

SÉMINAIRE DE PHILOSOPHIE ET MATHÉMATIQUES

RENÉ THOM

Techniques, sciences et technologies : une classification catastrophiste

Séminaire de Philosophie et Mathématiques, 1984, fascicule 1
« Classification des sciences et des techniques », , p. 1-32

http://www.numdam.org/item?id=SPHM_1984__1_A1_0

© École normale supérieure – IREM Paris Nord – École centrale des arts et manufactures,
1984, tous droits réservés.

L'accès aux archives de la série « Séminaire de philosophie et mathématiques » implique
l'accord avec les conditions générales d'utilisation (<http://www.numdam.org/conditions>). Toute
utilisation commerciale ou impression systématique est constitutive d'une infraction pénale.
Toute copie ou impression de ce fichier doit contenir la présente mention de copyright.

NUMDAM

Article numérisé dans le cadre du programme
Numérisation de documents anciens mathématiques
<http://www.numdam.org/>

TECHNIQUES, SCIENCES et TECHNOLOGIES :

une classification catastrophiste.*

Le but principal de cet article est d'exposer une classification - apparemment neuve - des technologies, qui généralise et prolonge dans une certaine mesure la classification positiviste des sciences due à Auguste Comte. Comme la motivation théorique de cette classification fait appel à une donnée de biologie catastrophiste, le lacet de prédation - je serai obligé de rappeler ici les thèmes essentiels de la théorie des catastrophes (TC). Ce faisant, je me condamne à un certain nombre de redites, dont je voudrais m'excuser auprès des lecteurs avertis. Il m'a été en effet demandé de présenter ici un exposé (en principe) autonome. Le lecteur familier avec la TC pourra n'aborder cet article qu'à partir de la page 4 §1,4 , toutes les technicalités mathématiques ayant alors été exposées.

I. Rappels sur la TC

I.1. L'idée philosophique essentielle sous-jacente à la théorie des catastrophes est que tout phénomène, toute forme spatio-temporelle doit son origine à une distinction qualitative des modes d'action du temps dans les choses. La dynamique n'est en effet que l'étude du mode d'action du temps dans les "systèmes", la théorie du vieillissement. Toute distinction d'apparence qualitative dans un espace U (le substrat), peut être attribuée à deux modes d'action du temps : un mode rapide qui crée dans un espace interne des "attracteurs" qui spécifient la qualité phénoménologique locale du substrat ; et un mode "lent" agissant dans l'espace substrat U lui-même - alors que le temps rapide agit dans un espace S d'états internes locaux du substrat. Techniquement :

L'ensemble des états locaux du substrat autour d'un point u de U constitue un espace S , dit "fibré" (au-dessus de U , et l'ensemble de ces fibres forme un espace produit $\bar{U} \times S$.

* article à paraître dans Prometeus .

On notera π l'application fibrée (u) dans U $\pi: U \times S \longrightarrow U$ (projection). Un état local du milieu sur un domaine W de U est défini par une section $\sigma : W \rightarrow W \times S$ (telle que $\pi \circ \sigma = \text{identité en } U$). Cette section est en général régulière, sauf sur un certain sous-espace de U l'ensemble de catastrophe $K \subset U$ (lieu de discontinuité des observables). On admet dès lors que la dynamique agissant dans S_u définie par un système différentiel $\dot{x} = F(x,u)$ est rapide par rapport aux variations éventuelles des coordonnées de u . On fait de plus l'hypothèse d'un état d'"équilibre local", à savoir que le point représentatif $\sigma(u)$ dans sa fibre δ_u est poussé par la dynamique rapide vers un point $\sigma(u_0)$ qui représente l'équilibre local du milieu en u_0 .

Ceci dans l'hypothèse simpliste (qui est celle de la théorie des catastrophes élémentaires) où les équilibres atteints asymptotiquement sont ponctuels. Il y a "catastrophe" lors du saut d'un équilibre $\sigma(u)$ à un autre $\sigma'(u)$ au-dessus d'un point $u' \in K$: ceci se traduit en effet par une variation brutale de certains observables, donc par une discontinuité qualitative engendrant une "forme" dans U .

Dans le formalisme de la théorie des catastrophes élémentaires (TCE), on suppose que la dynamique rapide agissant dans S est une dynamique de gradient

$$(1) \quad \dot{x} = -\text{grad } V(x,u)$$

où $V(x,u)$ est une fonction potentiel réelle définie sur S . (Les points d'équilibre sont alors les minima du potentiel $V(x,u)$. Intuitivement, on peut considérer que la fonction V est une sorte d'altitude définissant un "paysage montagneux" sur l'espace S . Les fonds de ce paysage représentant autant d'équilibres stables du système local X_u . Il y a catastrophe lorsque sous l'effet de la variation (lente) de u , le paysage se déforme, et que le minimum occupé par le point représentatif voit son bassin se rétrécir, jusqu'à ce que le point représentatif devenu instable dévale catastrophiquement du point initial vers un équilibre situé plus bas. Voir Fig. 1.

Rappelons que ces sauts de potentiel peuvent être régis selon deux règles : la convention de Maxwell (le minimum qui règne en u est celui qui minimise absolument $V(x,u)$) les ensembles K

ont alors habituellement (génériquement) une morphologie très simple comme le classique point triple (voir Fig. 2b) dans le substrat de dimension deux. (Ceci correspond à un potentiel qui atteint son minimum en trois points distincts non dégénérés, Fig. 2a). Le cas antérieurement décrit (avec dynamique lente dans U) est celui défini par l'autre convention usuelle, celle du retard parfait.

1.2. Bimodalité et le modèle de la fronce

Lorsqu'on étudie le conflit de deux équilibres ponctuels, on est amené en TCE à considérer des potentiels à deux minima : Le modèle algébrique le plus simple d'un tel potentiel (à une variable) est donné par le polynôme du 4ème degré de la forme

$$(2) \quad V(x, u, v) = \frac{x^4}{4} + u \frac{x^2}{2} + vx .$$

Une fonction telle que (2) a trois points critiques, points où la dérivée dV/dx est nulle. Or ces points sont donnés par les racines de l'équation

$$(3) \quad \frac{\partial V}{\partial x} = x^3 + ux + v = 0 .$$

D'où trois racines dans le rebroussement d'équation

$4u^3 + 27v^2 < 0$ et le tableau général des types de potentiels (2), voir Fig. 3.

En convention de Maxwell, le demi-axe Om' est lieu de catastrophe (on passe continûment d'un régime à l'autre en tournant autour du point 0, centre organisateur de toute la structure). En convention de retard parfait, les catastrophes se présentent sur les plis 03, 07 selon l'histoire antérieure du système (quand on sort du rebroussement).

1.3. La notion de "déploiement universel"

La fronce fournit l'exemple le plus simple d'une notion mathématique fondamentale en TCE : à savoir, celle de déploiement universel. On part du centre organisateur 0, pour lequel on a le potentiel $V = \frac{x^4}{4}$. Il s'agit ici d'un minimum dégénéré, topologiquement instable. Toutes les déformations de ce potentiel sont équivalentes à un potentiel

de la famille (2), dite déploiement universel de la singularité $V = \frac{x^4}{4}$. Cette famille de potentiels constitue en quelque sorte le modèle universel de toutes les déformations (continues du potentiel $V = \frac{x^4}{4}$. La singularité $\frac{x^4}{4}$ est de codimension deux, parce qu'il faut lui ajouter un polynôme dépendant de deux paramètres pour la stabiliser. On sait construire (par une règle fort simple) le déploiement universel d'une singularité algébrique isolée : je renvoie à Thom [1972] pour une description explicite des déploiements des singularités de potentiel dont la codimension est ≤ 4 . Il s'agit là des sept "catastrophes" connues classiquement.

1.4. Les controverses autour de la TC

A côté des catastrophes élémentaires (définies par un gradient de potentiel) il y a la théorie des catastrophes générale. Là, l'absence de théorème de grande portée a conduit certains à mettre en doute l'existence d'une théorie des catastrophes générale. Il est certain que la notion même de régime asymptotique (d'"attracteur") pose en Dynamique Générale des problèmes qui sont loin d'être résolus. Le fait - connu depuis le résultat de Newhouse - qu'il y ait dans $\text{Diff}(S^2)$, l'espace des applications bijectives lisses $S^2 \rightarrow S^2$ un ensemble localement dense d'applications admettant une infinité d'attracteurs, montre les difficultés qui s'attachent à cette notion. Cependant, on peut penser qu'en beaucoup de cas un formalisme de type élémentaire, garde sa validité. On sait qu'une bifurcation d'attracteurs est en général difficilement reconnaissable par ses effets phénoménologiques. Il ne faut pas oublier, en effet que bifurcation reste un concept mathématique alors que catastrophe est un concept phénoménologique, qui n'est susceptible d'une représentation mathématique stricte que très exceptionnellement. Si l'on suit d'adage "Là où il n'y a pas de théorème, il n'y a pas de théorie", alors très certainement, la théorie des catastrophes "générale" demeure de nature fondamentalement programmatique. La grande extension récente des recherches sur l'itération des endomorphismes (renaissance de la théorie de Fatou-Julia) a montré l'extraordinaire richesse de cette théorie d'un point de vue strictement mathématique. Mais l'intérêt pragmatique de ce genre de recherches est loin d'être évident. Une théorie de la bifurcation, pour s'appliquer utilement, doit nécessairement être grossière. Les fins détails qui ornent les ensembles de bifurcation dans la théorie de la bifurcation de Hopf

(dégénérée) ne peuvent être vus dans la pratique. Et la structure fine de l'ensemble de Julia de la transformation $z \rightarrow z^2 - c$, qui révèle toutes les propriétés arithmétiques du nombre complexe c , n'a guère - jusqu'à présent - d'intérêt pratique. C'est pourquoi personnellement, j'aime à penser que ce qui joue un rôle, ce n'est pas la notion - trop fine - d'attracteur, mais une classe d'équivalence d'attracteurs "équivalents" parce qu'encapsulés dans la variété de niveau d'une fonction de Liapunov (un quasi-potentiel) - pourvu que l'attracteur échappe à des implosions de caractère exceptionnel. Telle serait, selon nous, la voie par où trouver une définition mathématiquement satisfaisante de la notion de régime asymptotique stationnaire d'une dynamique. Dans une telle optique, la structure fine interne de l'attracteur n'a que peu d'importance : seule importe la fonction de Liapunov qui l'enserme dans l'une de ses variétés de niveau. Mais on peut concevoir que seule la structure du tube enfermant l'attracteur a phénoménologiquement de l'importance, et on retrouve ainsi une problématique proche de la TC élémentaire. On trouve fréquemment - sous des plumes autorisées - la critique suivante de la TC : qu'elle a négligé les problèmes associés à la structure des attracteurs et à leur bifurcation au profit du seul théorème de classification de la TCE. C'est là, je crois, une critique de mathématicien professionnel. Or la TC, faut-il le répéter, n'est pas une théorie de la mathématique, même si elle reste fondamentalement une théorie mathématique. Une propriété arithmétique fine n'a d'importance que dans la mesure où elle affecte la stabilité structurelle d'un attracteur. Or c'est là un aspect sans pertinence, ce qu'on voit sur l'exemple de l'ensemble de Mandelbrot d'une transformation $Z \rightarrow Z^2 - c$ (ensemble des c pour lesquels les itérés de 0 restent à distance finie).

