

Le Référentiel selon Ferdinand Gonseth, et ses aspects philosophiques

René THOM*

Cet exposé comporte deux parties: la première rappelle comment Ferdinand Gonseth comprenait ce terme de Référentiel qu'il avait auparavant introduit. La deuxième s'efforcera de préciser quelque peu cette notion par une interprétation topologico-dynamique.

Première partie

Le Référentiel selon F. Gonseth

Dans la semaine du 16 au 23 Septembre 1990 eut lieu à La Chaux-de-Fond (Suisse) un Colloque commémoratif du dixième anniversaire de la mort de Ferdinand Gonseth. J'y fis un exposé, inspiré essentiellement par la lecture de son livre «Les Mathématiques et la Réalité», écrit vers 1930.

Cette lecture m'avait laissé une impression mitigée. J'avais apprécié une critique aigüe de la méthode axiomatique en Géométrie que justifiaient des observations profondes sur les rapports entre la mathématique et la réalité concrète de tous les jours. L'auteur proposait de substituer à l'approche axiomatique issue des recherches logiques et de l'axiomatique hilbertienne une «méthodologie ouverte», pour laquelle il forgea le vocable d'«idonéisme». La méthodologie ouverte refuse de s'accrocher à un système *ne varietur* d'axiomes et de définitions: elle invite à changer d'axiomes au cours de la recherche, de manière à adopter – à tout instant, en fonction de la situation locale (du problème à résoudre) – une position «idoine», c'est-à-dire pertinente. Comme souvent en Philosophie, la doctrine vaut plus par son aspect critique que par son aspect positif: dire à quelqu'un aux prises avec des difficultés: *comportez-vous toujours au mieux de ce qu'exige la situation*, ce n'est pas là, semble-t-il, une philosophie bien intéressante; elle est à la fois difficilement contestable (on ne conseillerait à personne, en recherche, de proposer des solutions non pertinentes) et peu illuminante, en raison du fait que la doc-

¹ Institut des hautes études scientifiques, 35, routes de Chartres, 91440 Bures-sur-Yvette, France

trine, par elle-même, ne fournit aucune recette ou procédure apte à faire surgir ces solutions «idoines». En réponse à cette critique trop aisée et probablement rebattue du Gonsethisme, des participants au Colloque fidèles à leur ancien maître me firent observer que Gonseth avait introduit plus tard (vers 1950) la notion de *référentiel*, et que, grâce à cette notion, on pouvait donner de l'activité «idonéiste» une définition plus précise. Le présent article a pour but de réparer cette lacune dans ma connaissance des œuvres du Maître, et je vais analyser ici le livre de F. Gonseth: «*Le référentiel: univers obligé de médiatisation*» (Dialectica, l'Age d'homme, Lausanne, 1975). Cet ouvrage (dénomé [RUM] dans ce qui suit), est l'un des plus tardifs de l'auteur, à qui, on le sait, une cécité progressive rendait le travail intellectuel de plus en plus en plus difficile.

Il s'agit d'un livre assez court – 200 pages; c'est un compendium de trois exposés circonstanciels, que l'auteur fait précéder d'une introduction générale. Il n'est pas question de résumer ici le contenu du livre. Je me bornerai à évoquer ici les trois «exemples» que Gonseth nous propose.

– Premier exemple: *Les «sapins obliques»*.

Le mieux est ici de citer l'auteur, dont le style a toute l'honnête rondeur d'un habitant des Franches-Montagnes [RUM, p. 144-45]:

«Il y a de cela bien des années, je montais avec ma famille par le train de Stansstad à Engelberg. A l'avant-dernière station notre wagon s'était arrêté devant un groupe de beaux sapins. Levant les yeux vers la fenêtre, je tressaillis de surprise: les sapins, de leurs troncs parallèles, semblaient barrer obliquement toute l'étendue de la vitre. Par quel maléfice les sapins ne s'élevaient-ils pas à la verticale dans ce pays comme dans les autres? Je m'approchai de la fenêtre. Comme par enchantement le maléfice s'évanouit: ce que j'apercevais était un paysage normal, les sapins y respectaient parfaitement les normes de la verticalité. Avais-je rêvé? Je revins en arrière et fis lentement du regard le tour du coupé, pour reporter ensuite toute mon attention sur la fenêtre. A nouveau les sapins la barraient obliquement. Mais à peine m'étais-je rapproché que déjà cette vision s'effaçait pour faire place à ce que je savais être la «réalité». Ne me dites pas que j'avais été simplement la victime de ma mauvaise vue. A cette époque, j'y voyais encore assez pour ne pas être grossièrement abusé. Et d'ailleurs, preuve tout-à-fait décisive, il m'arriva de passer plus d'une fois par là et de voir *le phénomène se reproduire*.

