

Philippe LACORRE*

Sur un nouveau type de représentation catastrophiste pour les modélisations en biologie et sciences cognitives¹

Une nouvelle formulation de la catastrophe fonce est utilisée pour modéliser les fonctions biologiques fondamentales de la prédation et de la reproduction. Cette nouvelle représentation repose sur la décomposition du potentiel global de la fonce en deux composantes, individualisant les prégnances conflictuelles. Elle conduit à une description plus précise et moins problématique que la proposition originale de R. Thom, grâce surtout à l'utilisation de paramètres à forts pouvoir évocateur et signification physique. Par exemple, cette nouvelle représentation rend compte de manière très suggestive des importants processus biologiques de la digestion et de l'assimilation, ou de la grossesse et de l'accouchement. Deux couples de paramètres sont utilisés dans la nouvelle représentation de la fonce : l'un définit la forme exacte des attracteurs en conflit, qui symbolise le codage génétique, l'autre contrôle la déformation et l'interaction entre les deux attracteurs et représente les effets hormonaux. Cette nouvelle description fait écho de manière frappante à la pensée philosophique de Heidegger concernant la différence ontologique, en donnant une représentation des concepts distincts de l'*étant* et de l'*Être*. Elle invalide une précédente critique concernant l'impossibilité pour les modèles catastrophistes de décrire le niveau de l'*étant*. Ce type de représentation pourrait s'avérer utile pour la traduction des modèles syntaxico-sémantiques de la théorie des catastrophes en langage informatique.

* *Laboratoire des Fluorures, Faculté des Sciences, Université du Maine, Avenue Olivier-Messiaen, 72017 Le Mans Cedex, FRANCE*

¹ *Cet article est une version française amendée d'un article paru en anglais dans Acta Biotheoretica, 45(2), 93 (1997) sous le titre "Predation and generation processes through a new representation of the cusp catastrophe"; avec l'aimable permission de Kluwer Academic Publishers.*

Mots-clés : théorie des catastrophes, modèles biologiques et syntaxico-sémantiques de France, interaction prédateur-proie, génération, reproduction, linguistique, différence ontologique.

On a new type of catastrophist representation for modelisation in biology and cognitive sciences. A new formulation of the cusp catastrophe is used to model the fundamental biological functions of predation and reproduction. This new representation lies on the decomposition of the overall cusp potential in two component potentials individualising the conflicting pregnancies. It results in a more accurate and less problematic description than the original proposition by R. Thom, mostly due to the use of parameters with strong physical and evocative power. For instance, it gives a very suggestive account for such biologically significant processes as digestion and assimilation, or pregnancy and delivery. Two couples of parameters are used in the new representation of the cusp: one defines the exact shape of the conflicting attractors which symbolises genetic coding, the other controls the deformation of -and interaction between- the two attractors and represent hormonal effects. This new description strikingly echoes Heidegger's philosophical thought on ontological difference, by giving a representation of the distinct concepts of entity and Being. It thus precludes a previous criticism concerning the impossibility for catastrophic models to depict the entity level. Such a type of representation might be useful in translating syntactical-semantic models of catastrophe theory into computer language.

Key words : catastrophe theory, biological and syntactical semantic models of Cusp, predator-prey interaction, generation, reproduction, linguistics, ontological difference.

1. INTRODUCTION

A l'origine, René Thom a créé la théorie des catastrophes afin de fournir à la biologie un outil mathématique puissant pour sa théorisation. En particulier, il a montré la similitude géométrique entre plusieurs morphologies observées au cours du développement embryologique et certaines catastrophes élémentaires (voir Thom, 1972). Parallèlement, E.C. Zeeman en a donné une illustration dans le cas du développement embryologique d'un amphibien, et a proposé plusieurs applications biologiques de la théorie des catastrophes, comme par exemple une théorie sur l'activité cardiaque (voir Zeeman, 1977). Cependant, les biologistes n'ont jamais vraiment adopté la méthodologie de la théorie des catastrophes, trop étrangère à leurs

préoccupations, et les rapports entre eux et René Thom sont la plupart du temps très conflictuels. Ce dernier critique d'ailleurs ouvertement l'orientation réductionniste biochimique de la biologie moderne. Par exemple, il termine un article récent sur une théorie de la morphogenèse par les mots suivants :

“Evidemment, pour apprécier cette technique [*celle de la théorie des catastrophes*], il ne faut pas avoir la réaction ubiquiste du biologiste moderne: “Tout est dans les gènes”, car dans mes schémas les gènes n'existent pas. Il y a beaucoup d'aveuglement dans la biologie moderne.” (Thom, 1994a).

Le présent article tente de montrer que la fracture entre les deux points de vue n'est peut-être pas aussi irréductible qu'il y paraît au premier abord.

Dans un article précédent (Lacorre, 1997), le conflit entre deux potentiels convexes à variable unique et puits simple a été étudié à travers son effet sur la stabilité d'un système soumis à ces potentiels. Suivant le signe de la dérivée troisième du potentiel, le conflit augmente ou abaisse la stabilité du système, mais est toujours résolu de manière douce. L'introduction d'un segment concave dans les potentiels convexes modifie qualitativement le comportement du système en générant discontinuités et bifurcations.

Un tel comportement est réminiscent de ce qui se produit dans la théorie des catastrophes. De fait, (Lacorre, 1997) montre qu'il est possible de définir une nouvelle représentation de la catastrophe fonce en utilisant un nouveau jeu de paramètres décrivant le conflit entre deux potentiels à puits simple. Ce nouveau jeu de paramètres, correspondant à la force et la distance relatives entre les attracteurs individualisés, a une plus grande signification physique que le jeu original et purement mathématique des paramètres de contrôle de la théorie des catastrophes. Pour cette raison, il était anticipé que la nouvelle représentation de la fonce a plus de pouvoir évocateur, ce qui pourrait être intéressant pour certaines applications de cette catastrophe. Cet article donne une illustration de l'utilité d'une telle représentation en considérant principalement des applications empruntées aux sciences biologiques (concernant les fonctions vitales de la prédation et de la reproduction). Il est divisé en cinq sections. Dans le chapitre 2, l'interprétation thomienne du psychisme animal et sa description du lacet de prédation par le modèle catastrophiste de la fonce sont rappelées. Le chapitre 3 présente un nouveau modèle pour le lacet de prédation, qui tire avantage de la nouvelle représentation de la fonce. La quatrième partie est consacrée à une autre illustration du même

modèle, appliqué au lacet de reproduction. Une application du modèle à la linguistique est présentée dans le chapitre 5. Enfin dans la dernière partie, des considérations d'ordre philosophique sont abordées, et nous montrons comment la nouvelle représentation de la fonce peut être utilisée pour rendre compte du concept heideggerien de différence ontologique dans le cadre de la théorie des catastrophes.

2. LE LACET DE PREDATION DE RENE THOM

La prédation est une fonction biologique importante puisqu'elle permet la survie du prédateur en restaurant son énergie. Elle est gouvernée par le conflit entre deux animaux, le prédateur et la proie, dont l'interaction se termine par une singularité fondamentale, la capture et l'ingestion de la proie par le prédateur. Pour cette raison, R. Thom a tenté de décrire la prédation en utilisant la théorie des catastrophes, plus spécifiquement la catastrophe fonce qui semble la plus appropriée.