Venons-en maintenant à l'aspect proprement sociologique de la critique de la TC. Cette critique a beaucoup perdu de son importance, parce que le devant de la scène a été occupé par d'autres théories plus récentes, mais tout aussi immodestes : Citons la Synergétique du Professeur Haken, la théorie des structures dissipatives de I. Prigogine, (I. Prigogine, I. Stengers 1982) et dans un registre un peu différent, les objets fractaux de B. Mandelbrot (Mandelbrot, 1975). Des deux premières théories, disons seulement que leur support théorique n'est pas mathématique, mais resp. physique et thermodynamique. Or il est difficile d'admettre que des concepts issus d'une science

particulière peuvent avoir ipso facto valeur interdisciplinaire, car seuls des concepts mathématiques peuvent prétendre - dans les sciences qui pratiquent la méthode mathématique - à une portée universalisée. Sans doute pourra-t-on objecter que certains concepts d'origine empirique et particulière ont pu être à l'origine de certains concepts importants des mathématiques. Ainsi, le concept de vitesse instantanée a pu se métamorphoser dans le concept de dérivée, et le concept d'entropie thermodynamique a trouvé, entre les mains de Kolmogoroff et Sinai, une très puissante généralisation strictement mathématique. Mais une fois ces concepts mathématisés, ils ont pratiquement rompu toute attache au concept empirique particulier qui leur a donné naissance. Quant aux fractals de Mandelbrot, il faut à coup sûr être reconnaissant à cet auteur d'avoir attiré l'attention des mathématiciens sur la structure fine de ces ensembles, et leur possible intervention dans l'interprétation de certains phénomènes naturels. Mais là aussi, on a l'impression que ce domaine va rapidement diverger en une théorie purement mathématique issue de l'itération, a priori fort éloignée des applications, et une collection de données extraites de disciplines morphologiques empiriques dont la théorie génératrice reste à faire.

Sur le fond même de l'applicabilité et de l'efficacité de la TC dans les sciences appliquées, il y a eu peu d'éléments nouveaux depuis la grande controverse des années 1975-6. Il ne fait pas de doute à mes yeux que les critiques portant sur l'inefficacité pragmatique de la TC ne soient pour l'essentiel fondées. Il n'est pas du pouvoir des mathématiciens de rendre accessible à une modélisation quantitative rigoureuse un domaine empirique non régi par des lois quantitatives connues. Le mathématicien ne peut "légaliser" un domaine quand ces lois n'existent pas. Cependant, le mathématicien appliqué dispose d'un grand nombre d'algorithmes lui permettant de traiter par exemple statistiquement les données de l'expérience, et d'en tirer des conséquences valables pour le futur. Les outils de la TC (surtout de la TCE) peuvent être employés dans cette perspective - avec un succès aussi réel que certaines techniques standard comme l'approximation gaussienne du bruit. Sur ce plan de la modélisation, on peut croire que la TC a conquis droit de cité, au point que maintenant beaucoup parlent de plis et de fronces sans insister davantage sur l'origine de ces termes. Mais le caractère assez incertain de la technique catastrophiste nuit à son emploi systématique. Et puis, si toute la vérité d'un système se trouve

dans un système d'équations résolu, toute science n'est plus que la constitution de banques de données, rendues accessibles selon les normes d'un documentalisme efficient : Disparition de toute théorie...

Dans un article déjà ancien (Thom [1977])

j'avais indiqué le choix originel auquel est confronté tout utilisateur de la TC. On explique la Morphologie par un modèle construit à partir de lois connues régissant les phénomènes : c'est la méthode quantitative usuelle, où la TC ne peut guère apporter que quelques simplifications d'approches, en même temps qu'une meilleure vision globale du comportement des solutions. Ou au contraire, à partir d'une morphologie connue, ou expérimentalement produite, on imagine le processus dynamique le plus simple qui puisse rendre compte des phénomènes observés. C'est l'approche "herméneutique", qui en tant que prodigieux facteur d'intelligibilité, peut s'appliquer même dans les sciences comme la biologie, qui n'admettent guère de lois quantitatives. C'est sur cet emploi que j'insisterai désormais, abandonnant la voie de la modélisation rigoureuse à mes confrères et amis de l'université de Warwick. Il s'agit donc là de la voie herméneutique, laquelle ne débouche pas nécessairement sur un surplus de pouvoir pour l'homme. Mais elle conduit en général à une meilleure intellection des choses. Il se peut même - comme l'a soutenu J. Petitot dans sa thèse, J. Petitot [1982] -, qu'elle constitue même l'objectivité des faits étudiés.. Personnellement, j'aurais tendance à justifier cette approche par un argument simple : la nécessité en toute théorisation d'un élément imaginaire. On ne peut si l'on veut "prolonger" une donnée existante dans l'espace ou le futur du temps se contenter de la donnée empirique brute. Il faut faire appel à des entités susceptibles de se propager dans le substrat. On rentre ici dans la grande problématique de ces êtres que j'ai appelé les "prégnances" qui peuvent se présenter à la fois comme entités purement subjectives, et comme êtres physiques tout ce qu'il y a de plus objectifs. Toutes les lois physiques quantitatives ont en fait à faire avec la propagation, plus ou moins contrôlée géométriquement de ces prégnances (Moments cinétiques, Radiation,...) effets (figuratifs) de l'investissement d'une forme saillante par une prégnance selon la terminologie que j'ai introduite en [Thom 81] ; l'imaginaire a cette caractéristique d'abhorrer les frontières nettes, les objets bien délimités dans leur apparence . Quoi de plus concret qu'une pierre, forme saillante permanente s'il en fut ? C'est pourquoi la pensée rationnelle (la logique en est une forme

extrême) s'efforce de ramener la propagation des prégnances à des constructions combinatoires de formes saillantes : réduire l'imaginaire au symbolique, tel est son idéal, réduire toute propagation à une construction de solides, comme l'enfant avec un jeu de cubes.. (et le Dèmiurge du Timée n'en était pas si loin..). Mais la grande force de la mathématique est d'avoir imaginé des modes de propagation en quelque sorte intrinsèque (consubstantiels) à leur objet. Citons

1°) le prolongement analytique qui permet de reconstruire une fonction sur tout son domaine d'existence (holomorphe) à partir du germe de la fonction en un de ces points.

2°) L'extension quasi-instantanée d'une algèbre de Lie en son groupe de Lie (défini à un revêtement près). En Physique, on évoquera le concept de particule quantique qui associe de manière intrinsèquement "inintelligible" d'ailleurs, à la manifestation ponctuelle d'une particule l'onde qui caractérisera sa probabilité d'apparition ultérieurement (équation de Schrödinger). La théorie des catastrophes sous sa forme élémentaire, fait appel de manière fondamentale à un concept mathématique qui, bien que relativement récent, n'en est pas moins d'une grande portée philosophique : à savoir la déformation (uni)verselle d'un germe d'ensemble analytique. Il y a là un outil extrêmement puissant pour formaliser le passage du virtuel à l'actuel cher à Aristote. Il n'est donc pas étonnant de la voir apparaître dans les situations de conflits de régimes locaux : transitions de phase, brisures de symétries, défauts des milieux ordonnés, cette notion (qui a une généralisation en dehors de l'analytique aux fonctions C^∞ (indéfiniment différentiables) est l'outil de base de la TCE. Dans l'interprétation catastrophiste des structures syntaxiques que j'ai proposée dans mon livre [Thom 1972], l'unité syntaxique d'une phase nucléaire se trouve associée à un "logos", une singularité isolée qui éclate dans sa déformation en un ensemble de prégnances antagonistes. Reste à s'expliquer la prédication. Une phrase attributive comme : le ciel est bleu, peut être paraphrasée en soit
1) Le bleu a capturé le ciel, soit 2) le ciel émet du bleu... i.e.

1) La prégnance (ici la couleur bleue) a investi le ciel (forme saillante)

2) La forme saillante investie réémet cette prégnance par effet figuratif.

Toute prédication est la forme perfective d'une capture d'une sail-

lance par une prégnance, et la forme inchaotique d'une émission secondaire de cette prégnance. Cf. aussi le verbe "avoir" qui est un perfectif (j'ai A = "j'ai reçu A") et un inchaotif (je "donnerai A"). Sous cette forme, l'emploi d'un logos "ponctuel", donc non-susceptible d'une propagation, d'une extension spatiale, marque la première apparition d'un verrou symbolique canalisant l'affrontement des prégnances. C'est la première intrusion du symbolique dans l'imaginaire (selon une remarque que je dois à J. Petitot), et c'est elle qui est associée à cette partie du discours qu'est le verbe. Peut être cette incapacité de prolonger spatialement les modèles de la TCE, qui les condamne à n'être que qualitatifs et non quantitatifs, est-elle le prix à payer pour opérer cette première canalisation de l'imaginaire vers le symbolique. Ce défaut - tare irrémédiable aux yeux des modélisateurs et des fanatiques du contrôle quantitatif - est peut être nécessaire à une première fixation de l'intelligibilité en voie de verbalisation.