Ceci s'explique aisément. C'est qu'à cet endroit, la voie n'est pas horizontale. Ce qu'à l'intérieur du coupé, je prenais pour des verticales n'était rien d'autre que des obliques. Or c'est dans ce cadre, dans ce contexte, dans *ce référentiel* que j'interprétais les impressions venues de l'extérieur. Si l'image de la vitre restait droite, c'est celle des sapins qui devait être penchée. Mais dès que je me rapprochais de la fenêtre, le cadre naturel dans son ensemble reprenait sa fonction de référentiel normal.

Ainsi se trouve introduite la notion de référentiel, que l'Auteur commente ultérieurement: [RUM, p. 146]:

1°Le rapport à la situation dans laquelle nous nous trouvons se traduit pour nous et en nous par la formation et l'adoption d'un certain référentiel.

2°Ce référentiel peut changer brusquement s'il s'opère un changement dans notre situation dans son ensemble.

3°Surtout nous reportons d'un référentiel à un autre certaines exigences inaliénables, celle de l'existence d'une verticale, par exemple.

... (ici deux paragraphes sautés)

Cet exemple suggestif incite d'autre part à préciser d'emblée la double nature du référentiel, dont il sera fait largement usage plus loin. L'emploi que nous avons fait du mot référentiel indiquait déjà, mais de façon encore ambiguë. On aurait pu penser tout d'abord qu'il désignait l'intérieur du wagon en tant que «réalité séparable». Mais bientôt ce premier sens avait pu faire

place à une signification en quelque sorte opposée: à celle de la figuration ('ici RUM, p. 147) – qui se constituerait subjectivement en moi – de cette réalité. Ces deux interprétations ne sont-elles pas contradictoires? Pour y voir plus clair, il faut briser ici avec l'attitude de tenir pour radicalement séparable la figuration que le sujet se fait de quelque chose, et ce quelque chose dont le sujet se fait une figuration. Dans le cas du référentiel dont il vient d'être question, le subjectif et l'objectif restent en symbiose. Il dépend de l'«observateur», de la façon dont il s'engage ou dont il s'observe, que le référentiel lui offre sa face objective plutôt que sa face subjective. Médiateur existentiel, le référentiel réalise un équilibre (ne faudrait-il pas dire un compromis?) entre le subjectif et l'objectif, mais parfois aussi labile et même perfectible.

Cette dernière citation met en évidence la relative (mais sans doute nécessaire) imprecision du vocabulaire gonsethien. Comme nous le montrerons en deuxième partie, le phénomène des «sapins obliques» peut être pour l'essentiel modélisé par un schéma catastrophique relativement simple (celui, classique, de la fronce), analogue à celui offert par E.C. Zeeman [1] pour décrire le conflit entre deux interprétations perceptuelles d'une même forme visuelle ambiguë. Il en ira différemment des autres exemples évoqués par Gonseth dans [RUM].

– Le deuxième exemple de référentiel évoqué par Gonseth est celui de l'espace des impressions de couleur ([RUM, pp 47-64]) qu'il appelle *référentiel de la colorimétrie*. Là sa vision du référentiel comme terrain «médiatisant» entre EGO et Non-EGO s'interprète ainsi: l'espace (C) des impressions de couleur est – selon une théorie classique de la Physiologie – un espace «barycentrique» à trois dimensions, octant positif d'un espace vectoriel R^3 à trois dimensions. L'addition y correspond à l'opération physique additive obtenue quand la lumière passe à travers deux filtres colorés successifs. L'espace (C) apparaît donc comme un continu associé à une structure vectorielle définie «objectivement». Par contre la qualification par un adjectif de couleur d'une impression subjective de couleur nécessite une partition de (C) en bassins à frontière floue, où chaque bassin correspond à un adjectif de couleur. Ce versant interprétatif nécessite donc de faire une théorie du langage et d'introduire des aspects internes d'impressions subjectif. C'est effectivement cette synthèse entre objectif et subjectif que propose Gonseth dans les exemples ultérieurs. Son troisième exemple de référentiel est le langage lui-même. Là l'interprétation est moins évidente. . .

Dans l'exemple des sapins obliques, le terme de référentiel n'est pas loin de son origine géométrique: le «repère cartésien» d'un système d'axes de coordonnées. En fait, nous le verrons, le phénomène lui-même admet une modélisation mathématique assez simple de conflit entre deux repères. Par contre, dire que le langage lui-même est un «référentiel» nécessite une extension considérable du sens du vocable. Pour justifier cette extension, Gonseth est amené à invoquer un principe de finalité. Invoquant J. Monod [RUM, p. 35], il appelle à l'aide le «projet d'exister» caractéristique de tout être vivant. Dans cette perspective, le référentiel, c'est l'ensemble des mécanismes (ou «dynamismes») qui composent la régulation de l'organisme sous toutes ses formes: [RUM, p. 22]

Le Référentiel, Univers de médiation entre les horizons de la subjectivité et ceux de l'objectivité en vient à signifier «l'ensemble (explicite ou implicite) des préalables faute desquels telle ou telle activité systématique ne pourrait pas avoir lieu».

