'un facilitateur, l'autre inhibiteur. C'est un coin en angle droit stimulant le premier neurone B et non le second qui provoque la décharge du neurone C, témoignant de l'existence d'un tel coin dans le champ perceptif.

Pour comprendre le bénéfice d'une telle architecture neuronique, il est indispensable de considérer cette organisation intégrative dans une perspective holographique. A chaque instant, c'est le champ total des neurones sensoriels qui doit être considéré, la non réponse de certains neurones étant tout aussi significative que la réponse des autres pour dessiner une configuration globale. Mais les exigences conjointes d'une représentation étendue et d'un souci du détail conduisent à accroître considérablement le nombre d'informations à traiter. Les capacités d'analyse étant obligatoirement limitées, un compromis doit être continuellement trouvé entre la nécessité de maintenir une vision globale et le souci de précision du détail. L'intégration a pour effet de superposer des assimilations du champ global effectuées à des fréquences spatiales plus ou moins grandes. Une organisation structurale à plusieurs niveaux d'intégration optimise à la fois l'étendue de la vision et la précision de l'analyse. L'assimilation à fréquence spatiale faible permet l'analyse de champs perceptifs très étendus mais avec une très faible définition. Ces champs servent de repérage spatial pour situer dans l'espace des assimilations à fréquences spatiales élevées, plus locales mais à meilleure définition, pour en tirer toute la précision souhaitable.

L'intégration présente encore l'avantage de privilégier les transitions spatiales et temporelles aux dépens des «étendues» homogènes. Or les transitions sont en général beaucoup plus porteuses d'informations intéressantes pour le comportement. C'est notamment l'accentuation des contrastes aux frontières de deux étendues homogènes qui définit le contour, oppose l'objet à un environnement, une figure à un fond et caractérise la forme.

b) l'aspect structural doit évidemment être complété par des explorations permanentes qui évaluent l'état instantané de tous les neurones impliqués dans la perception, périphériques ou centraux. Ces explorations ont certainement la forme de balayages continus assimilant l'état des neurones comme un programme algorithmique assimile la valeur de variables.

Cependant, le nombre des récepteurs d'interface est habituellement beaucoup trop grand pour que l'état de chacun d'entre eux soit totalement assimilé en permanence. C'est là qu'intervient une intégration automatique qui réduit considérablement le nombre des données prises en compte dans la couverture d'un champ perceptif global, au prix évidemment d'une perte de définition. Seule est assurée en permanence une assimilation des données d'interface au niveau de l'intégration automatique maximale. L'essentiel de la définition qualitative est perdue mais persiste la possibilité

d'assimiler «l'existence» de n'importe quelle modification locale dans l'environnement, et de la situer dans un champ perceptif grossièrement défini. Il en résulte une réaction «d'éveil» ou d'alerte, et une orientation des processus d'analyse vers la seule zone concernée. Des cycles d'assimilation beaucoup plus précis peuvent alors être mis en jeu, limités au seul champ spécifié. La coexistence de plusieurs niveaux de définition permet un optimum par association de vues d'ensemble et d'examen de détail.

Ces analyses permettent de bien définir les relations existant entre un événement extérieur et l'image d'assimilation de cet événement :

a) l'image est réalisée sans aucune effraction physique ni assimilation matérielle, ce qui traduit bien un respect de la clôture contrôlée.

b) l'image est «originale» en ce sens qu'elle traduit une configuration particulière de modifications ponctuelles, configuration qui n'avait qu'une chance infime d'être réalisée en l'absence de la rencontre avec l'événement.

c) cette image se traduit néanmoins par une «manière d'exister» du système, lui appartenant en propre, constituant l'un des états possibles au sein d'un corpus constitutionnel pré-défini. Suivant la distinction introduite par Jerne <sup>(4)</sup>, il n'y a pas de modification interne «instructive» mais «sélection» de l'un des états du système compatibles avec le maintien de son intégrité. Cet état est localement stable, au niveau des systèmes perceptifs. Il introduit néanmoins une instabilité générale qui ne peut disparaître qu'après un temps d'accommodation.