Un exemple typique de ce verrou nous est fourni par le lacet de prédation décrit dans [Thom 1972], et que je répète ici.

1.5. Le lacet de prédation

Il s'agit ici de représenter le comportement relatif du Sujet et de l'Objet dans la réalisation prototypique de Prédateur et Proie. On considère la singularité fronce, définie par la famille de potentiels $V = \frac{x^4}{4} + u \frac{x^2}{2} + vx$. Dans le plan de contrôle Ouv, on a le rebroussement défini par la courbe des valeurs critiques $4u^3 + 27v^2 = 0$. Le cercle unité $u^2 + v^2 = 1$ coupe cette courbe en deux points J, K, J catastrophe de "perception", K catastrophe de "capture". Le disque unité est partagé par l'axe Ov selon un diamètre es. Le demi-cercle supérieur sae représente la fusion du Sujet et de l'Objet, le sommeil.

Au dessus de l'arc JK, le potentiel V admet deux points minima. L'un représente la proie p, le second le prédateur (P) (Fig. 3)

En passant du point a au point b sur JK, les courbes correspondantes (Fig. 4) voient le minimum (P) se creuser, alors que celui de (p) s'aplatit. En K a lieu la capture de la proie (p) par le prédateur (P). Après avoir décrit le cercle unité (Γ) dans le sens direct, le minimum unique (P) réapparaît en (e) en position (p). Ceci s'interprète en disant que le prédateur éveillé, affamé, est imaginativement sa proie (p). Lorsque (P) aperçoit et reconnaît une proie extérieure (e_o), alors a lieu un échange : l'égo du Prédateur se localise au point (γ) où apparaît (p_o) alors que la proie extérieure (e_o) vient occuper la place (p) abandonnée par l'égo du prédateur. Toute cette séquence d'événements peut être ainsi verbalisée :

$e_o J$: le prédateur affamé est imaginativement sa proie, il la voit en projet (période de l'aliénation imaginaire).

J : Catastrophe de perception. Le prédateur aperçoit une proie externe. Ceci le libère de son aliénation imaginaire. Il redevient prédateur (en position métastable initialement).

ArcJK : Période de réalisation du projet : le prédateur poursuit la proie et s'en rapproche. Période de bimodalité : coexistence du Sujet et de l'Objet.

K : Capture de l'Objet par le Sujet. Ingestion spatiale de la proie par le prédateur.

Demi-cercle K_s : Période de "digestion", assimilation totale de la proie dans le prédateur. Régime du concret.

(se): Période de sommeil (et/ou de rêve). Le concret fait place à l'imaginaire qui triomphe au réveil...

On sait (selon [Thom 1972]) que ce schéma joue un rôle fondamental dans l'embryologie "triplôblastique" des vertébrés. La période eJ correspondant au système nerveux (ectoderme), l'arc JK au mésoderme (déplacements, poursuite de la proie et capture). K_s correspondant grosso modo à l'endoderme, muqueuse intestinale où se réalise la fusion du Sujet et de l'Objet. (En fait, Système nerveux central, et tube digestif sont des organes transitionnels réalisés par lissage des catastrophes J et K). Bien entendu, la configuration comporte

aussi un lacet d'émission (pour les cellules germinales et les déchets organiques) et que les aspects tri-dimensionnels de l'espace substrat apparaissent dans l'épigénèse de la structure. Je renvoie à mon article (A Dynamical Model for Vertebrate Embryology, Thom 1973, pour plus de détails). Par ailleurs, le lacet de prédation est décrit plus haut selon le point de vue du triomphateur, du prédateur (P). On peut aussi le considérer du point de vue de la proie (p). En ce cas, au segment (eJ) correspond une aliénation imaginaire de la proie par le prédateur, qui devient concrète lorsque se présente un prédateur (P) réel. Les stratégies d'évitement et de fuite de (p) sont alors des effets figuratifs de la prégnance (P) d'effroi qui investit (p) ((p) cherche à s'anéantir imaginairement). Si ces stratégies aboutissent, le prédateur (P) perd de vue la proie, et on revient sur l'arc (eJ) (échec de la prédation). Cette bi-directionnalité de l'imaginaire joue un rôle fondamental dans la classification générale du symbolisme présentée par Gilbert Durand [1963] dans "Les structures anthropologiques de l'imaginaire". Voir à ce sujet l'article [Thom 1978]. Une remarque accessoire à l'usage des lecteurs qui ont connu (et pratiqué) le lacanisme. Le Maître avait représenté le triage RSI (Réel, Symbolique, Imaginaire) par les trois cercles globalement enlacés, non-enlacés deux à deux du noeud borroméen. Le "lacet de prédation" conduit à une représentation plus dynamisée, en cercle qu'on pourrait ainsi schématiser (voir Fig. 5).

Le "symbolique" est en effet le domaine par excellence de la bimodalité où Signifié et Signifiant interagissent. Le Réel, le Concret, qui sort de cette interaction triomphant (succès de l'acte) redevient l'imaginaire après la faille nocturne du sommeil. Dès que l'imaginaire se verbalise en syntaxe, le signifié réapparaît, et avec lui l'objectif destiné à devenir concret. C'est cet outil de schématisation qui va nous servir essentiellement dans ce qui suit.

2. Techniques-Sciences-Technologies : Définitions

Avant d'aborder le domaine assez flou des techniques, et des technologies, (à l'opposé du monde relativement clair et bien structuré des sciences), il importe de procéder à une analyse

conceptuelle précise de ces concepts, d'autant plus que l'usage de ces vocables, en ce domaine, ne paraît pas encore fixé.

On peut dresser dès l'abord une première

dichotomie : $\left\{ \begin{array}{l} \text{Sciences} \\ \text{Techniques-Technologies} \end{array} \right.$ à l'aide d'un critère simple :

à savoir celui des finalités. La science a pour but la constitution d'un "savoir", c'est-à-dire, un ensemble de propositions vraies, et dont la véracité peut être en principe vérifiée par tout un chacun. La science est ainsi fondée sur le consensus. Consensus qui comprend non seulement l'ensemble des hommes actuellement vivants, mais aussi, tous ceux à venir. Bien entendu, ce consensus est théorique, en ce sens qu'aucun homme (fût-il un génie doué des plus prodigieuses capacités intellectuelles) n'a la possibilité de vérifier de son vivant la véracité des propositions que la tradition culturelle lui présente comme scientifiquement fondées. Néanmoins, cette possibilité existe virtuellement, et doit être considérée comme une composante essentielle de la scientificité.

Les techniques et technologies ont au contraire pour but la satisfaction d'un besoin humain, individuel ou collectif. Ainsi toute technique ou technologie débouche en principe sur une activité ou un produit visant à la satisfaction d'un tel besoin (à la différence de l'effort scientifique, qui, désintéressé, peut ne déboucher que sur lui-même). De ce fait, l'organisation de la recherche technique (technologique) présente sociologiquement des caractères qui la différencient assez nettement de la recherche scientifique. Citons : 1) le Secret. L'acquisition et la transmission des savoirs technique-technologique sont souvent soumis à de sévères restrictions. Il en a été ainsi des savoirs artisanaux pré-scientifiques du Moyen Age, dont la transmission était réservée à un groupe choisi après sélection et une longue période d'initiation. En technologie moderne, beaucoup de recherches visant à des résultats immédiatement productifs sont tenues secrètes (classifiées) par les institutions qui subventionnent ces recherches, ceci afin de s'en réserver le bénéfice éventuel. Les secrets commercial, industriel, militaire, rentrent évidemment dans ce cas.

2) Une autre distinction sociologique peut aussi entrer en jeu. Un technicien chargé de la conception, de l'entretien d'un appareil peut, lors de défaillances de son engin, se trouver généralement responsable des conséquences sociales - parfois dramatiques - des catastrophes qui s'ensuivent. Situation bien différente de celle de la recherche scientifique, où l'erreur d'un chercheur, qu'elle soit de nature théorique ou expérimentale, n'a que peu de conséquences sur la collectivité, et est tout au plus nuisible à sa réputation ou à sa carrière.

On pourrait s'étonner, devant des critères distinctifs aussi clairs - que la distinction entre Sciences, Techniques ou Technologies soit souvent difficile à détecter - et ceci dans la bouche même de ceux qui pratiquent ces activités. Il y a à cela des raisons simples. Une recherche technologique efficace repose nécessairement sur des faits vrais, et arbitrairement reproductibles, donc indiscutablement sur des faits qui pourraient être réputés scientifiques. Mais l'organisme qui dirige cette recherche pourra néanmoins le maintenir sous le sceau du secret - en contradiction flagrante avec l'exigence de consensus de la scientificité. En fait, dans ce genre de recherches, il n'est pas rare qu'un chercheur ait pu mettre en évidence des faits dont la véracité est scientifiquement établie, mais qui se révèlent pragmatiquement sans intérêt. Alors l'autorité dirigeante pourra "déclassifier" ces travaux et en autoriser la publication "scientifique". Le chercheur joue ainsi sur les deux tableaux : son échec technologique fait de lui un scientifique.