De même: [RUM, p. 29]

Chaque fois qu'on porte un jugement, qu'il s'agisse d'un jugement sur quelque chose, sur quelqu'un ou sur soi-même, on le fait dans une situation donnée et par rapport à celle-ci: c'est-

à-dire par référence à ce que l'on pensait et à la façon dont on le sait. Des jugements de fait les plus sûrs aux jugements de valeur les plus incertains aucun ne peut avoir ni le statut, ni la substance d'un jugement, s'il ne vient s'insérer dans une situation qui puisse lui offrir un système de référence préalable.

Et encore [RUM, p. 31] le référentiel comme *organe du sujet*:

Pour un sujet (individuel ou collectif) en situation, le référentiel a force de système de référence pour tous les horizons de réalité et les formes d'activité que la situation comporte. Ce système ne peut jamais être qu'en état d'inachèvement ou d'incomplétude. . .

. . . Le référentiel en tant qu'instrument obligé fait oublier le sujet, l'éloigne, en prend en quelque sorte la relève. Pourtant, si l'on posait comme hypothèse de travail – car rien ne la démontre – que l'édification d'un référentiel doit tendre à l'élimination totale du sujet, on créerait une situation absurde. En l'absence de tout sujet, le référentiel perd sa destination.

De là les réserves de Gonseth à l'égard du projet de la Cybernétique, réaliser l'être vivant comme automate. D'ailleurs, il ne faut pas oublier que la finalité implique le temps: Le référentiel est un équilibre dynamique: [RUM, p. 42, § D]

L'état d'un référentiel en mesure de remplir sa fonction n'est donc pas celui d'un équilibre stabilisé une fois pour toutes. C'est celui d'un équilibre entre différents facteurs situationnels et personnels, qui, en l'absence de toute compensation, seraient capables chacun d'en fausser l'idonéité.

Dans sa discussion du langage, Gonseth veut opposer un référentiel individuel à un référentiel collectif. Il affirme que la conscience qu'un être humain a de lui-même est un référentiel, le «référentiel fondamental» [RUM, p. 143]. Il ne dit pas si la conscience, en tant que phénomène global, contient la «carte psychique de l'environnement du corps» en tant que composante essentielle. Les animaux ont-ils un référentiel individuel? La question n'est pas posée, elle est tout au plus évoquée à propos des travaux de Piaget sur le développement ontogénétique du psychisme chez l'enfant. Le rôle formateur de la communication verbale pour le développement de l'intelligence chez l'enfant n'est pas évoqué en tant que tel. Gonseth y voit plutôt l'implantation dans le référentiel individuel d'un référentiel collectif opérée par l'enseignement, vu comme fonction sociale que la société construit dans l'esprit de l'élève. Cette opposition référentiel individuel \neq référentiel collectif est le thème du troisième exposé du compendium, où Gonseth s'attaque aux problèmes de la morale et de la religion. Il remarque en passant que le langage est «pauvre» en ce qui concerne la description des couleurs, ainsi que pour la description «des positions relatives des objets dans l'espace. . .» [RUM p. 73]. Pas étonnant, si l'on remarque qu'un continu se laisse difficilement décrire en un nombre fini de symboles!

Le temps apparaît dans la dynamique d'équilibration d'un référentiel, il apparaît aussi comme facteur génétique dans la structure syntagmatique de nos langues. Y a-t-il une raison commune à ces deux présences? On remarquera, à cet égard, qu'une des structures fondamentales de la Sémiotique narrative contemporaine, le «carré sémiotique» de A.J. Greimas, apparaît comme une structure d'équilibration: un retour à l'équilibre d'un équilibre rompu. Par contre, pour les phrases nucléaires («Le Chat mange la Souris»), l'irréversibilité est quasiment de règle. On retrouve ainsi une situation semblable à celle de la notion de Fonction en Théorie physiologique. La fonction dans son intégralité (prise dans l'Ecosphère) est nécessairement un processus clos sur lui-même, de nature cyclique, alors que la fonction d'un organe isolé – pris localement – est en général fondamentalement irréversible. Nous reviendrons sur cette distinction deuxième partie.

Dans le chapitre consacré à la «Structuration des sociétés», Gonseth s'efforce d'éliminer le statut ontologique du «référentiel collectif» qui assure la stabilité du corps social. Cela pour lui fait problème. Dans un dernier chapitre consacré à la morale et à la religion, il essaye de démêler, ce qui, dans l'action d'un référentiel est stable à l'opposé d'une partie circonstancielle instable [RUM, p. 191]:

Mais comment l'exigence de réalité trouve-t-elle à se satisfaire? Ce qui s'impose au sujet, ce ne sont pas des réalités en soi. Ce sont des interprétations référentielles (c'est-à-dire conditionnées par le référentiel établi) de la situation. Les interprétations référentielles momentanées ne sont pas nécessairement stables. Elles sont, dans la règle, changeantes, ne fût-ce qu'en fonction des changements de position du sujet. Dans ces conditions, comment imaginer qu'un référentiel d'une certaine stabilité puisse jamais s'établir? Il suffit, pour le comprendre, de se référer à l'exemple d'un objet mobile dont l'identité se conserve à travers les images changeantes qu'il offre à l'observateur. . .