Il faut encore signaler que l'aspect de sélection ne signifie pas obligatoirement que l'image d'assimilation corresponde à une configuration de référence pré-établie et qu'elle soit immédiatement «reconnue». L'intégration complète de l'image d'assimilation exige généralement une action du sujet, après apparition de cette image.

#### La réponse accommodatrice par sélection d'état stationnaire

Lorsque le système est déséquilibré par un événement, déséquilibre lié à l'image d'assimilation de l'événement, le rééquilibrage est obtenu par la réponse accommodatrice. L'image d'assimilation étant réductible à l'un des états locaux compatibles avec le maintien de l'intégrité du système, la réponse accommodatrice obéit à la même contrainte et elle est également réductible à l'un des états locaux compatibles avec le maintien de l'intégrité

du système. Bien évidemment, la localisation de la réponse accommodatrice et de l'image d'assimilation sont distinctes puisqu'elles persistent toutes deux et se compensent exactement.

Le schéma sélectif de Jerne s'applique donc aussi bien à la réponse accommodatrice qu'à l'image d'assimilation. L'adaptation est obtenue par « sélection » de la « façon d'exister » au sein des structures accommodatrices qui est appariée au mieux à la « façon d'exister » que traduit l'image d'assimilation, pour parvenir à une stabilité optimale du système total.

Cependant, L'Immunologie qui a été le domaine des analyses de Jerne montre bien à quel point la notion de sélectivité n'est en rien en opposition avec la notion de construction, de réponse construite ou apprise. La réponse accommodatrice à l'image d'assimilation que constitue l'agression d'un germe (virus, bactérie) au sein d'un organisme est un anticorps neutralisant. Par sa nature, l'anticorps neutralisant appartient totalement au système qui le génère et ne présente pas d'isomorphisme avec le germe qu'il neutralise. Par ailleurs, l'enveloppe des anticorps possibles pour un système biologique donné est parfaitement définie constitutionnellement. Variable chez un homme selon sa carte H.L.A., cette enveloppe comporte environ deux milliards d'anticorps distincts « possibles ». Ce corpus traduit l'ensemble des configurations possibles obtenues par combinaisons variées de fragments dont la variance typologique est de quelques centaines. Or, au cours de la vie d'un individu, seuls quelques milliers d'anticorps distincts sont « effectivement » réalisés. En l'absence de l'occasion que constitue le germe à neutraliser, l'anticorps correspondant n'a qu'une chance infime d'être construit « par hasard ». Un anticorps appartient bien à un corpus pré-défini des « façons d'exister » établies avec la constitution du système et compatible avec un maintien d'intégrité, mais ce corpus est seulement défini « en puissance ». Le passage à la réalité nécessite une construction au contact de l'agression du germe.

On pourrait arguer qu'à la limite toute configuration complexe est réductible à des éléments universels, que tout système est une combinaison d'atomes dont la variété est limitée. En pratique, l'argument ne tient pas :

- les fragments dont l'assemblage permet la construction des anticorps sont eux-mêmes des structures déjà complexes et tout à fait propres au système qui les utilise.
- pour l'essentiel de la forme et de la composition, la réponse accommodatrice que constitue l'anticorps est définie constitutionnellement, en toute indépendance du germe neutralisé.

– si l'anticorps spécifique est bien construit après l'agression du système par le germe rencontré, la construction se fait selon des règles totalement définies avant la rencontre.

– l'introduction de singularités au sein d'un anticorps, déterminant son action spécifique vis-à-vis d'un germe donné, ne paraît pas du tout provenir d'« instructions » issues du germe. Agissent seulement des effets aléatoires, orientés en fin de construction et peut-être tout au long de la construction par des critères d'efficacité dans la neutralisation du germe.