Nous abordons maintenant l'aspect assez méconnu de la distinction entre Techniques et Technologie. Il est de fait que l'homme - depuis qu'il est Homo Faber - s'est livré à diverses activités utilitaires souvent très efficaces. Il est difficile de tracer une démarcation nette entre ce qui est activité "instinctive" chez les animaux, et activité "technique" chez l'homme. Aussi, doit-on considérer que des activités dites "arts et techniques", qui se trouvent dans le prolongement immédiat d'activités biologiques, et se constituent ultérieurement comme autant d'acquis culturels locaux, se séparent nettement du fait de leur antériorité par rapport à la science, des technologies modernes. Je proposerai de réserver le terme technologie aux activités techniques postérieures à la science dite moderne, et s'appuyant explicitement sur celle-ci. Quand faut-il placer la naissance des technologies ? D'un point de vue idéal, on pourrait dire que la théorie du

levier d'Archimède marque le premier passage explicite d'un outil technique à un instrument technologique. Mais il est probablement plus exact de dire que les technologies sont nées avec l'essor des sciences expérimentales, à partir du XIXème siècle notamment. Mais la technologie n'a pas complètement éliminé la technique. Encore actuellement, il existe, à côté de la science répertoriée en tant que telle, tout un domaine flou qui est le territoire spécifique de l'"expert", et dont les avis, fruits de la longue expérience vécue d'un domaine empirique, sont souvent difficilement justifiables en termes strictement "scientifiques". Il est caractéristique que les Lumières aient trouvé avec l'Encyclopédie un moyen de transformer techniques ou technologies, simplement en répertoriant les procédés traditionnels des divers corps de métier. Le caractère spontané de diverses activités "techniques" est encore plus marqué dans certains acquis culturels de l'homme. Au premier rang, il faut citer le langage. Bien évidemment, le langage humain - nos langues - est issu des systèmes de communication en usage chez les primates préhominidés. S'il n'est pas impossible qu'il existe des caractères tranchés séparant le langage humain de ces systèmes de communication animaux, il n'en demeure pas moins que cette distinction n'a pu s'établir qu'assez progressivement. Et cette distinction, nous ne sommes pas encore en état de la définir actuellement et la linguistique sous sa forme présente est bien incapable d'en donner une description à la fois complète et précise. Ainsi, par un paradoxe qui n'est pas sans conséquences, la science, dont la définition même exige le consensus - obtenu essentiellement par le langage - repose sur une technique communicationnelle dont la nature profonde échappe actuellement à la scientificité : il suffit de se souvenir des discussions sur la grammaire universelle, sur la possibilité ou l'impossibilité de la traduction interlangues pour s'en convaincre. Ajoutons enfin, que la plupart des grands systèmes culturels, tels que religions, idéologies politiques ou sociales, peuvent également être considérés comme des "techniques", car elles sont souvent réservées à une minorité, et n'ont pas nécessairement prétention à l'universalité.

Par opposition, les technologies sont récentes, puisque postérieures à l'ère scientifique. Une technologie prétend s'appuyer sur des résultats scientifiquement établis. Mais la correspondance entre sciences et technologies n'est pas simple ; ce qui fait l'unité d'une technologie, c'est sa finalité générale, assortie éven-

tuellement de quelques spécifications des instruments employés. Certaines technologies sont essentiellement pluridisciplinaires. Par exemple, l'aéronautique dont le but est de permettre à l'homme de se déplacer en volant, a de nombreuses disciplines d'appui : mécanique des fluides (aérodynamique), science des matériaux, métallurgie, météorologie, thermodynamique, etc. Néanmoins, il est assez légitime d'associer à toute technologie une discipline principale d'appui. C'est ce que nous ferons dans notre classification des technologies.

3. Classification comparée des techniques, sciences et technologies

Puisque l'unité d'une technologie est à chercher dans la nature du besoin humain qu'elle satisfait, le problème de classifier les technologies (ainsi que les techniques) se ramène à celui de classifier les besoins de l'homme. Or il est naturel de penser que les besoins (individuels ou collectifs) de l'humanité se trouvent dans le prolongement naturel des besoins biologiques, physiologiques. On retrouve ainsi la vieille idée, chère à Bergson, de l'outil prolongement de l'organe (lequel, étymologiquement, était bien l'instrument). Or pour classifier les besoins de la physiologie, il est naturel de faire appel à l'épigénèse de l'embryologie, i.e. aux trois feuillets fondamentaux de l'embryon : ectoderme, mésoderme, endoderme. Ceci correspond grosso modo à la section de la fronce du lacet de prédation par le demi-cercle inférieur eJKs. L'arc eJ correspond à la formation ectodermique du système nerveux central, destiné à permettre l'aliénation du sujet par l'objet, du prédateur par la proie ; le segment de bimodalité JK correspond au mésoderme. Le mésoderme réalise en effet un cycle d'hystérésis entre les deux feuillets stables : en pompant l'énergie interne du feuillet inférieur (organes ventraux) pour l'injecter dans les organes de mouvement, le mésoderme permet de capturer spatialement la proie. (On sait que ce cycle d'hystérésis se réalise partiellement dans le cycle de la circulation sanguine) ; l'endoderme, qui crée essentiellement les muqueuses digestives (et pulmonaires) réalise l'animation finale de la proie (p) et du prédateur. Cela permet une première classification des techniques et des technologies :

- 1) Technologies du 1er groupe (ectoderme) : elles ont pour but la simulation du monde extérieur : essentiellement traitement de

l'information, par exemple informatique, électronique...

- 2) Technologies du 2ème groupe (mésoderme). Elles ont trait au déplacement (transport) de l'homme et de ses biens : essentiellement production et transformations de l'énergie.
- 3) Technologies du 3ème groupe (endoderme). Elles ont trait à l'alimentation et par extension des fonctions immunitaires du thymus à la santé et aux régulations contre les agressions extérieures de nature biologique.

Considérons alors la hiérarchie comtiste des sciences : elle nous fournit un axe naturel permettant d'ordonner les sciences :

Math Mécanique Physique Chimie Biologie Sociologie

Cet axe, grosso modo, ordonne les sciences selon leur force théorique, la générativité intrinsèque de leur théorisation. Très forte en mathématique, cette générativité encore considérable en mécanique et physique, s'effondre en chimie, pour atteindre son minimum en biologie. Si on considère la sociologie comme représentative des sciences humaines, alors on trouve dans ces sciences un certain regain de force théorique. Mais la générativité théorique y est de nature conceptuelle, langagière, et non de nature mathématique comme dans les premières sciences considérées sur l'axe. Bien entendu, à l'époque d'Auguste Comte, seule "existait" (dans le diagramme de son auteur) la sociologie. Depuis, les sciences humaines se sont multipliées. Je serai tenté de les ordonner comme suit :

Psychologie Anthropologie Histoire Sociologie Linguistique

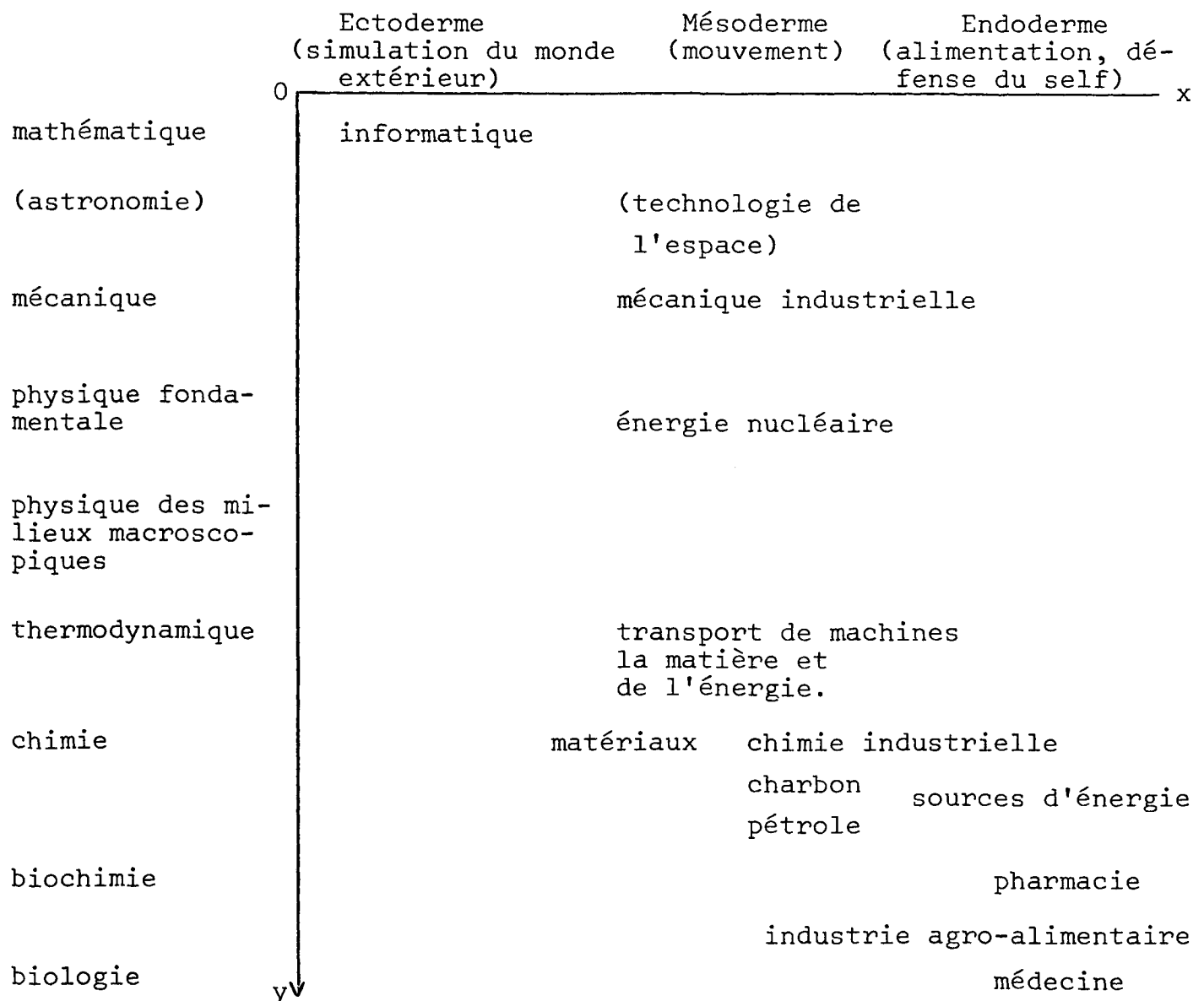
En sciences humaines, une difficulté essentielle est d'ordonner l'individu par rapport à la société. Dans une certaine mesure, le moi lui-même est une structure sociale, en sorte qu'il est difficile de séparer la science de l'individu des sciences sociales. Le problème, évidemment, ne se posait pas pour Comte, pour qui une psychologie n'était guère concevable. Nous reviendrons plus tard sur ce problème du statut des sciences humaines.