L'auteur termine par cette conclusion [RUM, p. 198]:

La fonction du référentiel est implacablement double et ambivalente. Il met d'une part le projet d'exister en situation, donnant forme aux conditions du pouvoir-être et à l'obligation du devoir-être.

D'autre part, le projet qu'il conditionne ainsi n'est pas un projet quelconque, c'est un projet d'exister. C'est pourquoi, à travers le projet, par delà le projet, c'est l'existence même de celui par qui le projet s'effectue qu'il conditionne.

C'est sur cette affirmation globale de la finalité biologique que nous terminerons notre première partie.

Deuxième partie

Le texte de Ferdinand Gonseth est certes beaucoup plus riche en aperçus que les quelques citations données ci-dessus le laissent entrevoir; touchant à beaucoup de sujets (l'optique, la physiologie, l'immunologie, la sociologie, l'éthique, l'éducation, la philosophie en tant que discipline académique, etc), il montre à quel point cette notion de référentiel est universelle, et semble fournir une clé capable, en tant qu'outil interdisciplinaire, d'ouvrir beaucoup de voies nouvelles. Mais un lecteur qui a pratiqué les disciplines des sciences exactes ne peut que relever un certain manque de précision dans ses emplois du terme. Ce qui n'est pas pour inquiéter notre auteur, comme le prouve sa position de principe [RUM, p. 21, 2^e alinéa]:

«Je refuse donc de reconnaître comme légitime l'exigence d'avoir à fournir, avant de me servir d'un mot nouveau, ou d'un mot déjà en usage, mais qui doit se charger d'une signification nouvelle, un texte énonçant par avance et de façon claire et complète, le sens intégral et précis que ce mot pourra prendre.»

Acceptons cette manière de voir. Il n'empêche qu'il peut être intéressant, voire utile, de donner au sens du mot une interprétation aussi précise que possible, mathématique par exemple. . . Surtout que cette interprétation sera amenée à varier en fonction des différents emplois du terme.

Nous allons reprendre ici le premier exemple de Gonseth

La mathématisation des «sapins obliques».

On peut admettre qu'à notre corps est associé par l'ontogenèse un repère euclidien (D) défini par les trois gradients «morphogénétiques»: haut-bas (alias céphalo-caudal),

gauche-droite, dorsal-ventral. Pour chaque position (p) du corps, il existe un homomorphisme $h(p)$ qui envoie ce trièdre originel (D) sur un trièdre euclidien approprié $D(p)$: par exemple, si je suis couché sur le dos dans un lit étroit, l'image par $h(p)$ de la verticale (biologique) haut-bas sera l'axe horizontal de mon lit, et l'image par h de l'axe dorso-ventral attaché à mon corps sera la verticale ascendante. Du fait de la grande variabilité de cet homomorphisme $h(p)$, qui varie pour tout déplacement global de notre corps, nous oublions le repère corporel originel (D) pour ne conserver que le repère euclidien image $h(p)$, qui, lui, est en général imposé par les contraintes définies par le meuble sur lequel nous sommes, ou par les parois «verticales ou horizontales» de notre chambre. Mais une fixation de longue durée de $h(p)$ en une position aberrante (par exemple, renversant la verticale de (D)) ne serait pas sans créer de sérieux troubles physiologiques. C'est dire que bien qu'échappant parfaitement à notre conscience, le trièdre originel (D) n'en continue pas moins une existence latente, touchant surtout au maintien de la verticale: les directions horizontales, qui tolèrent une rotation autour de l'axe du corps, sont biologiquement moins marquées. Le morphisme $h(p)$ a pour origine essentielle la vision de l'environnement, d'où la difficulté de se repérer dans l'obscurité. (Le jeu de Colin-Maillard repose sur cette perte de référence.)

Les données sur le mal des astronautes, à qui voir à travers un hublot du satellite l'horizon terrestre la terre en haut peut provoquer la nausée, montrent à quel point la continuité du champ vectoriel de la verticale est chez l'Homme une nécessité. (Dans cet esprit, il serait intéressant de vérifier si l'illusion des «sapins obliques» se présente avec la même netteté lorsque l'observateur est couché sur la banquette du compartiment. . .).