Cet accord entre sélection et construction, bien argumenté par l'Immunologie, est manifestement généralisable mais le fait est moins visible quand la construction se fait en de nombreuses étapes : la dernière étape constructrice paraît alors originale et indépendante des premières étapes ou de la constitution initiale. En fait, il y a là une profonde illusion comme en témoigne la régularité de toutes les constructions biologiques. Le développement embryologique du poussin est particulièrement démonstratif puisqu'on y observe une construction très étendue dans le temps et très sophistiquée, et pourtant l'absence évidente de toute instruction d'origine extérieure. Chaque structure de l'embryon se développe par une réponse accommodatrice à des déséquilibres internes de l'environnement immédiat, par étapes successives dont chacune est le tremplin de la suivante. Selon l'expression de Waddington, le développement embryologique est comparable à un enchaînement de théorèmes géométriques où chacun est rendu nécessaire par l'ensemble des précédents, sans pourtant être contenu d'avance en tant que tels, dans les axiomes de départ.

Le même mécanisme apparaît dans le développement mental. Le schème, objet d'apprentissage par excellence, est construit à partir de schèmes précédents par modifications partielles, l'origine première étant l'organisation constitutionnelle. Comme le souligne Herbert Simon, le caractère limité de la rationalité impose un modèle de construction mentale par modulation d'un nombre très limité de données au sein d'une configuration pré-existante.

En définitive et tout autant que pour l'assimilation, l'accommodation apparaît relever d'une dynamique interne, parfaitement intégrée dans le schéma de clôture organisationnelle, y compris dans les aspects de construction. Bien évidemment, il n'est pas possible d'affirmer que cette dynamique accommodatrice est la seule existante. Il est donc important d'analyser une alternative, le schéma instructif d'organisation par le bruit, proposé par Atlan.

### L'organisation par le bruit

Reprenant des notions formulées avant lui, notamment par Von Neumann et Von Foerster, Henri Atlan <sup>[1]</sup> a développé un principe original, celui d'une auto-organisation des systèmes à partir du bruit. Atlan postule une redondance des sous-structures du système et un accroissement de la variété interne par altération de certaines des sous-structures redondantes. La co-existence des structures modifiées et des structures non modifiées accroît la quantité totale d'information présentée par le système ; il en découlerait un accroissement de l'organisation.

La possibilité d'un progrès par différenciation de structures redondantes est d'une importance capitale et elle ne prête guère à discussion. Elle répond à l'idée piagétienne de la création du nouveau par modification d'un déjà existant. Les autres points du modèle paraissent beaucoup plus hypothétiques.

a) en premier lieu, il faudrait parler d'un mécanisme produisant un gain d'organisation et non une création d'organisation ex-nihilo. Le simple fait qu'un certain nombre de structures différenciées ou redondantes soient regroupées localement, en pratique maintenues à proximité par une enceinte, traduit déjà un bon niveau d'organisation et ne peut être réalisé que par des actions antérieures concertées. Les structures redondantes modifiées peuvent toujours être reliées à des structures constitutionnelles.

b) en deuxième lieu, le lien entre la quantité d'information et la puissance de l'organisation n'est pas évident. Il ne pourrait l'être qu'au travers d'une conception réaliste et objective de l'information, conception qui peut être formellement contestée. L'information peut s'accroître en raison d'une croissance de la variété interne et traduire un accroissement de complexité sans pour autant qu'il en résulte un gain qualitatif ou quantitatif d'organisation.

Pour qu'un accroissement d'organisation ait une signification, il faut qu'il s'accompagne d'un gain d'efficacité perceptible. Cela peut se faire par accroissement du nombre des états stationnaires de non équilibre différents, qualifiant l'étendue et la précision de l'accommodation. Cela peut se faire encore par une mise en place plus rapide et moins coûteuse d'un état stationnaire adapté, en face d'un événement donné.