On a vu que, par définition, une technologie s'appuyait sur une ou plusieurs sciences d'ores et déjà constituées. En ce

qui concerne les sciences humaines, les choses vont souvent en sens inverse. Certaines de ces sciences ne sont en fait qu'une réflexion "a posteriori" sur une technique préexistante qui s'est constituée spontanément - préscientifiquement. Ainsi la linguistique est la science de cette technique communicatoire qu'est le langage. La sociologie est la science qui s'est constituée en vue de l'examen scientifique des collectivités sociales. Ici les sciences se constituent avec pour objet des techniques, dont certaines comme le langage sont indispensables à la constitution même de la scientificité. Inversement, la question de savoir si les sciences humaines peuvent donner naissance à des technologies doit à mon avis recevoir une réponse négative, en raison de facteurs éthiques sur lesquels nous aurons à revenir.

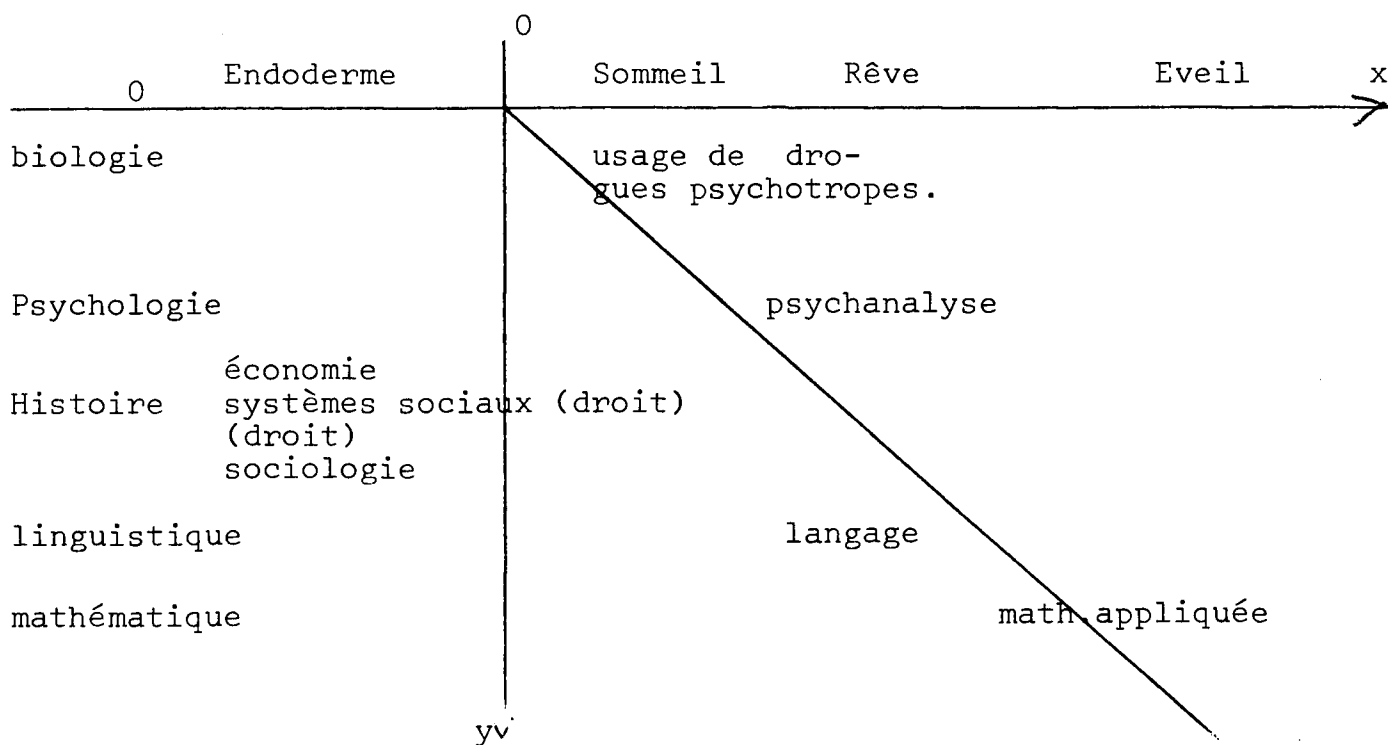
Le diagramme des technologies

Dans un plan Oxy , on mettra sur l'axe Oy descendant les sciences selon la hiérarchie comtiste, et suivant l'axe Ox croissant, les finalités biologiques associées aux feuillets fondamentaux de l'embryologie. On obtiendra ainsi le diagramme suivant :

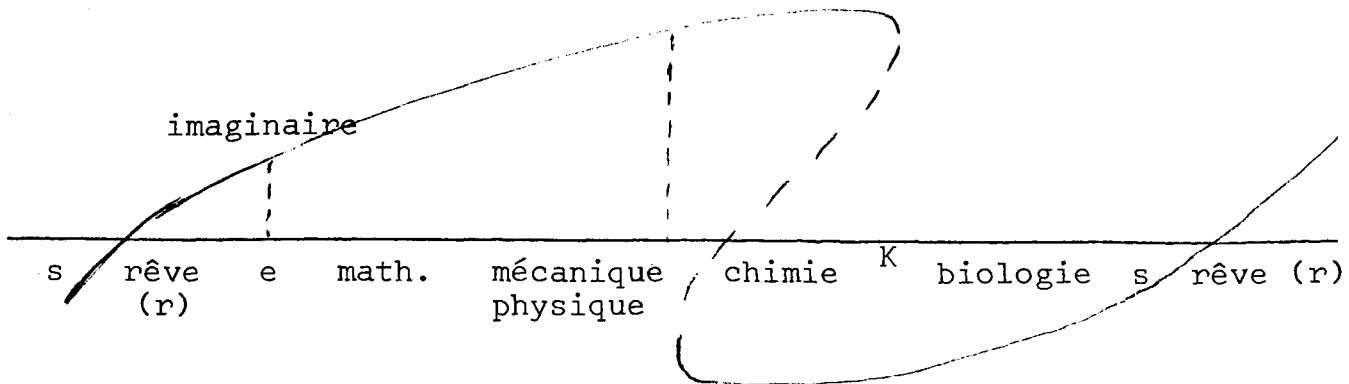


On place chaque technologie dans le plan Oxy en prenant pour son abscisse sa finalité, et pour ordonnée sa principale discipline scientifique d'appui. On constate qu'ainsi la quasi-totalité des technologies s'organisent selon la diagonale principale du tableau carré sous-tendu par les axes Oxy . Mais alors que deviennent les sciences humaines ? Pour les introduire, il semble nécessaire de refermer les deux axes Ox , Oy en cercles, en introduisant comme dans le lacet de prédation la phase nocturne (sommeil) sur Oy . Cette phase nocturne, au niveau des sciences correspondantes, va créer les techniques nées spontanément au cours du développement évolutif de l'humanité.

On est ainsi amené à compléter notre diagramme sur un tore. La partie manquante pourrait ainsi s'écrire

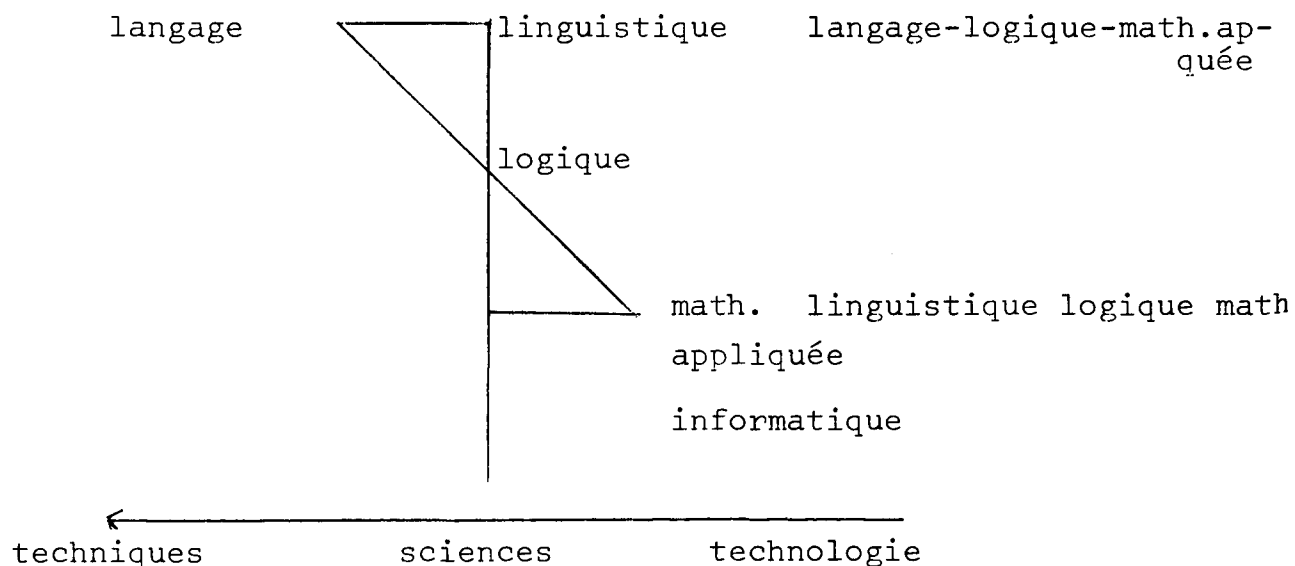


et nos deux axes pourraient ainsi se refermer, constituant un diagramme complet sur le tore T^2 produit des deux cercles. Il y aurait sur ce tore un méridien des sciences Ox , et une diagonale Δ portant essentiellement soit des techniques, soit des technologies. Ces deux droites se coupent en un point unique dont on va préciser la fonction. Il est légitime de considérer que l'axe des sciences correspond au point $\{x = e\}$ qui caractérise l'éveil à la sortie de la phase nocturne. Du fait que la diagonale Δ est somme des cycles fondamentaux du tore $(Ox \times 1) + (1 \times Oy)$, on peut projeter via Δ la partition (la stratification) canonique du lacet de prédation sur l'axe Ox des sciences. Du tableau général (D) mis en fin d'article, résulte que l'axe des sciences Oy est le quotient d'un graphe qu'on peut ainsi décrire :



La composante stable au-dessus du segment rJ désigne l'imaginaire (ce qui est en projet). Langage, mythologie, institutions sociales sont des techniques de l'imaginaire.