Cela étant dit, revenons aux «sapins obliques». J'ai fait assez récemment le voyage de Lucerne à Engelberg, et à la halte Grünenwald – dernier arrêt de la montée avant le plateau d'Engelberg –, j'ai pu revivre le phénomène décrit par Gonseth. La seule différence est qu'à cet endroit, les sapins se font rares, mais on retrouvera l'illusion en remplaçant les sapins par les poteaux (verticaux) qui supportent les caténaires. Dans ce secteur la ligne est à crémaillère et comporte une pente d'environ 40%. Du fond du compartiment, ces poteaux semblent barrer obliquement la fenêtre. Le phénomène peut être décrit comme un conflit entre deux déterminations de $h(p)$. La première $h(W)$ est celle liée au repère (W) associé au wagon arrêté sur la voie en pente (Figure 1a). La seconde $h(E)$ est le morphisme dicté par la vue sur l'extérieur, à travers la vitre de la fenêtre (F). Le paramètre de contrôle de la transition sera, par exemple, l'angle solide sous lequel l'observateur voit la fenêtre (F), selon le schéma classique en «wigggle» (Figure 1b) issu de la catastrophe France.

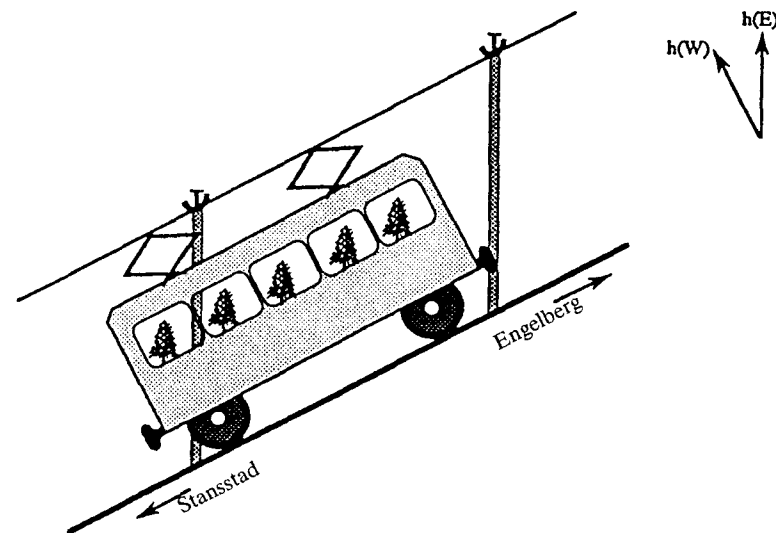


Figure 1 a

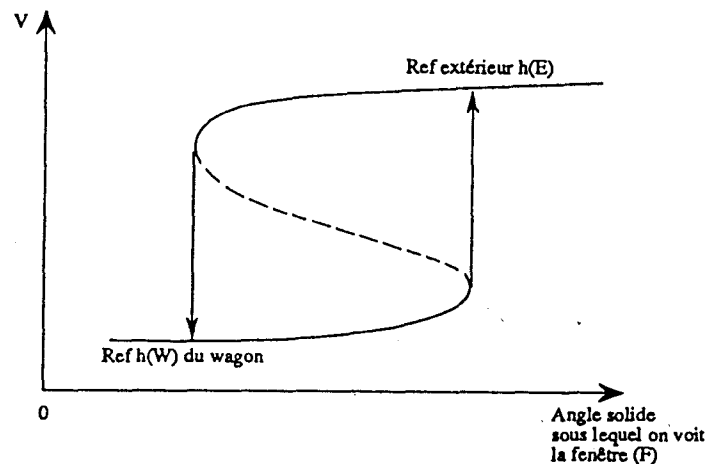


Figure 1 b

Cette verticale $h(W)$ est déterminée par la position normale du wagon immobile sur une voie horizontale, elle est liée au wagon en tant que corps rigide, et, à l'arrêt considéré elle va présenter avec la vraie verticale un angle d'environ 30° .

L'illusion des sapins obliques peut être vue comme résultant de l'action de la rotation (autour d'un axe horizontal normal à la voie) que ramène le repère extérieur lointain $h(E)$ sur le repère $h(W)$ du wagon. En ce sens on peut dire que c'est le référentiel proche (W) qui agit sur les données du référentiel lointain (E). Le phénomène global peut être vu comme résultant d'un conflit entre deux «prégnances»: la prégnance des objets proches de l'Ego sujet d'une part, (le wagon W) et la prégnance enveloppante de la réalité extérieure lointaine (E) d'autre part¹ (exigence de vérité vs exigence de réalité, selon la terminologie de la citation [RUM, p. 191, 2^e alinéa]).

La fenêtre (F) joue un rôle central dans le phénomène; c'est une lacune de la clôture du domaine (Wagon) par laquelle va s'infiltrer la lumière porteuse de formes extérieures susceptibles d'être vues, et par suite d'entrer en conflit avec la verticale du repère $h(W)$.