Bien que toute description du psychisme animal soit conjecturale, Thom avance que la conscience animale peut être décrite comme "une carte locale de l'environnement, contenant l'image de l'organisme comme domaine privilégié, et dans laquelle l'appareil sensoriel fournit les formes des êtres biologiquement significatifs, tels que proies, prédateurs, partenaires sexuels, etc." (Thom, 1983). De telles formes, qui déclenchent des changements hormonaux et comportementaux importants, sont appelés "prégnances" par Thom, et la qualité associée est la "prégnance". Thom se demande (Thom, 1981) si la forme source des prégnances pourrait être codée génétiquement. Il avance qu'il semble difficile de comprendre comment une forme géométrique, visuelle, pourrait être codée biochimiquement, mais qu'un codage biochimique de gradients de prégnance est plus facilement concevable, conduisant à une distorsion de la carte de l'environnement. Thom considère les prégnances comme des "trous noirs" dans les cartes locales des individus, représentant le sujet lui-même et les autres organismes biologiquement significatifs. De telles cartes peuvent commodément être modélisées en utilisant des fonctions potentielles, l'interaction des prégnances étant décrite par la théorie des catastrophes. Par exemple, le potentiel à puits double de la figure 1 représente l'interaction entre le prédateur et sa proie dans la carte locale de prédation du prédateur. Le processus bimodal de la prédation est bien décrit par la catastrophe fonce. Le caractère cyclique de cette fonction biologique fondamentale est représenté par une boucle fermée dans le plan de contrôle (\mathbf{u}, \mathbf{v}) , centrée sur l'origine \mathbf{O} et appelée par Thom "lacet de prédation" (Thom, 1972 : 294). La distorsion du

potentiel le long de la boucle représente l'interaction entre le prédateur et la proie durant la prédation. Des changements abrupts, catastrophiques, se produisent lorsque la trajectoire croise l'ensemble de bifurcation de la fronce et lorsqu'un minimum disparaît. L'ensemble du processus (Thom, 1986) est décrit comme suit (voir figure 1) :



Fig. 1 : Modèle théorique catastrophiste du lacet de prédation d'après Thom (adapté de (Thom, 1990 : 223-224)). Le franchissement de l'ensemble de bifurcation de la fonction par la trajectoire circulaire correspond aux catastrophes de perception (\mathbf{J}_1) et de capture (\mathbf{K}_1). Voir texte pour les détails.

Au point **1**, le minimum simple représente le prédateur affamé (\mathbf{P}), aliéné par l'image de la proie. En \mathbf{J}_1 (catastrophe de perception) le prédateur (\mathbf{P}) rencontre sa proie (\mathbf{p}), associée à l'émergence d'un

nouveau minimum. Alors la proie (**p**) déloge le prédateur du minimum global qu'il occupait vers le nouveau minimum métastable. La suite de la séquence à deux minima (**2-3-4**) représente la chasse de la proie, qui se termine par la capture de la proie par le prédateur (**K₁**, catastrophe de capture) où le minimum de la proie disparaît. En **5** le prédateur, ayant avalé la proie, est en phase de digestion. Le demi-cercle **u>0** correspond à la période de sommeil, durant laquelle le prédateur (**6**, minimum simple) passe de la satiété à la faim.

La description précédente pose deux problèmes :

1) on se demande pourquoi le prédateur, aliéné par l'image de la proie, occupe le minimum de la proie, avant d'être délogé de celui-ci par la proie à la catastrophe de perception (**J₁**). Thom lui-même considère une telle situation comme paradoxale, et a fait plusieurs tentatives pour résoudre le problème de diverses manières. Par exemple, il prétend que le prédateur aliéné se considère lui-même comme une proie (Thom, 1972 : 299). Il a également proposé d'autres explications (par exemple, voir Thom, 1988: 72-73, 81-86) mais aucune d'entre elles ne semble vraiment convaincante, même aux yeux de leur auteur (Thom, 1994b).

2) le second problème est plus subtil, et significatif des ambiguïtés résultant d'une représentation purement mathématique de la théorie des catastrophes. Il concerne une difficulté dans l'interprétation du croisement de l'ensemble de bifurcation (voir figure 2). Dans un article remarquable sur la théorie des catastrophes appliquée à la linguistique (Thom, 1970), Thom décrit les verbes d'action comme des trajectoires dans le plan de contrôle des catastrophes, les sujet et objets de la phrase étant représentés par les minima, attracteurs du potentiel global. Par exemple, les deux sections principales de la catastrophe fronce à **u=cste** et **v=cste** correspondent aux morphologies archétypes des verbes [**DEVENIR**] et [**CAPTURER**], respectivement. Toutefois, dans les articles suivants, comme ceux mentionnant le lacet de prédation, seule la signification [**CAPTURER**] est conservée quelle que soit la section. La confusion vient probablement de la forte similitude d'aspect des potentiels le long des deux sections principales, comme on peut le voir sur la figure 2.

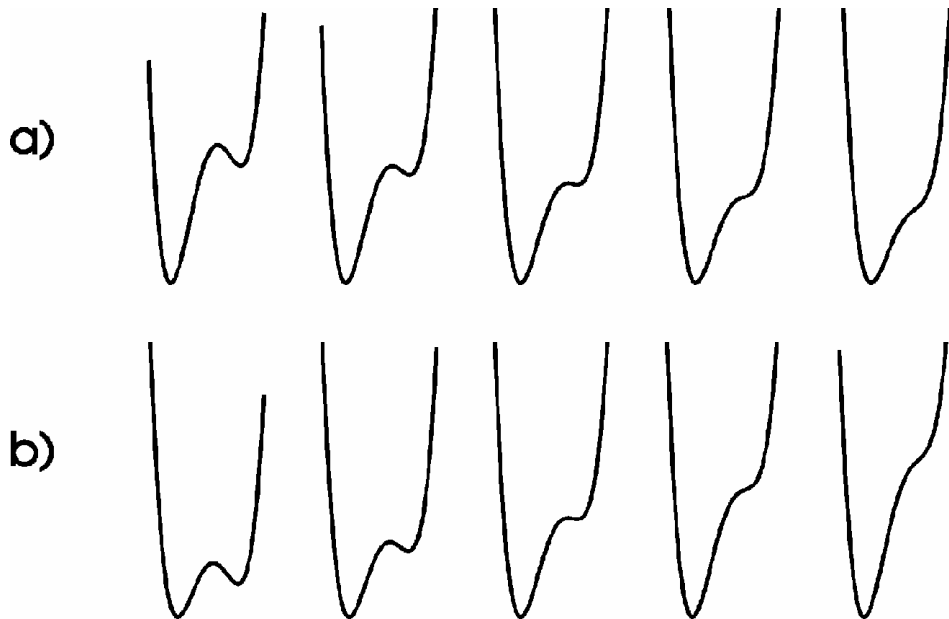


Fig. 2 : Déformation de potentiel au franchissement de l'ensemble de bifurcation de la fronce lorsque u augmente à v constant (a) et lorsque v augmente à u constant (b), c'est-à-dire le long de trajectoires du plan de contrôle (u,v) qui correspondent aux sections principales $v=cste$ et $u=cste$, respectivement.