C'est seulement avec la mathématique qu'on voit apparaître la première technologie de l'imaginaire. Physique, chimie sont les sciences de l'intervalle JK de bimodalité. La catastrophe de perception (J) désigne en fait l'adéquation miraculeuse de la mathématique constituée avec une part de la réalité (mécanique et physique). Au-dessus du segment JK, réel et imaginaire s'affrontent. Ceci signifie le caractère hypothético-déductif de la physique et de la chimie (théorique !). Au point K de capture, on trouve la biochimie, où l'imaginaire s'effondre, capturé par le réel (c'est la "catastrophe" ADN !, l'information génétique stockée dans une molécule..) A travers la phase nocturne - à travers le rêve (r) - le réel redevient l'imaginaire. On voit que ce schéma donne raison aux biologistes qui affirment qu'une biologie théorique est impossible. On a soit le réel, soit l'imaginaire, mais pas les deux ensemble. Il est de fait que le peu de théorie accepté présentement en biologie (le Darwinisme) fait appel à un imaginaire relativement réduit : l'opposition vie-mort, puisque selon le néo-darwinisme, toute évolution est le fruit d'une sélection par la mort. Je suis ainsi conduit par ce modèle à une situation quasi Gödelienne, où ce modèle dû à la TC paraît interdire toute tentative de créer une biologie théorique ! Comment sortir de la contradiction ? Observons que le progrès scientifique (ultime forme du progrès évolutif) consiste à remplacer une technique par une science, puis une technologie. Dans le modèle local de l'intersection $\Delta \cap O_x$, on a la suite sur Δ



L'association langage $\rightarrow$ linguistique fait de la linguistique une discipline de description, mais proscrit l'imaginaire qui fonde l'hypothético-déductif. Au contraire, les math. appliquées sont une technologie de la mathématique.

Dans la mesure où le progrès remplace une technique par une technologie, ceci revient à pousser vers le haut l'intersection $Cx \cap \Delta$. Autrement dit, pour réellement théoriser la biologie, il faut faire du rêve une fonctions biologique, ce qui introduira l'imaginaire au coeur même de la dynamique biologique. Et cet imaginaire devra être consubstantiel au concret biologique, à la réalité biochimique. Nous verrons au § 4 que tel pourrait bien être le cas.

Une remarque pour terminer sur le statut des sciences humaines. On constate que pratiquement toutes les sciences humaines sont issues d'efforts de décrire, puis de théoriser des techniques. Mais en fait, elles n'ont pu donner naissance à des technologies. Sans doute va-t-on incriminer le caractère récent de ces sciences. Mais, plus profondément, il faut observer que les seules technologies efficaces apparaissent dans des situations de bimodalité. Il faut avoir un obstacle à vaincre, un ennemi à anéantir, un objet sur lequel agir, pour élaborer des stratégies efficaces. La médecine, en tant que technologie biologique, n'est réellement agissante que lorsqu'elle a isolé un agent agressif à neutraliser : d'où son triomphe sur les maladies infectieuses, et sa relative impuissance face aux maladies dégénératives. Une telle bimodalité est difficilement concevable dans le cas des sciences humaines,

comme la psychologie, la sociologie, car elle contrevient à l'exigence de consensus fondamentale à la scientificité**). Il n'existe guère qu'un seul exemple historique de technologie socio-politique, à savoir le marxisme. Mais là encore, le système n'a pu survivre qu'en perpétuant la fiction d'un ennemi - l'ennemi de classe - dont l'anéantissement continu et toujours inachevé permet la stabilité du régime. Une autre technologie "humaine" pose problème : il s'agit de l'économie. En tant que technologie, l'économie a deux sciences d'appui : la sociologie et la mathématique ; mais sa finalité la rapproche plutôt du groupe "endodermique", la capture et la production de l'énergie. D'où une situation assez aberrante sur le schéma, qui n'est sans doute pas sans rapport avec son inefficacité bien connue : il s'agit en fait d'une discipline "nocturne" car elle veut prévoir le comportement d'hommes, (agents économiques) à l'aide d'algorithmes empruntés aux disciplines d'éveil, comme la théorie mathématique des jeux. C'est ce paradoxe qui la condamne à l'impuissance.

4. La structure fine des technologies

Quand dans le diagramme D du § 3, nous avons associé à une technologie sa discipline d'appui principale, il est clair que nous avons commis une simplification excessive. Il est intéressant à cet égard d'observer qu'en fait à une technologie prise dans son intégralité, on peut associer quelque chose comme un lacet de prédation. Expliquons-nous : toute technologie - avons-nous dit - trouve son unité dans la satisfaction d'un besoin humain. Mais ce besoin, ce désir, peut outrepasser singulièrement les simples nécessités biologiques. "Le superflu, chose si nécessaire" disait Voltaire. Prenons un exemple, assez typique de technologie : l'aéronautique. La motivation initiale est le désir originel de l'homme de voler. Ce désir a une source onirique dont il y a de nombreuses réalisations mythiques (Dedale, Icare). Il n'est pas déraisonnable de penser que cette aspiration à la maîtrise de l'air fait partie du patrimoine commun à toutes les espèces animales. La Vie a pris sans doute naissance au point triple où se rencontrent trois éléments : la terre, l'eau, l'air (i.e. dans les eaux peu profondes du

** Ainsi les technologies (bimodales) propagande-publicité mentionnées au diagramme D sont d'un statut éthico-scientifique suspect.

littoral). Même si les espèces animales se sont spécialisées dans un de ces trois milieux, elles ont conservé de cette origine une sorte d'intuition vague des milieux qu'elles ont abandonnés, et dans les périodes de grande expansion phylogénétique, elles peuvent reconquérir des milieux abandonnés (ex : les mammifères volants, ou marins). On a donc au départ un espace de rêve, où se forgent les désirs, phase "nocturne", qui s'achève par un point d'éveil (e), où le désir prend corps, alors se forme le projet, réalisation purement imaginaire (segment eJ du lacet) ; en J, commence la réalisation ; le segment JK, est celui de la bimodalité de l'imaginaire et du concret. Les structures codées dans les bleus du dessinateur se transforment en objets spatiaux bien réels, et à la fin de l'exécution, (point K de capture), l'imaginaire a cessé d'être, faisant place au réel qu'il a informé. Mais ce n'est pas fini, il faut encore évaluer la satisfaction qu'éprouvent les usagers du projet, il y a donc une phase (KS), où se pose un problème d'"esthétique de la réception", selon la terminologie chère à l'école littéraire allemande de Constance. C'est la phase endodermique, phase finalement très importante, car elle conditionne le succès sociologique du projet. Mais même si le projet a été bien reçu par les usagers et s'est correctement développé, il peut s'ensuivre à la longue une certaine lassitude, entraînant l'indifférence : c'est la phase du sommeil (s) qui commence. Si même une certaine frustration se manifeste chez les usagers, on pourra voir réapparaître une phase onirique, où on rêvera à de meilleures réalisations. Et le cycle pourra recommencer sur un autre projet, meilleur. Dans cet esprit, on peut penser que la vogue actuelle des ULM (avions ultra légers motorisés) a sa source dans la frustration du passager du Boeing 747, qui sait qu'il a volé, mais n'en a jamais pris réellement conscience.

La phase de projet mériterait d'être étudiée en détail. Une analogie s'impose avec l'embryologie. On sait que dans le développement de l'embryon (comme l'avait déjà remarqué Aristote), les structures se forment de l'abstrait vers le concret. Il en va de même dans le projet aéronautique. On se posera d'abord les grandes options : Plus léger que l'air, Plus lourd que l'air. Puis une fois le choix fait, on décidera de la taille, de la puissance de l'engin, de sa charge utile, de son moteur(s), puis de sa géométrie, des matériaux nécessaires à la construction. Enfin on fera choix des constructeurs.. Cette analogie suggère très fortement qu'à l'origine des grands organogénèses de l'embryologie, il y a des entités "platoniciennes" qui fonctionnent comme

nos technologies, et dont la dynamique est régie par un cycle type lacet de prédation. C'est évidemment dans la phase nocturne, sous l'effet inventif du rêve, que pourra naître l'innovation évolutive.. Peut être la structure globale de l'être vivant est-elle ainsi régie par un "logos" abstrait, qui tolère une certaine forme d' "autogestion" chez les sous-logos fonctionnels qui lui sont subordonnés (et le constituent). On aurait ainsi une vision plus cohérente et plus satisfaisante que l'explication (néo)-darwinienne de l' "orthogénèse" en évolution comme fruit du hasard.

5. Une remarque historique sur les technologies.

On se demandera, pour terminer, si la distinction technique-technologie nécessite vraiment la formation d'une science au sens moderne du terme. Très probablement, il n'en est rien : il suffit que se constitue un savoir (même local) à forte composante théorique, donc puissamment ancré dans l'imaginaire. Qu'on prête alors à cet imaginaire les capacités de propagation d'une (ou plusieurs) prégnances affectant les choses ou les hommes, et on pourra en déduire une technologie. On trouve là l'origine de la pensée magique, et l'ubiquité de son efficace dans les sociétés dites primitives. La satisfaction intrinsèque de l'esprit à maîtriser un certain domaine expérimental l'incite à étendre par extrapolation l'efficacité des prégnances ainsi révélées à des domaines beaucoup plus vastes que le domaine primitif. C'est ainsi qu'on peut croire que la joie qu'ont pu avoir les premiers observateurs du ciel à entrevoir la régularité intrinsèque du cours des astres, en dépit de la variabilité des apparences de la voûte céleste, les a poussés à projeter dans ce modèle les destinées humaines : l'astrologie serait ainsi postérieure à une certaine "astronomie" primitive, qui se serait ainsi forgé une justification.

CONCLUSION : Autour de Prométhée...