L'étude des organismes biologiques conduit à distinguer deux possibilités distinctes dans l'accroissement du nombre des états stationnaires :

– une augmentation de l'enveloppe des états stationnaires possibles, c'est-à-dire des états stationnaires présents et des états virtuels que l'organisation

interne peut actualiser à tout moment. Cette augmentation est liée aux transformations structurales majeures qui sont propres au développement phylogénétique ;

– une augmentation du nombre des états stationnaires actualisés, propre au développement ontogénétique.

### L'auto-organisation phylogénétique

Une fois accepté le mécanisme de duplication permettant l'existence de structures redondantes dans un organisme, un gain d'organisation par modification d'une structure dupliquée est plus que concevable. L'utilisation du terme de « bruit » pour caractériser l'agent responsable de la modification doit cependant être précisée. A priori, l'organisme est protégé d'un bruit extérieur par l'interface et d'un bruit intérieur par les règles mêmes d'un fonctionnement autonome. L'agent modificateur est en fait, plus qu'un bruit, un « poison » bien défini, capable de franchir la clôture organisationnelle. L'utilisation du terme de bruit implique seulement le fait que le siège exact de la structure dupliquée modifiée par ce poison est aléatoire. Le type même en est une mutation d'une chaîne A.D.N. par un rayonnement ionisant.

Il est impossible d'affirmer par la seule analyse si le mécanisme ainsi envisagé est une explication valable de l'évolution des espèces. Tout agent franchissant irrégulièrement la barrière de perméabilité a beaucoup plus de chance d'avoir un effet délétère qu'un effet bénéfique, même en cas de forte redondance. Le simple développement de la redondance peut être destructeur. Le tout petit chromosome surnuméraire dans le mongolisme, marquant l'apparition d'une redondance minime incontrôlée, suffit à provoquer un énorme déficit d'organisation interne ; la redondance elle-même doit être régulée. La mutation aléatoire d'une bactérie au sein d'une culture, faisant apparaître régulièrement en quelques heures une résistance à un antibiotique, donne des bactéries globalement amoindries, en dépit de la résistance acquise à l'antibiotique. A toute modification structurale aléatoire bénéfique, sont donc obligatoirement associées de très nombreuses modifications nocives ou neutres. L'apparition phylogénétique d'un système plus apte suppose l'apparition conjointe d'un nombre très important de systèmes gravement altérés par le même effet de bruit. Seule une connaissance complète d'un processus évolutif dans une lignée, permettrait d'apprécier la part d'une auto-organisation phylogénétique par le bruit, à côté d'effets mieux contrôlés de l'accroissement de la variété

comme la symbiose, par exemple. Sur le plan des organismes biologiques, il est impossible d'éliminer, dans l'état actuel des connaissances, une accommodation phylogénétique aux régularités du vécu antérieur. Les toutes récentes publications de John Cairns et de Barry Hall remettent cette possibilité au tout premier plan de l'actualité scientifique. Théoriquement, le progrès par «empoisonnement progressif» d'organismes pré-existant est bien difficile à admettre.

### L'auto-organisation ontogénétique

Lorsque celle-ci est régulière et habituelle dans une espèce, les modifications structurales radicales ne peuvent être envisagées car elles sont presque toujours nocives à l'échelle de l'individu. Il est plus logique d'estimer que l'auto-organisation s'effectue au sein d'une structure globale relativement stable avec une enveloppe d'états stationnaires potentiels qui demeure constante. L'organisation constitutionnelle assure le contrôle des états stationnaires avec possibilité de passer de l'un à l'autre. Cette organisation peut également actualiser un état stationnaire antérieurement potentiel, et décider de sa pérennisation. Dans ces conditions, le gain d'organisation est caractérisé par un accroissement du nombre des états stationnaires actualisés et un accroissement de la qualité de gestion de tous les états stationnaires. Quel peut être alors le rôle du bruit dans ce gain d'organisation ?