Dans le chapitre suivant, nous allons voir comment la nouvelle représentation de la fronce introduite dans (Lacorre, 1997) permet une nouvelle description du lacet de prédation, qui résout les difficultés mentionnées ci-dessus.

3. PROPOSITION POUR UNE NOUVELLE REPRESENTATION DU CYCLE DE PREDATION

Dans cette section, après une brève présentation mathématique de la nouvelle formulation de la fronce, je décrirai en détail son application au cycle de prédation.

3.1 Nouvelle formulation de la fronce

Dans un premier temps, il est nécessaire de revenir sur la nouvelle formulation de la fronce proposée dans (Lacorre, 1997). Cet article montre qu'il est possible de décomposer le potentiel de la fronce $x^4 + ux^2 + vx$ en la somme de deux contributions, chacune d'elle formant un puits simple de potentiel. La caractéristique de ces potentiels réside dans la présence d'un segment concave dans un puits par ailleurs convexe. La forme exacte des deux potentiels en conflit est définie par les coordonnées (a,b) de leurs points représentatifs dans le plan de contrôle (u,v) . Les deux nouveaux paramètres de contrôle a et c sont définis comme représentant la force relative (a) des deux attracteurs individuels et la distance (c) entre ceux-ci. Ils sont reliés aux paramètres de contrôle traditionnels (u,v) par les relations suivantes :

$$u = 3(1-a^2)(2m(a,b)-c)^2/2+a$$

$$v = ((1-a^2)(2m(a,b)-c)^3 + b)a,$$

où $m(a,b)$ est un réel positif tel que $4m^3 + 2am - b = 0$.

Lorsque a et c varient, le point de contrôle dans le repère traditionnel (u,v) appartient au domaine représenté sur la figure 3a, qui inclut des portions des quatre quadrants originaux. Les points **A** et **B** représentent la forme archétype pure de chacun des potentiels en conflit (attracteurs de force maximale). Par commodité, leurs coordonnées (u,v) dans le repère de contrôle traditionnel sont choisies symétriquement par rapport à l'axe u ; elles déterminent la forme exacte du biais concave. Les points **A** et **B** pourraient être situés à n'importe quel endroit à l'intérieur de chacun des deux quadrants $u < 0$, en dehors de l'ensemble de bifurcation de la fronce, ceci afin d'assurer l'unicité de l'attracteur. Chaque point à l'intérieur du domaine de définition représente le conflit entre deux attracteurs du type de **A** et **B**, dont la force relative est déterminée par le paramètre a et l'écartement par le paramètre de conflit c , suivant la relation :

$$P(a,c,x) = [(1+a)p(x+c/2) + (1-a)p(-x+c/2)]/2,$$

où P représente le potentiel global et p le potentiel archétype individuel des points **A** et **B**.

A l'intérieur du domaine de définition (carte figure 3a), les lignes joignant les points **A** et **B** sont iso- c , avec c variant entre 0 et $2m$ (m étant racine réelle de l'équation $4m^3 + 2am - b = 0$), et les lignes qui ne passent pas par **A** et **B** sont iso- a , avec a variant entre -1 et $+1$. La figure 3b représente l'ensemble de bifurcation de la fronce dans le nouveau repère (a,c) .

Un des intérêts de cette nouvelle représentation réside dans le pouvoir évocateur de concepts tels que ceux de force (paramètre **a**) et de distance (paramètre **c**), par comparaison avec les paramètres mathématiques **u** et **v** beaucoup plus abstraits. Ceci autorise une description plus facile de la catastrophe fonce en utilisant la “langue naturelle” préconisée par Thom, permettant ainsi une représentation plus claire de certaines applications, comme dans le cas du cycle de prédation.

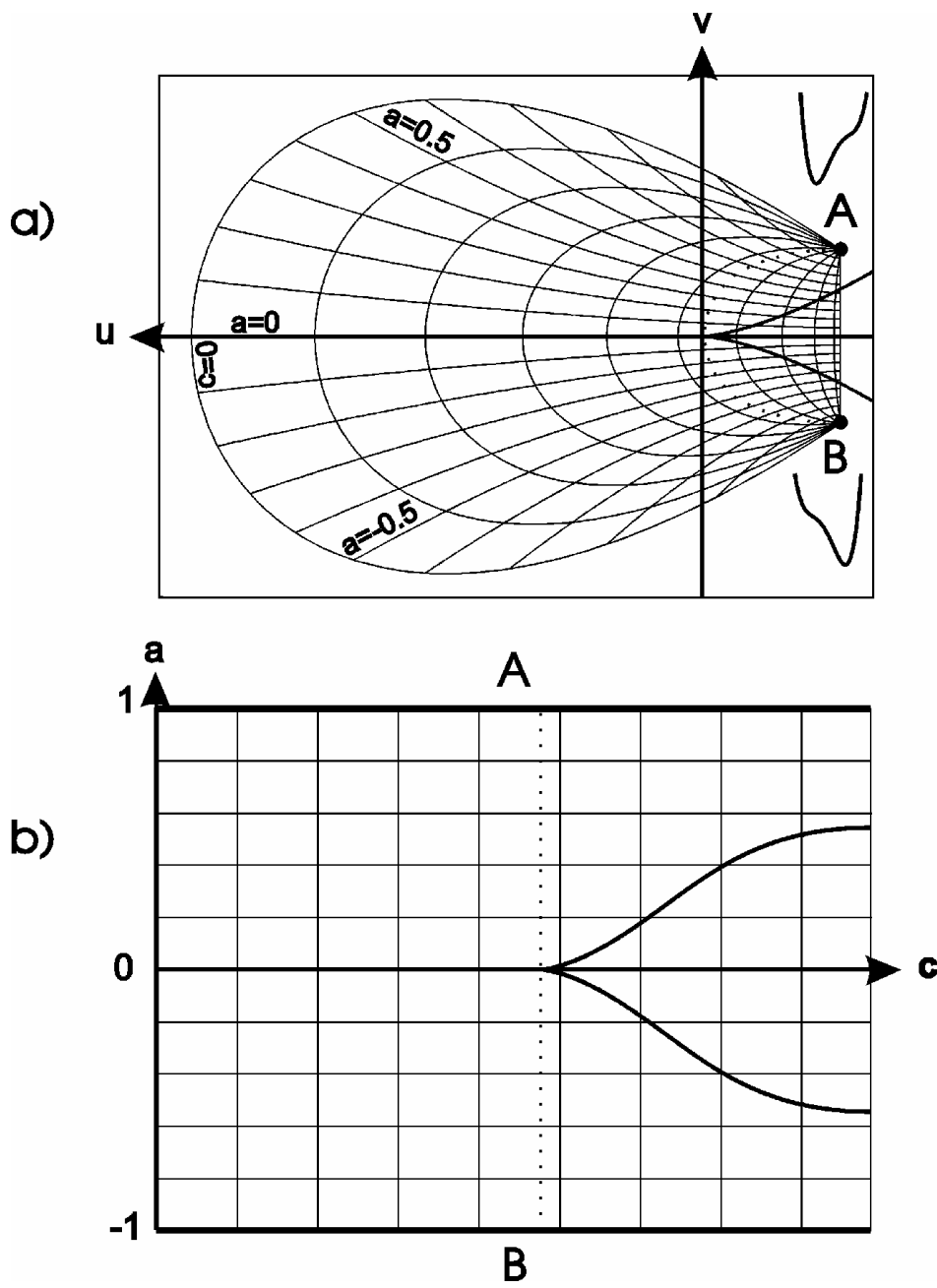


Fig. 3 : Carte de la nouvelle représentation de la fronce en fonction du conflit c entre deux potentiels individuels A et B de force relative a . Noter que les points A et B représentant les prégnances conflictuelles dans le repère traditionnel (u,v) (a) deviennent des segments opposés dans le nouveau repère (a,c) (b). Les lignes iso- c joignent les points A et B , tandis que les lignes iso- a ne passent pas par ces points.