Une analyse plus fine du processus montrerait que, dans la rotation du regard décrite par Gonseth au centre du coupé, la transition du repère $h(E)$ (où les sapins sont verticaux) au repère $h(W)$ où ils sont obliques est une transition comme *lisse* (parce que l'image de la fenêtre va du champ central de la fovea dans le champ visuel périphérique où les détails s'affaiblissent, cependant que le diamètre apparent de la fenêtre diminue), alors que la transition inverse – lorsque le regard va du fond vers la fenêtre, que l'observateur s'en rapproche, et qu'alors subitement les sapins se verticalisent – est vécue comme «catastrophique». (Techniquement, selon ma terminologie, la première catastrophe est une catastrophe de délai parfait, alors que la seconde est de délai imparfait). On a là un effet semblable à la transition continue Liquide-Gaz, lorsque en théorie des changements de phases, dans le modèle de Van Der Waals, on tourne autour du point critique. On comparera avec le phénomène décrit par Christopher Zeeman [Sudden Changes of Perception] in [1].

Cette expérience est probablement à l'origine du terme «référentiel» qui évoque la notion de repère ou trièdre de référence. Mais Gonseth – avec raison – insiste pour généraliser la notion bien au-delà du cadre mathématique. Mais alors, il importe de comprendre quelles propriétés ce référentiel général va conserver de son origine géométrique.

Peut-être faudrait-il remarquer, à titre de préliminaire, que la notion d'espace est d'ores et déjà un «univers de médiatisation»: l'espace usuel est l'objet d'une représentation interne dans laquelle nos mécanismes cérébraux nous permettent de calculer nos déplacements ainsi que leurs effets, – en général avec une remarquable efficacité. Il y a toute raison de croire qu'en plus l'espace existe en tant que réalité externe contenant tout autre mode de réalité. Que cet espace ne coïncide pas nécessairement avec cette construction théorique qu'est l'espace euclidien R^3 , c'est possible, mais du point de vue de la pratique usuelle, ce modèle n'en conserve pas moins une remarquable pertinence: or, ce qui caractérise l'espace euclidien, c'est le fait que c'est un *continu* dans lequel opère un groupe de symétries très riche (le groupe euclidien des déplacements qu'on peut étendre en groupe des similitudes). Cette générativité interne aux groupes de Lie se dégrade verbalement pour décrire les constructions de la géométrie euclidienne clas-

¹ Sur la notion générale de prégnance, voir [2]. En fait, le mot prégnance en l'usage cité plus haut a un sens proche de la *Prägnanz* des Gestalthéoriciens: capacité d'un système d'indices visuels à se constituer en un repère cohérent.

sique: Citation de Paul Valéry in [RUM, p. 72]: Avec la Géométrie, «*les Grecs avaient soumis l'espace à la grammaire*». (Les mathématiciens modernes, imbus de leurs techniques algébriques, ont tendance à considérer Euclide comme un monument historique complètement dépassé: c'est oublier la valeur paradigmatique de la géométrie d'Euclide comme médiatisation entre le continu du groupe euclidien et la syntaxe discrète de nos grammaires. . . , point de vue sur lequel Gonseth, dès «Mathématique et réalité» a abondamment insisté). C'est donc du côté de l'articulation entre géométrie continue et langage discret que l'on doit chercher la définition hypothétique du référentiel, et pour cela les modèles de la théorie des catastrophes en sa version «philosophique» paraissent prometteurs. Cependant, il ne faudrait pas confondre le référentiel Gonsethien avec ce que Henri Wallon a appelé «Le Schéma Corporel»: selon cet auteur, «il s'agit là d'une image intrinsèque de la situation spatiale du corps qui serait fournie à un sujet, animal ou humain», image fournie de manière permanente par la cénesthésie de ses propres mouvements. Je crois que la notion de référentiel (entendue *stricto sensu*) contient en effet le schéma corporel, mais l'étend au delà du corps, à l'environnement. *Il est en effet, pour un animal, plus important d'apprécier ses mouvements par rapport au monde extérieur que par rapport à lui-même*. Si, pour un animal se déplaçant sur terre, les contacts (périodiques et variables) du corps avec la surface du sol peuvent, associés à la cénesthésie, suffire à l'évaluation du déplacement, par contre la constitution d'un «référentiel» est plus délicate pour un animal volant dans l'air ou nageant dans l'eau. Il ne fait guère de doute que seule l'association de repères sensoriels externes considérés comme fixes avec la cénesthésie des mouvements permet alors l'appréciation par le système perceptif du déplacement «absolu» de l'organisme. Pour les oiseaux navigateurs, on sait que ce référentiel comporte des indices cosmiques comme la vision des constellations ou le champ magnétique terrestre. Mathématiquement, il s'agit du problème *dit du trièdre mobile*: évaluer le déplacement absolu d'un trièdre mobile (T) trirectangle de vecteurs unitaires (e_j) ($j = 0,1,2,3$) par rapport à un repère fixe (T_0) connaissant à chaque instant les vecteurs-vitesse absolus $d(e_j)/dt$ rapportés ou trièdre mobile (e_j) des vecteurs de base, problème classique, depuis Elie Cartan, en Géométrie Différentielle. On trouvera dans un article récent du physiologiste Ilan Golari [3] une discussion approfondie sur ce thème.