L'existence d'un interface conduit obligatoirement à une révision des données proposées par Atlan. Normalement, aucun effet aléatoire ne franchit la barrière de perméabilité. Un «bruit» extérieur fait naître à l'intérieur du système une modification d'interface toujours signifiante. Par ailleurs, les fluctuations aléatoires irrégulières de données d'interface n'ont pratiquement aucune chance de permettre l'actualisation d'un nouvel état stationnaire. Cette actualisation exige un délai minimum durant lequel les données d'interface doivent demeurer stables.

En revanche, un «bruit» événementiel présentant des régularités durables, peut fort bien être un facteur essentiel d'auto-organisation mais il faut le considérer autrement. Ce qui est un bruit vu de l'extérieur, devient intérieurement de «l'insolite», c'est-à-dire une configuration globale de données d'interface associant des éléments connus et des éléments inconnus, perçus comme tels. Soit d'emblée, soit après un échec comportemental renouvelé, le système «constate» qu'aucun des états

stationnaires de son répertoire actuel ne fournit une accommodation efficace. L'insolite devient alors le référentiel de base pour l'actualisation d'un nouvel état stationnaire, antérieurement seulement potentiel.

a) le mélange de connu et d'inconnu est indispensable à l'assimilation de l'inconnu car celle-ci ne peut se faire que par référence au connu. Une configuration d'interface entièrement originale exigerait un processus complexe, conduit de façon totalement aléatoire, dans la recherche d'un état stationnaire efficace, avec une chance infime de succès. En pratique, cette éventualité ne se rencontre pas car tout événement présente certaines similarités avec l'une des configurations innées ou acquises par expérience antérieure.

b) c'est la permanence de la configuration insolite qui permet d'apprécier à titre d'essai, l'intérêt des différents états stationnaires actualisés, et d'actualiser si nécessaire, un nouvel état stationnaire performant.

En définitive, la protection normale contre l'intrusion physique d'un bruit au sein d'un système telle que la réalise une barrière d'interface, ne condamne pas l'hypothèse d'un gain d'organisation à partir du bruit et même, elle la valorise. Cependant, elle en modifie profondément les données, accentuant la part de l'action créatrice de l'organisme agressé par le bruit ; cette action se fait par modulations de données internes, sur le seul critère d'efficacité. C'est bien alors le vivant lui-même qui est créateur de sa propre évolution, en fonction de ses règles de fonctionnement interne, sans instructions externes et sans que le concept de clôture organisationnelle soit mis en accusation. Cette conclusion vaut pour tout système performant, même artificiel.

On peut conclure cette revue du fonctionnement biologique en soulignant une adéquation concrète au concept de clôture organisationnelle. Dans la triple approche des flux d'échanges, de l'assimilation et de l'accommodation, il y a respect du principe de clôture, étant bien entendu que la clôture n'exclut pas les échanges contrôlés. Les échanges nécessaires au renouvellement énergétique, à l'apport des produits d'autopoïèse et à l'élimination des déchets, ne modifient pas profondément le fonctionnement interne. On peut, en première approximation au moins, considérer que les flux d'échanges rééquilibrent simplement le taux de produits constamment diminués ou accrus par l'activité métabolique. En ce sens, les flux d'échanges permettent un état interne plus permanent, plus stationnaire

que s'il y avait accumulation des effets déséquilibrants du vécu dans un système physiquement clos. En dépit de flux d'échanges permanents, variant éventuellement dans le temps, de nombreux paramètres internes du système demeurent constants. C'est, au sens thermodynamique, un état stationnaire de non équilibre <sup>[5]</sup> et un respect de la clôture organisationnelle.