3.2 Une nouvelle représentation de la prédation

La nouvelle représentation du cycle de prédation tire naturellement avantage des particularités de la nouvelle carte de la fronce montrées sur la figure 3. Par exemple, les deux points **A** et **B** caractérisent les deux prégnances en conflit, représentant le prédateur et la proie.

La grande puissance du formalisme catastrophiste réside dans son indépendance par rapport aux substrats, ce qui le rend utilisable, à travers l'analogie, dans un grand nombre de situations relevant de domaines différents. Même dans un domaine aussi restreint que celui de la prédation, l'interprétation peut être menée à quatre niveaux différents :

- **niveau biologique** : les prégnances en conflit sont les prégnances vitales du prédateur et de la proie. Comme nous adopterons le point de vue du prédateur, la prégnance vitale de la proie correspond à une prégnance alimentaire ;
- **niveau psychique** : les deux prégnances conflictuelles pourraient être appelées "self-prégnance" (conscience de soi) et "alter-ego-prégnance" (conscience de l'autre, de l'être désiré, ici la proie) ;
- **niveau physique** : les corps du prédateur et de la proie (saillances dans la terminologie thomienne) occupent et matérialisent les attracteurs définis par les prégnances biologiques correspondantes. Ils se déplacent et interagissent dans l'espace tridimensionnel usuel ;
- **niveau sémantique** : les prégnances en conflit définissent les noms, et la trajectoire dans l'espace de contrôle définit les verbes caractérisant l'interaction entre noms.

Dans cette section, nous nous concentrerons sur les trois premiers niveaux ; le niveau sémantique sera examiné plus loin, car son domaine d'application est beaucoup plus large.

Le domaine de définition (la carte) de la nouvelle représentation pour le couple prédateur/proie est montré à la figure 4. Nous nous placerons du point de vue du prédateur, qui survit au processus de prédation. Le point **A** représente le pôle vital du prédateur, site de totale plénitude. Tout mouvement à partir de ce point, par exemple sous l'influence de la faim, correspond à un affaiblissement de sa prégnance vitale. Le prédateur essaiera alors de compenser cet affaiblissement et de restaurer son énergie vitale en chassant et en ingérant sa proie, ce qui aura tendance à ramener le point représentatif vers le point **A**. Sur la figure 4, les zones vitales du prédateur et de la proie sont mises en évidence, et hachurées de manières différentes. Au niveau biologique, la

"chute" d'un animal en dehors de sa zone vitale (la zone où sa prégnance définit un attracteur) correspond à la mort de l'animal. Notons que cela ne signifie pas que le corps de l'animal et son "énergie nutritive" ont disparu, mais seulement que l'animal est mort. Les frontières définies par la parabole semi-cubique (les bords de la fronce) déterminent l'extension des zones de viabilité du prédateur et de la proie. Une rencontre entre les deux animaux vivants ne peut avoir lieu qu'à l'intérieur de la zone commune délimitée par la parabole semi-cubique. La prédation consiste donc en une excursion du prédateur dans la partie commune aux deux zones de viabilité, de laquelle il pourra "extraire" la proie.

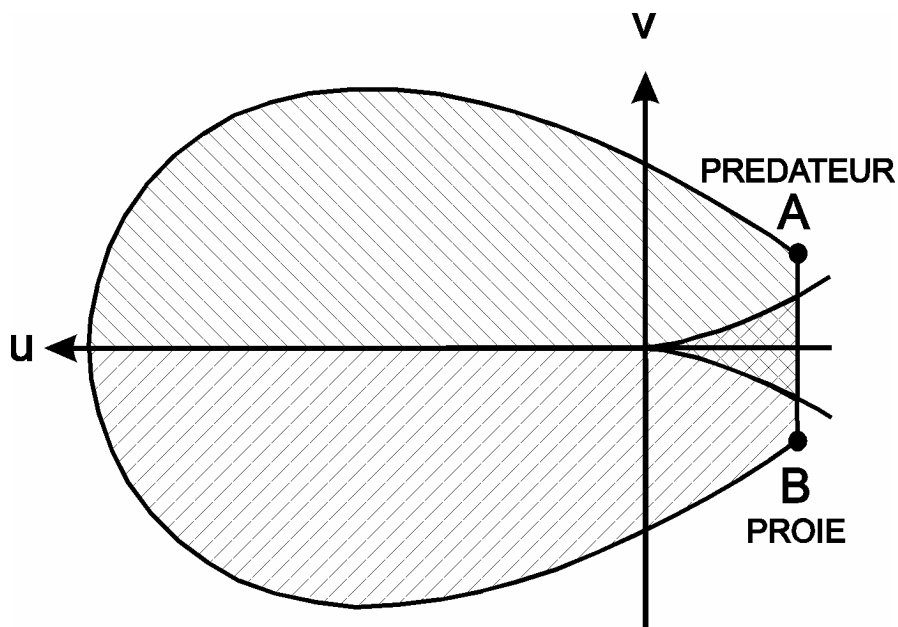


Fig. 4 : Le couple prédateur/proie aux deux pôles en conflit **A** et **B** de la nouvelle représentation de la fronce. Les zones vitales des deux animaux sont hachurées différemment. Une rencontre entre les deux animaux ne peut avoir lieu qu'à l'intérieur de l'ensemble de bifurcation.

Avant de détailler la nouvelle proposition pour le lacet de prédation, il est important de faire quelques remarques quant à la nature des différents paramètres utilisés dans la nouvelle représentation de la fronce. Puisque le point **A** détermine les caractéristiques intrinsèques du prédateur, indépendamment de son environnement, il semble naturel d'interpréter (de "voir") les coordonnées de ce point (les paramètres **a** et **b**, qui déterminent la forme exacte du potentiel archétype, gradient de

prégnance) comme résultant d'un codage génétique, biochimique. D'autre part, les paramètres fluctuants a et c , qui contrôlent la force relative et la distance entre prégnances, directement reliés à des variables telles que la faim ou le désir, sont plus vraisemblablement gouvernés par des facteurs hormonaux.