Techniques, sciences, technologies, on peut voir dans cette progression la marche d'une certaine dialectique : besoin naïf et spontané de l'action efficace, d'abord, qui crée la technique. Puis, une fois cette efficacité établie, mise à profit du loisir ainsi

engendré pour une connaissance plus désintéressée. On complète les gestes efficaces par des gestes gratuits dont on étudie les effets, on "bricole", ainsi se constitue un savoir plus complexe et plus vaste, sous-tendu ensuite par un imaginaire qui le théorise et le simplifie ; sinon la science, du moins une proto-science naît ainsi. Une fois ce savoir bien constitué, on l'appliquera - souvent au-delà de ses limites naturelles - en vue de réaliser des projets plus ambitieux et humainement plus attractifs. L'ère du technologue (sinon des technocrates) apparaît. Les catastrophes qui parfois ponctuèrent ces extensions indues incitent à la prudence ; dans nos mythes, on a interdit à Adam l'accès à l'arbre de la connaissance, comme fut cloué sur son rocher Prométhée le Titan dispensateur du feu. Aujourd'hui, nous savons qu'il n'y a pas de connaissance interdite, mais il peut y avoir, il y a toujours des actions interdites. Et si l'acquisition de certaines connaissances exige d'outrepasser ces tabous, peut être vaut-il mieux s'abstenir. Je suis, quant à moi, profondément convaincu que le progrès futur de la science passe par l'extension de l'imaginaire, du théorique. Si, dans le domaine de la biologie, la science s'est cantonnée dans l'expérimental au détriment de toute construction théorique*, c'est parce que, dans l'explication de la finalité biologique, l'approche conceptuelle marchait trop bien. Il faut simultanément apprendre à promouvoir et à discipliner l'imaginaire et non pratiquer indéfiniment l'exploration expérimentale effrénée qui caractérise notre époque. L'action ne se justifie guère que par l'urgence du danger : là où, comme on dit familièrement "il n'y a pas le feu", il faut remercier Prométhée.

* Si elle a évacué l'imaginaire.

B I B L I O G R A P H I E

- Gilbert Durand 1963, Les structures anthropologiques de l'imaginaire.
PUF réédition 1963.
- René Thom 1972, Stabilité structurelle et morphogénèse. Interédi-
tions, Paris.
- R. Thom 1973, A dynamical model for vertebrate embryology.
AAAS, 1971, Some mathematical questions in Biology
4, Lectures on Mathematics in Life Science.
American Math. Soc. Providence, 1973.
- René Thom 1977, Structural stability, catastrophe theory and ap-
plied mathematics. The John von Neumann lecture
SIAM Review, vol. 19, n°2, April 1977.
- René Thom 1978, Morphogénèse et Imaginaire. Circé 8-9 pp 79-90,
Editions Lettres Modernes, Paris.
- René Thom 1980, L'espace et les signes. Séminaire Fica 29, 3, 14-19
pp. 193-208. Mouton the Hague, Pays-Bas.
- René Thom 1981, Morphologie du Sémiotique. Recherches Sémiotiques.
Semiotic Inquiry, Vol. 1, n°4, pp. 301-309. Uni-
versity of Toronto Press.
- B. Mandelbrot 1975, Les objets fractals. Flammarion, 1977.
- H. Haken 1977, Synergetics. Springer Verlag, Heiderlberg, New-York.
- J. Petitot 1982, Pour un schématisme de la structure. Thèse d'Etat
EP.HE, Paris 1982.
- I. Prigogine 1982, La nouvelle alliance. Gallimard, Paris, 1982.
- I. Stengers

K	Endoderme	s	(rêve)	e	J	mésoderme (bimodalité)	K
chasse élevage agriculture	pharmacie			biochimie			
industrie agro-alimentaire	drogues psychotropes			biologie			
	médecine						
	psychiatrie						
		psychanalyse		psychologie			
		mythologies		anthropologie			
		institutions sociales		droit- sociologie		propagandes publicité	
économie				histoire			
		langage		linguistique			
				logique			
				mathématiques-informatique			
				mécanique	mécanique industrielle	transport de la matière et de l'énergie	
				physique	énergie nucléaire		
				thermodynamique		machines	art du Feu
				chimie		chimie industrielle	
	techniques				matériaux	mines	pétrole charbon

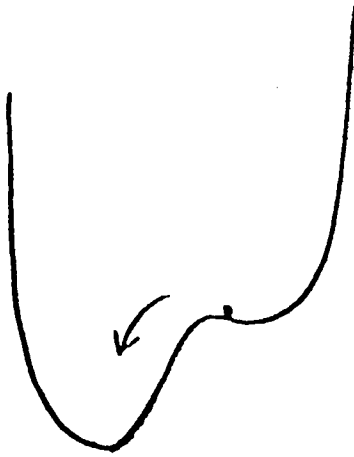


Fig. 1

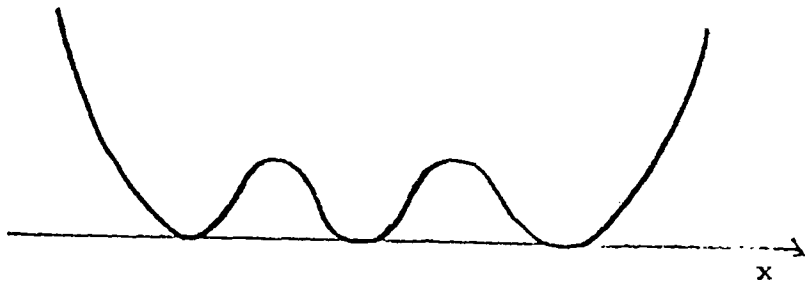


Fig. 2a

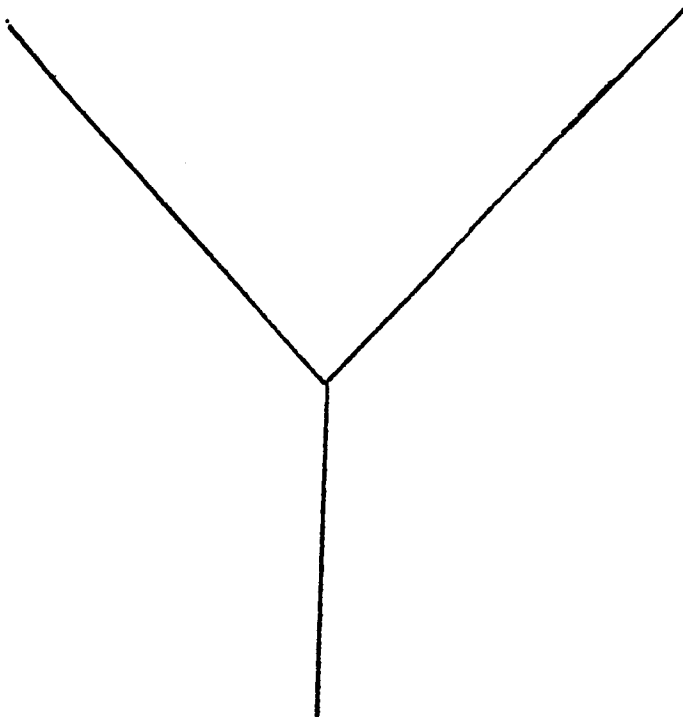
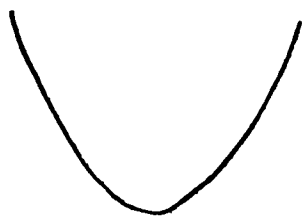
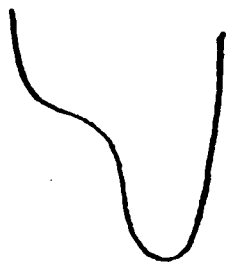