Si on accepte cette vision du référentiel restreinte à l'évaluation des déplacements de l'organisme par rapport à un environnement considéré comme (localement) fixe, on ne s'étonnera pas de devoir lui attribuer des propriétés mathématiques étendues. Il faut pouvoir «composer» les déplacements, donc «représenter» des groupes de Lie. Ceci n'implique pas nécessairement des structures cérébrales raffinées, car n'importe quel solide rigide «représente» le groupe orthogonal ou le groupe euclidien. On trouvera donc dans le référentiel une opérativité, une «générativité» issue de sa fonction géométrique. De là l'idée que le référentiel comporte une certaine structure objective, *adhérente au sujet, mais indépendante de lui*. Dans la citation *supra* [RUM, p. 31], Gonseth qualifie d'absurde l'idée d'un référentiel sans sujet. Je ferai ici une digression susceptible d'apporter à cette vision d'un référentiel indépendant du sujet une certaine justification. En effet, cette conception du référentiel comme sorte de repère subjectif lié à des indices fixes de l'environnement pourrait permettre d'apporter quelque lumière à l'une des théories les plus obscures d'Aristote. . .

Le lieu aristotélicien comme référentiel.

Lorsqu'on entreprend de comprendre la Physique d'Aristote, la théorie des Lieux (Topoi) (Livre IV de la Physique) demeure pour l'esprit scientifique moderne un texte hautement énigmatique. Dans la mesure où un lieu est toujours le lieu d'une substance (οὐσία) (pas de vide chez Aristote!), et comme une substance est usuellement chez Aristote un être vivant, je postulerai qu'un lieu (L) d'une substance vivante (A) est un «référentiel» de (A), c'est-à-dire, un cadre (en général un domaine tridimensionnel – une boule) contenant le corps de (A) et par rapport auquel (A) peut calculer ses mouvements. C'est en rapport à ce cadre qu'on définira ce mouvement très particulier qu'est le repos (akinèsia). La célèbre formule d'Aristote: *Le lieu veut être immobile* (Phy IV, 212a, 17-189), exprime alors que le repos est un «attracteur» de tout mouvement, manifestation d'une loi impliquant un «frottement universel» qui équivaut au point de vue moderne au second principe de la thermodynamique. (Ce que Galilée a réfuté par le principe d'inertie.) Les érudits compareront cette interprétation du Topos, avec la définition rhétorique du mot Topos comme «Lieu commun», cet ensemble de propositions acceptables par tous dont l'adoption est considérée comme préalable à toute discussion dialectique. . . Dans cet esprit, on pourrait interpréter le phénomène des sapins obliques, comme le conflit pour le voyageur entre deux lieux: le wagon d'une part, et le secteur boisé environnant la voie à l'arrêt de Grünenwald. On pourrait peut-être dissiper l'ambiguïté essentielle de la théorie aristotélicienne des lieux en postulant que l'appartenance d'un mobile (m) à un lieu (L) n'est pas un simple fait de topologie relative [Support de (m) contenu dans (L)], mais comporte en plus un aspect *interne* lié à la disposition «subjective» du mobile se concevant dans son lieu. Ce serait là, sans doute, un prix bien lourd à payer pour conférer à la théorie d'Aristote une certaine intelligibilité, mais pourrait-on trouver plus simple?

Nous allons maintenant abandonner le point de vue géométrique pour sauter au point de vue biogéométrique que Gonseth propose, voir la citation supra [RUM, p. 22]. Il nous faut considérer le problème de la figuration topologique des mécanismes de régulation biologique. Une difficulté essentielle réside dans la polysémie actuelle du mot fonction en physiologie: Quoi de commun entre une fonction locale comme celle – en biologie moléculaire – de l'enzyme déshydrogénase, et une fonction globale comme la nutrition ou la reproduction animale? Considérée dans son intégralité, une fonction présente toujours un caractère de flux globalement cyclique qui permet son individuation permanente: considérée localement, associée à un organe localisé, la fonction a en général un caractère irréversible. Gonseth récuse le caractère simpliste du schéma cybernétique stimulus réponse: $s \Rightarrow R$. Mais si la réponse R annihile strictement l'effet néfaste du stimulus s, – si elle est «idoïne» – le processus n'en présente pas moins la réversibilité globale qu'exige la survie de l'être vivant. Le schéma général serait le suivant: à tout référentiel (R) est associé un continu connexe (C) (ce sera par exemple, chez l'homme, une classe d'états du psychisme formant un espace connexe par arcs); de même on se donnera un continu (S) paramétrisant les stimuli, un continu A paramétrisant les actions régulatrices. (S) se partage en domaines S_i , A en domaines A_j . A tout point $c \in C$ est associée une correspondance $F(c)$ – la commande – qui associe à tout stimulus *idoïne* une action régulatrice $a_j = F(c; s_i)$, laquelle n'est définie que sur la sous-classe de stimuli dits *idoïnes* (sous-classe des indices i dépendant de c).