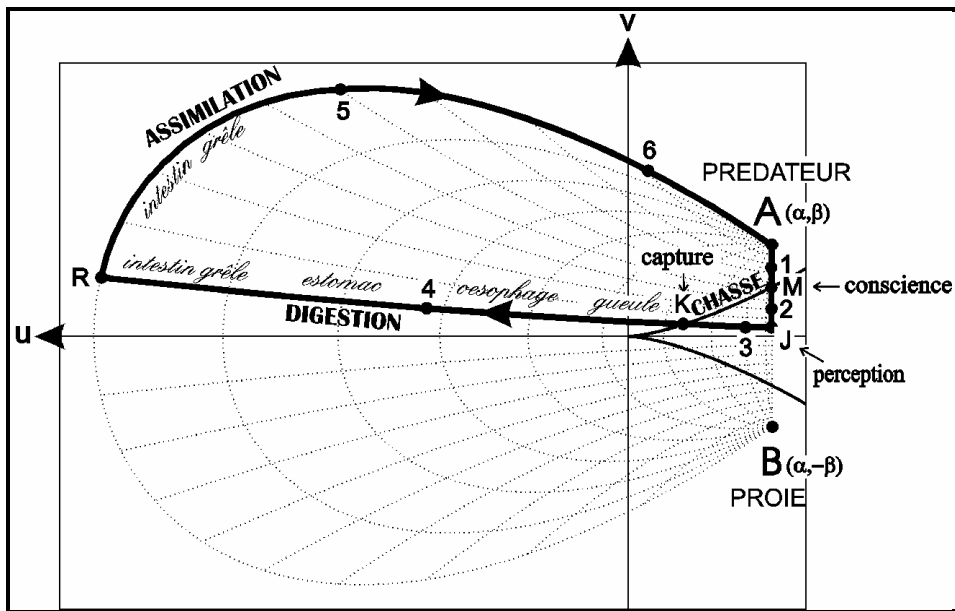


Fig. 5 : Proposition pour une nouvelle représentation du lacet de prédation, dans le repère traditionnel (u,v) . Les organes du tube digestif du prédateur sont ajoutés en italiques, comme indicateurs approximatifs de la progression de la proie dans l'organisme du prédateur. Les formes de potentiels pour les points de la trajectoire sont données à la figure 6.

Donnons à présent une description plus détaillée du nouveau cycle de prédation. Dans cette interprétation, la trajectoire dans le plan de contrôle (u,v) n'est plus un cercle autour du centre organisateur 0 , mais un circuit fermé à 3 segments le long de courbes iso- a et iso- c de la carte. Comme mentionné plus haut, le point de départ est le point **A**, représentant le prédateur rassasié dans toute sa plénitude. La trajectoire du cycle dans le plan de contrôle (u,v) est tracée sur la figure 5, et le même cycle dans le nouveau plan de contrôle (a,c) sur la figure 6. Dans ce dernier type de représentation, les segments de la trajectoire sont droits (on peut noter également que les points **A** et **B** deviennent des segments se faisant face). Les formes des potentiels pour une sélection

de points le long de la trajectoire sont présentées autour du cycle sur la figure 6.

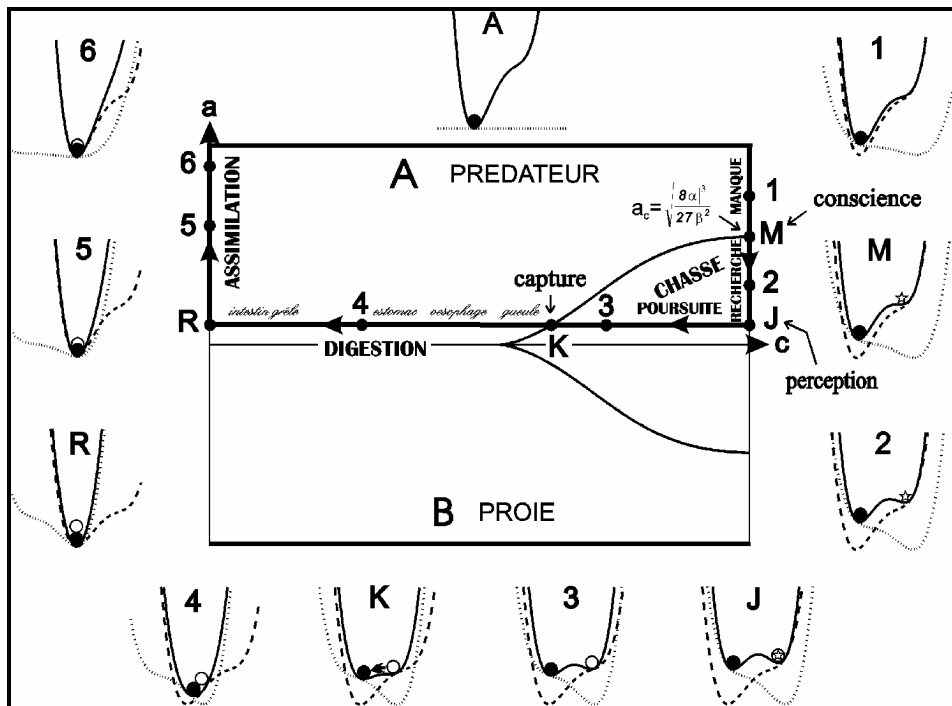


Fig. 6 : Comme figure 5, mais dans le nouveau repère de contrôle (a,c). Les potentiels globaux (traits pleins) et composants (prédateur = tirets, proie = pointillés) sont montrés pour une sélection de points le long de la trajectoire. Au niveau psychique (resp. biologique), les potentiels composants représentent la self-prégnance (resp. prégnance vitale) du prédateur et l'alter-ego-prégnance (resp. prégnance vitale de la proie, ou prégnance alimentaire). L'étoile matérialise l'attracteur inoccupé, tandis que les saillances du prédateur et de la proie sont représentées par les cercles plein et vide, respectivement.

Les 3 segments de la trajectoire sont nommés **AJ** ($c=cste=c_{max}$, a diminue), **JR** ($a=cste$, c diminue) et **RA** ($c=0$, a augmente). Bien que tous les niveaux d'interprétation s'appliquent à tous les segments, un niveau domine chaque segment, à savoir le niveau psychique pour le premier segment, le niveau physique pour le second, et le niveau

biologique pour le dernier. Nous allons maintenant examiner successivement chacun de ces segments.

Segment AJ

Ce segment concerne uniquement le prédateur, et les transformations psychique et biologique s'opérant en lui sous l'influence de la faim, qui éloigne le point représentatif de la plénitude. En **A**, le prédateur a pleine conscience de lui-même. Puis petit à petit, sous l'influence de facteurs hormonaux (le paramètre **a** diminue), de la faim, il prend progressivement conscience d'un manque, d'un alter-ego absent. Cette conscience de l'autre, symbolisée par l'apparition de l'alter-ego-prégnance, est d'abord diffuse (point **1**) puis se renforce au détriment de la self-prégnance (**a** diminue). En **M**, l'alter-ego-prégnance est suffisamment forte pour susciter l'apparition d'un second attracteur dans la carte locale. C'est probablement en ce point (où la trajectoire croise l'ensemble de bifurcation) que le prédateur prend clairement conscience que ce qui lui manque n'est autre qu'une proie. Le point **M** représente ce que l'on pourrait appeler une "catastrophe de conscience", qui va déclencher un changement de comportement, le début de la phase de chasse, la recherche d'une proie. Bien que la mise en mouvement puisse être déclenchée, cette partie de la phase de chasse n'est pas très active, et principalement guidée par la vue et l'odorat.