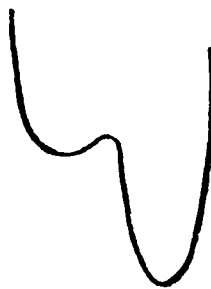
Fig. 2b



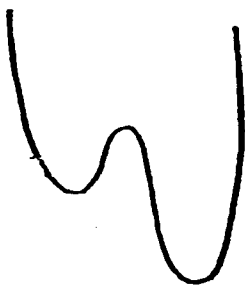
1



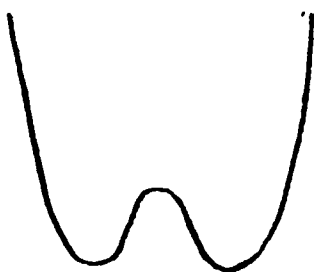
2



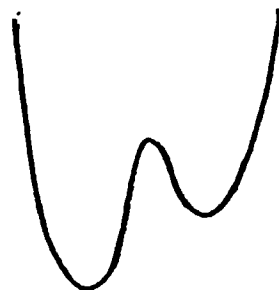
3



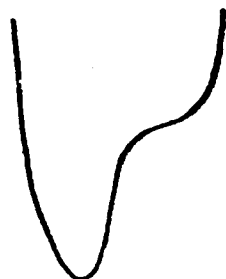
4



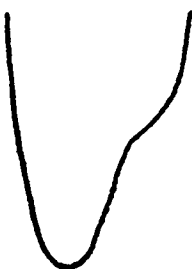
5



6



7



8

Fig. 2

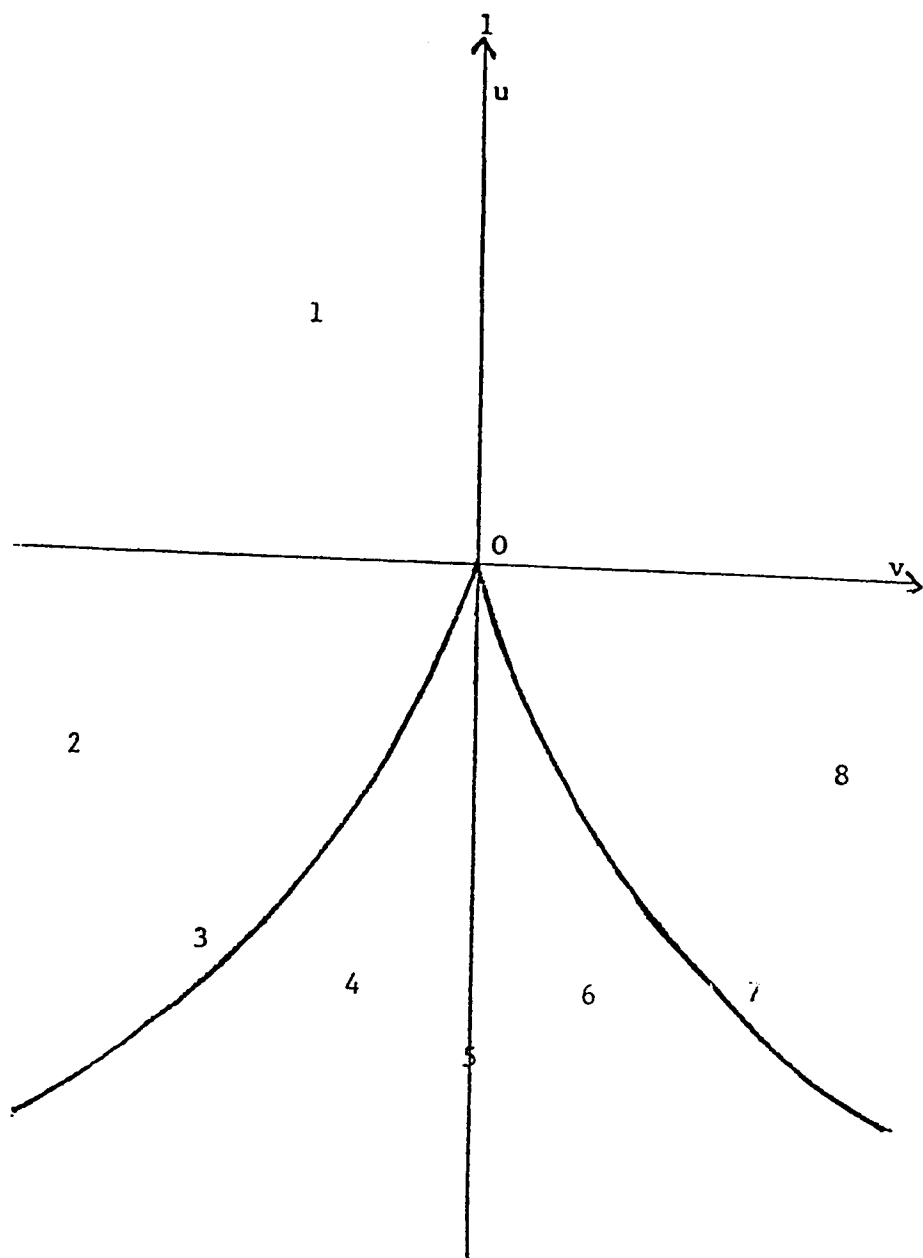


Fig. 3

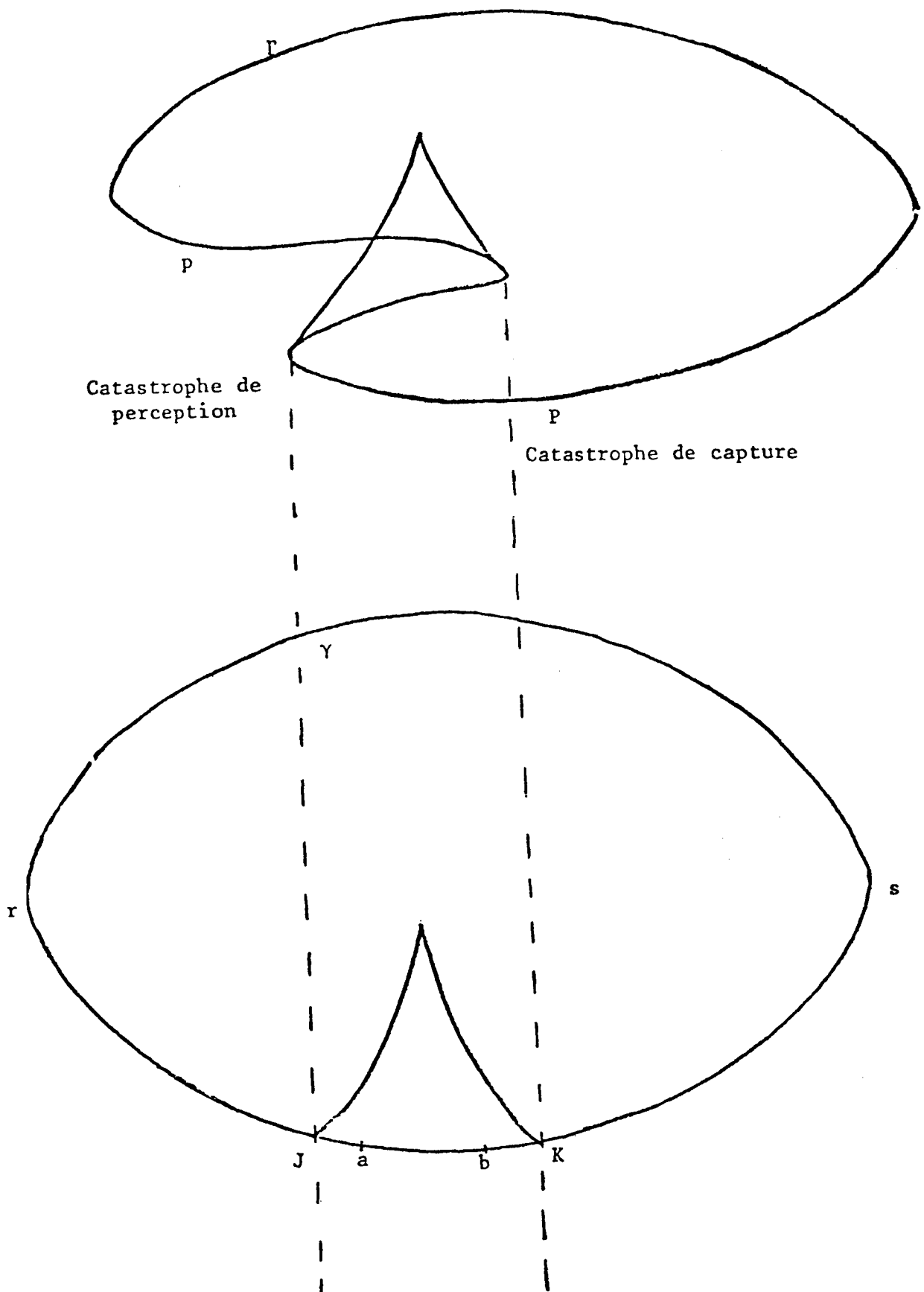
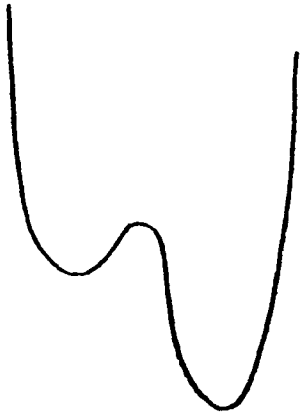
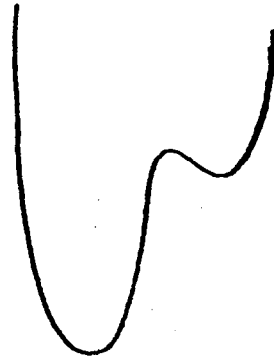


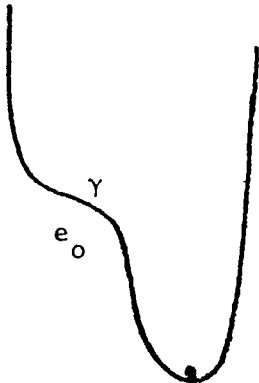
Fig. 4



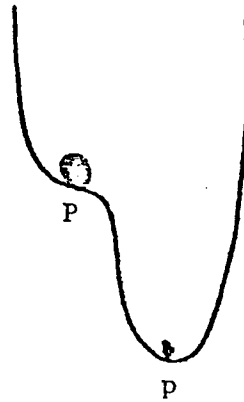
v_a



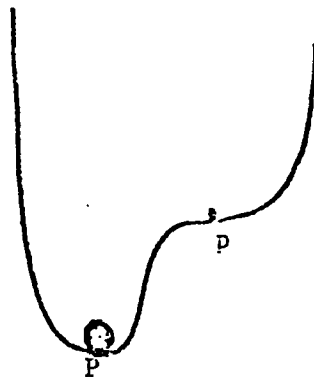
v_b



P



Catastrophe au point (J)



Catastrophe de capture au point K

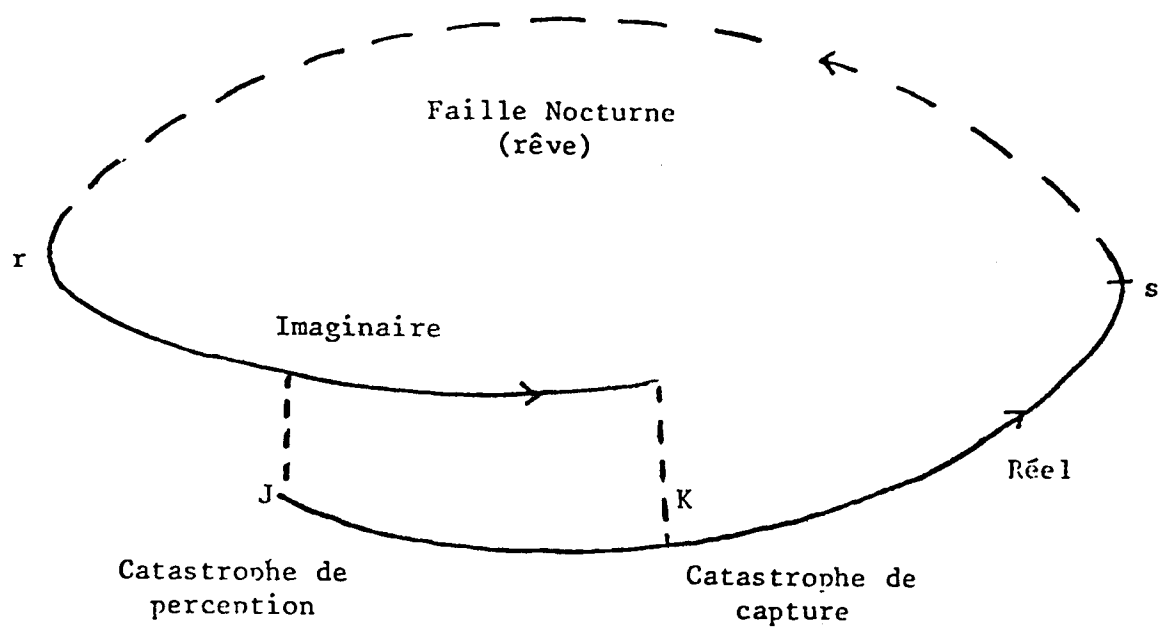


Fig. 5