Par un argument général esquissé ci-dessous, on peut admettre qu'il existe entre stimuli et réponses une correspondance naturelle symbolisée par $j = i$ telle que l'impact du

stimulus s_i soit sélectivement annihilé par la réponse a_i , lorsque c se trouve en un point «origine» O du continu C ($a_j = F(O, s_j)$). Mais il peut arriver que suite à une variation d'un facteur accidentel externe le point d'impact stimulus s_j se trouve quelque peu déplacé et aboutisse en un point s_k de S; alors il est bon que c subisse une variation concomitante en un point $x(j;k)$ de C, tel que $a_j = F(x(j;k), s_k)$. Ainsi la déformation accidentelle du stimulus se trouvera compensée par une déformation convenable de la commande F. On voit sous cette forme la nécessité pour le continu C, – *le support d'un référentiel*, – d'admettre un jeu de variations susceptibles de compenser l'effet de variations de stimuli dus à des facteurs perturbateurs externes ou internes. Ces variations sont susceptibles de se concaténer temporellement, elles donneront lieu à une opérativité algébrique plus ou moins achevée (le cas idéal étant celui où C est un espace euclidien avec sa structure affine). C participe de S, lieu d'impact des stimuli, et de A lieu des réactions correctrices. C'est par excellence un espace médiateur entre le sujet et l'objet.

La notion de référentiel que nous avons rattachée au couple (s, r: stimulus \Rightarrow réponse) permet évidemment toute une série d'opérations topologiquement ou combinatoirement définies: produit direct de deux référentiels, concaténation de deux référentiels, etc. En particulier on a la notion de «contrôle» d'un référentiel: un référentiel (A) contrôle un référentiel (B), si une sortie de (A) peut agir de manière très effective sur la commande de (B). D'où la possibilité théorique de hiérarchiser les référentiels, aboutissant à un référentiel suprême. Mais cette approche «cybernétique» laisse intact le problème de la régulation globale de l'être vivant, dont la seule explication concevable fait appel à l'ontogenèse de la structure (ce qui ne veut pas dire la génétique seule).

Les interprétations biologiques du référentiel.

Devant le caractère abstrait de la définition précédente d'un référentiel, on peut se demander s'il ne serait pas utile de chercher à s'en faire une image plus concrète en recourant à des illustrations biologiques. Gonseth nous y invite lui-même en sa citation: *Le référentiel organe du sujet* [RUM, p. 31], supra p. 5. Dans la prédation, on peut prétendre que les organes de capture de la proie, intermédiaires entre prédateur et proie, sont des référentiels. Un référentiel sensoriel transmettrait l'impact de la forme de la proie à un référentiel moteur, lequel capturer la proie. Le pseudopode émis par l'Amibe pour capturer une bactérie voisine est un «référentiel» de cet organisme. Le filet du pêcheur est un référentiel du pêcheur, où le maillage du filet est l'effet matériel d'une générativité discrétisée. Verbalement, un universel, un concept est un instrument de capture de ses référents et la référence d'un concept présente souvent via la notion de «marque» une générativité algébrique limitée. Le référentiel global est constitué de référentiels partiels tout comme l'organisme est composé d'organes. En ce sens, l'un des problèmes majeurs est celui de la compatibilité de ces référentiels partiels en vue de la constitution d'un référentiel commun. C'est tout le problème de l'organisation biologique qui se trouve posé là. Mais c'est aussi le problème de l'*individualité intrinsèque* d'un référentiel.

Par là on retrouve un vieux problème, celui de l'*incommunicabilité des genres* (au sens du Genre d'Aristote). Dans un genre, opère la différence spécifique qui le sépare en ses espèces. On peut ainsi considérer qu'un genre est un référentiel pour les entités qui en font partie. Quand deux genres sont sans rapport (incommunicables) (comme vision et odorat, par exemple) on peut les considérer comme des référentiels distincts (dans

cet *hypergenre* que formeraient les fonctions sensorielles). Seule une vision globale de l'ontogenèse biologique permettrait de préciser les structures hiérarchiques qu'entretiennent entre eux les genres, et par suite nos hypothétiques référentiels. On ne peut qu'aboutir à une conclusion sceptique: dès qu'on sort du domaine de la géométrie, on ne sait plus très bien ce dont on parle, et l'on débouche de la sémantique dans la métaphysique. Une telle limite, nous nous garderons de la franchir. René Thom

RÉFÉRENCES

- [1] E.C. ZEEMAN – Sudden Changes of Perception, pp 288-309, in Logos et Théorie des Catastrophes, Colloque de Cerisy 1982, Jean Petitot ed., PATINO, Genève 1988.
- [2] R. THOM – Esquisse d'une sémiophysique, Interéditions, Paris, 1989.
- [3] ILAN GOLANI – A mobility gradient in the organization of Vertebrate Movement: The perception of movement through symbolic language. Behavioral and Brain Sciences Vol 15 Number 2, June 1992, Cambridge University Press.