Dans la nouvelle représentation de la fronce, le point **M** est caractérisé par une valeur spécifique, critique, du paramètre **a**: $a_c = (8|a|^3/27b^2)^{1/2}$. Comme on peut le voir, cette valeur n'est que fonction des paramètres **a** et **b**, qui sont supposés définis par codage génétique. Ceci donne une image claire de ce qui se produit durant ce processus : sous l'action de facteurs hormonaux contrôlés par la faim, le paramètre **a** diminue, intensifiant l'alter-ego-prégnance jusqu'à une valeur critique, prédéfinie génétiquement, qui déclenche la recherche d'une proie. Cette étape de recherche peut durer un certain temps, pendant lequel (point **2**) l'alter-ego-prégnance continue de se renforcer au détriment de la self-prégnance. Elle se termine lorsque le prédateur rencontre effectivement une proie (point **J**).

Sur le plan biologique, l'accroissement de la faim provient de l'affaiblissement de l'énergie vitale du prédateur, exprimé par la diminution du paramètre **a**. L'énergie perdue ne pourra être compensée que par un apport extérieur d'énergie sous forme de prégnance alimentaire, qui pour le moment n'existe qu'à l'état latent.

Pour en terminer avec cette partie, il est important de souligner que c'est le système nerveux du prédateur qui contrôle ce segment, dans un

premier temps à travers le psychisme, puis par l'intermédiaire des organes sensoriels. Nous reviendrons sur ce point plus tard.

Segment JR

Le point **J** correspond à la perception de la proie par le prédateur. A partir de ce point, deux actants sont présents et une action directe peut être menée par le prédateur dans l'espace physique, ce qui était impossible lorsqu'il était seul. Cette nouvelle perspective se traduit par un changement de direction de la trajectoire (voir fig. 5 et 6) : **a** reste constant tandis que **c** diminue. Sur le plan physique, les deux animaux occupent les deux attracteurs du potentiel global (somme). Le paramètre **c** diminuant, les deux attracteurs se rapprochent. C'est la seconde phase de la chasse : la partie active de la poursuite. Le prédateur poursuit la proie, la distance entre les deux attracteurs symbolisant la distance spatiale entre les deux animaux. Cette distance diminue (point **3**). La capture de la proie par le prédateur se produit lorsque l'attracteur de la proie disparaît par collision avec celui du prédateur (point **K**, catastrophe de capture). Un seul animal survit à la catastrophe : le prédateur. Cependant, la saillance proie subsiste tout au long du segment.

Sur le plan biologique, la perception (point **J**) correspond à l'apparition de la proie dans le champ visuel du prédateur. Instantanément, la saillance proie est investie par la prégnance alimentaire. A partir de là, le prédateur identifie la prégnance alimentaire avec la prégnance vitale de la proie. La phase de poursuite correspond au rapprochement entre les deux prégnances vitales, qui permettra au prédateur de récupérer son énergie vitale manquante et de restaurer sa prégnance vitale archétype. Le point de capture **K** correspond à la mort de la proie, puisqu'elle quitte son domaine d'existence viable.

Un point important, et également très intéressant, est le suivant : à la capture (point **K**) les deux prégnances vitales ne coïncident pas (le paramètre de conflit **c** n'est pas nul) ; la coïncidence réelle des deux attracteurs composants ne se produit qu'au point **R**, extrémité du segment. Comment cette partie de la trajectoire entre les points **K** et **R** peut-elle être comprise ? L'interprétation la plus simple et la plus naturelle est la suivante : cette portion du segment correspond à la phase de digestion, la prégnance nutritive traversant le système digestif du prédateur (gueule, œsophage, estomac) jusqu'au centre biologique de la prégnance vitale du prédateur, l'intestin grêle. La phase de digestion

comprend une étape d'ingestion et une étape de dissolution de la nourriture (estomac, intestin grêle).

Au niveau psychique, la phase biologique précédente est probablement couplée à une évolution psychique similaire, avec convergence progressive de la self- et de l'alter-ego-prégnance, qui comble le manque ressenti par le prédateur affamé.

Comme remarque finale, on peut noter que le segment **JR** est principalement gouverné par le système musculaire du prédateur, qui permet d'abord le mouvement pour attraper la proie, puis la déglutition lors de la digestion.

Segment RA

La dernière partie du cycle, avec retour au point **A**, concerne essentiellement le niveau biologique. Au point **R**, la proie est déjà digérée, liquéfiée en chyle par les sucs gastriques. Cependant, l'"énergie biologique" de la proie n'a pas encore été transférée à l'organisme du prédateur : c'est le but de cette dernière étape. Elle a lieu à l'intérieur de l'intestin grêle. Là, le chyle est absorbé par les villosités intestinales. La substance de la proie est transférée au prédateur, et restaure son énergie vitale : la proie "devient" le prédateur, au sens réel cette fois.

Cette étape ultime, appelée assimilation, est parfaitement décrite par le segment **RA** de la trajectoire (voir figure 5 et 6). Le conflit est nul ($c=0$) et le paramètre **a** augmente : la prégnance alimentaire (originellement prégnance vitale de la proie) est progressivement absorbée (points **5** et **6**) par la prégnance vitale du prédateur, jusqu'à ce que la prégnance vitale archétype du prédateur soit reconstituée (point **A**). Le cycle est maintenant bouclé, avec le prédateur en état de plénitude biologique, de satiété.

Ce dernier segment est ainsi contrôlé au niveau biologique par les tissus intestinaux.

Comme pour le segment précédent, cette étape biologique est probablement couplée à une étape psychique similaire, avec assimilation de l'alter-ego-prégnance par la self-prégnance, et fusion avec l'être désiré, conduisant à la plénitude psychique. Un nouveau cycle peut alors débiter, avec une nouvelle proie.

3.3 Commentaires

En comparaison avec la proposition originale de Thom, la nouvelle représentation du cycle de prédation semble présenter plusieurs avantages :

i) elle résout la situation paradoxale de la confusion entre prédateur et proie. Si l'on compare le premier segment **AJ** et son équivalent dans le lacet de prédation de Thom, on s'aperçoit que la traversée de la première branche de l'ensemble de bifurcation a une signification différente : "catastrophe de perception" dans la description thomienne, "catastrophe de conscience" ici. D'autre part, Thom poursuit le cycle jusqu'à la seconde branche de l'ensemble de bifurcation, ce qui conduit au paradoxe. Ceci est difficilement concevable dans la nouvelle représentation, puisque cela signifierait la mort biologique du prédateur. Un renforcement de l'alter-ego-prégnance au point de dépasser la self-prégnance est ici très peu probable, mais elle pourrait se produire, par exemple si le prédateur littéralement meurt de faim.

ii) elle restitue la caractéristique originale de la catastrophe de capture², dont la trajectoire doit être parallèle à l'axe **u**, plutôt que parallèle à l'axe **v**.

iii) elle donne une représentation claire et naturelle de fonctions biologiques fondamentales telles que la digestion et l'assimilation.

iv) elle suggère une distinction entre paramètres d'origine génétique (**a,b**) et hormonale (**a,c**).

v) elle est en parfait accord avec la réflexion de Thom, qui remarque expressément que les catastrophes de régulation à actants expriment "les manœuvres de survie d'un système soumis à des contraintes adverses le forçant à quitter sa caractéristique"³. De manière plus explicite que la proposition thomienne originale, la nouvelle représentation de la prédation suit exactement ce plan : la caractéristique du système est représentée par le point **A**, et les contraintes adverses qui lui font quitter sa caractéristique par le segment **AJ**, tandis que les manœuvres de survie sont décrites par les segments **JR** et **RA**. Elargissant le cadre original, (J. Petitot, 1992) présente l'intentionnalité comme pouvant être schématisée "par une classe d'homotopie de chemins allant d'un état pluri-actantiel excité à l'état [mono-actantiel] de base". Ici, le point **J** représente l'état pluri-actantiel excité, tandis que le point **A** est l'état mono-actantiel de base.