La situation pourrait sembler plus complexe dès qu'est envisagée l'assimilation de l'information. En fait, l'interface répond aux exigences apparemment contradictoires de la protection homéostatique et de l'assimilation cognitive, respectant la clôture organisationnelle. Effectivement, du point de vue de l'organisation interne, toute information sur l'environnement est ramenée à une transformation sur la face interne du système d'interface, donc à une modification de paramètres internes. La stabilité est retrouvée par une modification compensatrice d'autres paramètres internes distincts de l'interface. Le principe de la clôture est bien respecté puisqu'il n'y a pas d'effraction physique durant la prise d'information.

Dès lors que l'assimilation cognitive peut être ramenée à l'adoption d'une « façon d'exister » définie constitutionnellement, il est évident qu'il en est de même pour l'accommodation. Il est de plus possible de mieux comprendre ce que peut être le fonctionnement clôturé :

a) ce fonctionnement est essentiellement finalisé sur lui-même et pour lui-même puisque toutes les variations d'environnement se trouvent rapportées à une variation de paramètres internes. Le fonctionnement est donc autonome dans son principe et indépendant de l'environnement dans la nature des opérations. Notamment, le fonctionnement naît de l'organisme et précède la rencontre avec l'environnement. Ainsi, le système immunitaire fonctionne sur lui-même, en réseaux cycliques, bien avant de rencontrer un agent externe.

b) l'assimilation des valeurs apparaissant sur la face interne des récepteurs d'interface est continue et tout autant caractéristique d'une activité interne propre que d'une prise d'information sur l'environnement. L'assimilation est intégrée dans le fonctionnement global interne et ne peut en être dissociée.

c) l'accommodation est tout aussi continue, spontanément provoquée par un changement de valeur sur la face interne des récepteurs d'interface.

Ce changement de valeur module immédiatement le déroulement d'une fonction algorithmique continue et cela peut parfois suffire pour une accommodation efficace qui est alors immédiate. Le changement de valeur peut au contraire provoquer un déséquilibre local non corrigé, qui s'étend

de proche en proche à l'intérieur de l'organisme. Ce déséquilibre croissant est assimilé à son tour et selon le même mécanisme par les différentes structures internes, cela jusqu'à obtenir des accommodations locales qui diffusent leur effet en sens inverse jusqu'au retour à la stabilité.

d) l'équilibre est réalisé par une correspondance entre assimilation et accommodation. Pour cela, l'intérieur du système doit se trouver dans un état stationnaire de non équilibre, respectant nécessairement des règles de constitution. La stabilité suppose conjointement la permanence des données d'assimilation et une détermination compensatrice des cycles opératoires internes. Cela ne peut être obtenu que par une régularité de l'assimilation informative, donc par un état d'harmonie entre le fonctionnement interne et les effets de l'environnement.

Or, à toute situation de l'environnement correspond une configuration particulière des données d'interface, donc des données assimilées. L'accommodation doit donc assurer une configuration interne aussi exactement appariée que possible à chacune des configurations d'interface. L'organisme peut disposer d'un plan, d'un modèle permanent pour mettre en place une configuration interne appariée dès l'événement, et l'adaptation est alors rapide. A défaut, l'organisme doit construire à la demande une configuration efficace. Cette construction ne peut se faire ex nihilo mais seulement par modifications ponctuelles ou par assemblage original d'éléments pré-existants. Coexistent donc des modèles concrets d'accommodation et une enveloppe de modèles potentiels, beaucoup plus nombreux et qui doivent être actualisés à la demande. L'ensemble des états stationnaires possibles est fini et détermine les capacités adaptatives du système.