² Une trajectoire parallèle à l'axe **u** (resp. parallèle à l'axe **v**) dans la représentation traditionnelle correspond grosso modo à une trajectoire parallèle à l'axe **c** (resp. parallèle à l'axe **a**) dans la nouvelle représentation. Or la capture correspond bien à une diminution de **c** (trajectoire parallèle l'axe **c**), c'est-à-dire à un rapprochement des attracteurs composants (voir figure 10), et non à une variation de **a** (trajectoire parallèle à l'axe **a**) c'est-à-dire à l'affaiblissement d'un attracteur par rapport à l'autre. Pour plus de détail, voir (Lacorre, 1997), en particulier §4.2.3 et figures 12 et 13 de cet article.

³ mentionné dans (Petitot, 1992 : 378) comme une communication privée de R. Thom

vi) elle fournit une illustration saisissante de l'hypothèse thomienne fondamentale selon laquelle les catastrophes à actants convertissent la signification fonctionnelle des tissus différenciés par les catastrophes de l'embryogenèse (Petitot, 1992 : chapitre VI). D'où l'identification entre la différenciation triploblastique et la prédation grâce à l'archétype de la frouce. Nous avons déjà remarqué que chaque segment du nouveau cycle de prédation est associé avec une portion spécifique de l'organisme du prédateur, à savoir le système nerveux pour le segment **AJ**, le système musculaire pour le segment **JR** et l'appareil digestif pour le segment **RA**. Or au cours de l'embryogenèse, ces organes proviennent de la différenciation triploblastique de la manière suivante : le système nerveux vient de l'ectoderme, le système musculaire du mésoderme et l'intestin de l'endoderme. Ainsi, la nouvelle représentation de la prédation montre clairement que cette régulation fondamentale réalise effectivement, l'une après l'autre, les trois fonctions principales associées avec la triple différenciation originale durant la gastrulation, également modélisée par Thom à l'aide de la catastrophe frouce (Thom, 1990 : 196-198).

D'autres conséquences intéressantes de quelques-uns des points présentés ici seront développées plus loin.

4. LE PROCESSUS DE GENERATION: REEXAMEN DU LACET DE REPRODUCTION

René Thom utilise la trajectoire circulaire du lacet de prédation pour représenter une autre fonction biologique fondamentale, celle de la reproduction (Thom, 1972 : 300-302). Le cycle de reproduction est parcouru en sens inverse par rapport au cycle de prédation. La catastrophe de capture devient ainsi une catastrophe d'émission, qui correspond à la naissance.

4.1 Un nouveau cycle de reproduction

Ici, le nouveau modèle du cycle de prédation présenté plus haut est utilisé pour rendre compte de manière plus précise du processus de génération, en utilisant pleinement tout le potentiel de la nouvelle représentation de la frouce. La trajectoire utilisée est fondamentalement du même type que celle de la prédation, sauf que le cycle est parcouru à l'envers.

L'interprétation courante concerne principalement le niveau biologique, bien que des interprétations aux plans psychique et physique sont aussi possibles. Ici, le couple prédateur/proie du cycle de prédation est remplacé par le couple femme/enfant, dont les prégnances vitales

archétypes sont représentées respectivement par les points **A** et **B** de la nouvelle représentation. Les zones vitales de la femme et de l'enfant sont identiques à celles du prédateur et de la proie respectivement, comme sur la figure 4. En terme de carte locale, il s'agit à présent de celle de la génération chez l'être humain.

Comme dans le cas de la prédation avec le prédateur, une partie de la trajectoire se situe à l'intérieur du corps de la femme, le tube digestif du prédateur (gueule, œsophage, estomac, intestin) étant remplacé par le système génital de la femme (vulve, vagin, utérus). La trajectoire complète est présentée sur la figure 7, et certaines configurations spécifiques de potentiels sur la figure 8. Les trois segments du cycle sont ici appelés AT, TS et SA. Comme pour le cycle de prédation, nous commencerons la trajectoire au point A, qui représente la prégnance vitale archétype de la femme.