De plus, la construction de modèles nouveaux doit être guidée car il serait trop long de rechercher séquentiellement un modèle efficace par essai de tous les modèles potentiels. Comme Piaget l'a montré, ce guidage ne peut se faire que par assimilation de l'inconnu à un connu.

f) la clôture organisationnelle n'évite pas aux boucles d'adaptation d'inclure l'environnement. La source des modifications de valeur sur les interfaces demeure liée à l'environnement et les processus d'accommodation agissent sur ces valeurs par action sur l'extérieur. Il faut bien alors distinguer la compensation exacte des données d'assimilation par accommodation, ce qui est toujours possible, et la réalité concrète de l'adaptation. L'organisme ne peut juger concrètement de la qualité de celle-ci mais seulement du rééquilibrage de l'assimilation par accommodation. Il y a obligatoirement un écart entre l'adaptation réelle, toujours imparfaite, et l'équilibre entre assimilation et accommodation qui peut être parfait. D'une part, l'ensemble

des accommodations possibles est strictement fini et ne peut permettre une correspondance parfaite avec l'ensemble ouvert des événements. D'autre part, les données d'assimilation ne peuvent traduire qu'imparfaitement la qualité réelle de l'adaptation.

Mais si l'écart est obligatoire, il peut être d'importance variable et c'est la diminution de l'écart qui traduit le progrès comportemental. Le système « apprend » à être plus exigeant dans la correspondance entre assimilation et accommodation, ce qui le conduit à rechercher des accommodations plus précises.

En conclusion et au prix de quelques compléments conceptuels, la réalité concrète de la clôture organisationnelle apparaît comme une notion très positive, dans les systèmes biologiques les plus simples comme les plus complexes. Les conséquences en sont très importantes dans de nombreux domaines.

Tout d'abord, celui d'une théorie générale des systèmes. S'il apparaît que les comportements les plus riches, les progrès cognitifs les plus sophistiqués, sont compatibles avec la clôture, il devient tout à fait justifié d'y voir un processus universel et de raisonner tout système en fonction de cette clôture.

Mais les conséquences sont tout aussi importantes sur le plan de l'Epistémologie. Comme le voulaient déjà Helmholtz et Lange, héritiers de l'a priorisme kantien, l'organisation cérébrale innée est la référence immédiate et définitive de toute connaissance. Il apparaît aujourd'hui que cette organisation ne se fait pas en concepts tout montés mais en mécanismes immuables d'assimilation et d'accommodation qu'aucune expérience ultérieure ne saurait remettre en question.

La prise de conscience de ces mécanismes ne peut être immédiate et donc, d'un point de vue pratique, l'épistémologiste est conduit à se référer aux connaissances acquises sur l'organisation cérébrale, connaissances tout autant sujettes à révision que n'importe quelle autre connaissance. Mais du moins devrait-on abandonner toute référence à un logos premier, quel qu'il soit, qui aurait une existence propre ; du moins devrait-on se soucier de ne pas émettre des hypothèses épistémologiques avant de s'assurer qu'elles sont bien compatibles avec les acquisitions les plus récentes concernant le fonctionnement cérébral.

### Bibliographie

- [1] Henri ATLAN, L'organisation biologique et la théorie de l'information, Hermann, Paris, 1972.
- [2] Claude BERNARD, Leçons sur les phénomènes de la vie, J.B. Baillères, Paris, 1878.
- [3] Werner HEISENBERG, La Nature dans la Physique contemporaine, Gallimard, Paris, 1962.
- [4] Niels Kaj JERNE, Antibodies and Learning : Selection versus instruction, Rockefeller University Press, New York, 1967.
- [5] A. KATCHALSKY et Peter CURRAN, Nonequilibrium Thermodynamics in Biophysics, Harvard Press, Cambridge Mass., 1967.
- [6] Jean PIAGET, La Naissance de l'Intelligence chez l'enfant, Delachaux et Niestlé, Neuchatel, 1959.
- [7] Gérard PINSON, André DEMAILLY, Daniel FAVRE, La Pensée, P.U.L., Lyon, 1985.
- [8] Francisco VARELA, Principles of Biological Autonomy, North Holland, New York, 1979.
- [9] Pierre VENDRYES, L'autonomie du Vivant, Maloine, Paris, 1981.