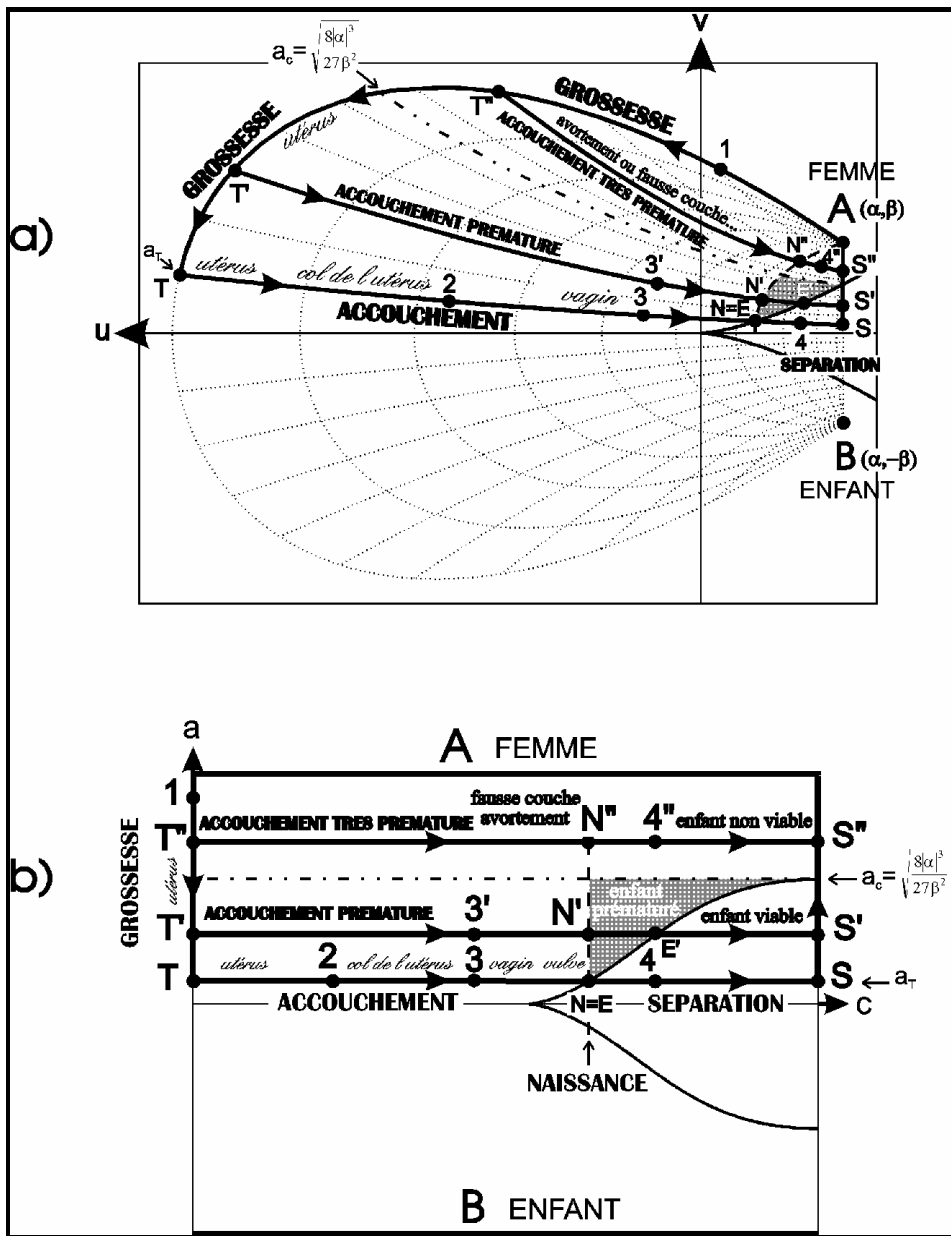


Fig. 7 : Nouvelle représentation du processus de génération, dans le repère traditionnel (u,v) (a) et dans le nouveau repère de contrôle (a,c) (b). Les organes génitaux de la femme, mentionnés en italique, donnent une indication approximative de la position du bébé au cours de l'accouchement. L'évolution des potentiels le long de la trajectoire est présentée sur la figure 8.

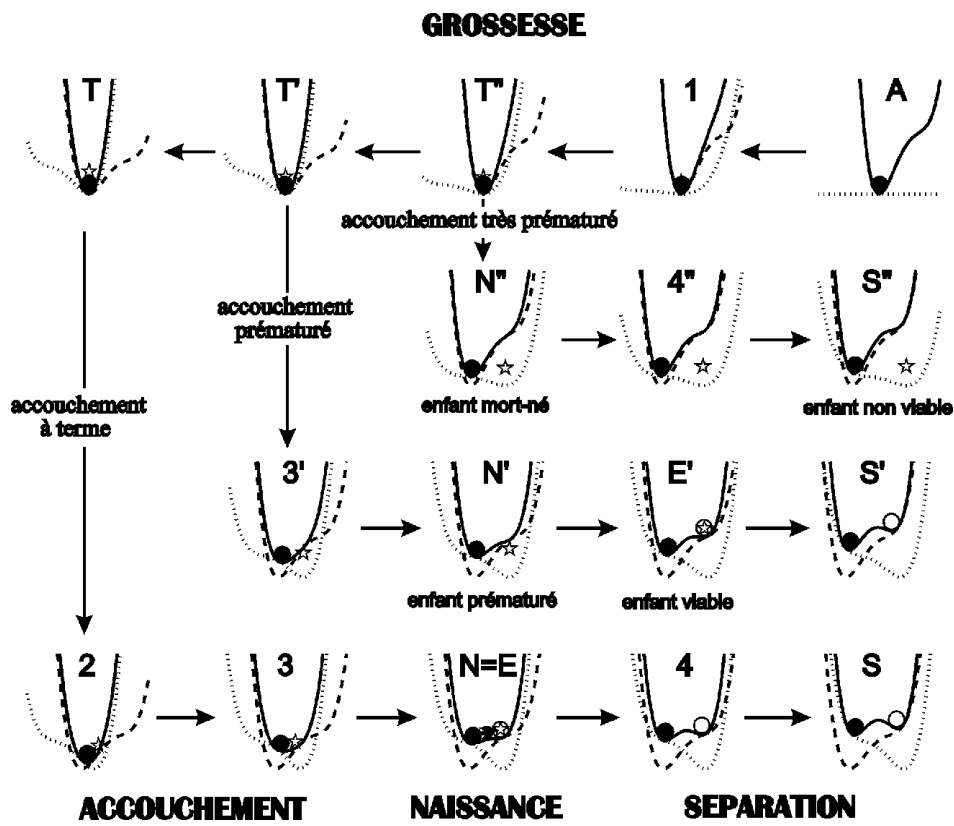


Fig. 8 : Evolution du potentiel global (traits pleins) et des position et force relatives des potentiels composants (tirets = prégance vitale de la femme, pointillés = prégance vitale de l'enfant) le long des trajectoires de la figure 7. L'étoile symbolise le fœtus dans l'utérus, ou en dehors lorsqu'il n'est pas viable. Les saillances de la femme et de l'enfant sont représentées par des cercles pleins et vides, respectivement.

Segment AT

Le point **A** symbolise la femme dans toute sa plénitude sexuelle. Nous considérerons qu'elle vient juste d'être fécondée. Le segment **AT** correspond à la diminution du paramètre de force **a**. Le paramètre **c**, représentant la distance entre les prégances vitales de la mère et de l'enfant, est égal à zéro. Cela signifie que ce qui se produit le long de ce segment prend place au centre biologique du processus de génération ($c=0$), à savoir l'utérus de la femme. Le déplacement depuis le point **A** jusqu'au point **T** représente le renforcement de la prégance vitale de l'enfant au détriment de celle de la mère : c'est la grossesse, au cours

de laquelle le développement de l'embryon "pompe" les réserves en énergie de la femme. Le paramètre **a** est donc un paramètre de développement. Si la grossesse arrive à terme, cette étape dure neuf mois, jusqu'au point **T**. Les cas d'accouchement prématuré seront examinés plus loin.

Il est clair qu'un modèle aussi simple et général ne peut entrer dans le détail de l'embryogenèse. Thom a déjà décrit une telle évolution dans le cadre de la théorie des catastrophes, à un niveau organisationnel légèrement inférieur (Thom, 1972).

Segment TS

Au point **T**, le fœtus a atteint son développement maximal, et le paramètre **a** est à son optimum a_T . Il restera constant pendant que **c** augmente, symbolisant la séparation entre la mère et son enfant. La première partie de la séparation a lieu dans l'organisme de la femme : il s'agit de l'accouchement, le bébé passant par le col de l'utérus, puis par le vagin. Cette étape est l'équivalent inversé de la digestion dans le cycle de prédation. La naissance correspond au croisement de la branche de parabole semi-cubique de l'ensemble de bifurcation (catastrophe d'émission, point **E**). La portion suivante du segment, en dehors du corps de la femme jusqu'au point **S**, représente la séparation, aux niveaux biologique, psychique et physique, entre la mère et son enfant.

Segment SA

L'interprétation de ce segment semble moins évidente que les précédentes. Deux interprétations peuvent être données, suivant le point de vue adopté. L'ambiguïté vient de ce que deux actants sont présents à l'origine **S** du segment (femme et enfant) tandis qu'un seul actant est présent à la fin **A** (la femme). On doit donc supposer qu'un seul des deux actants est impliqué dans ce segment (comme c'est le cas pour la prédation). La double interprétation reflète les deux possibilités: femme ou enfant.

La première interprétation consiste à considérer que le cycle de reproduction concerne un individu et un seul, comme le cycle de prédation. Si tel est le cas, l'actant restant doit être la femme. Ici, le caractère cyclique du processus de génération est moins critique que dans le cas de la prédation, puisque la femme ne procrée que quelques fois au cours de sa vie, et cet acte n'est pas indispensable à sa survie. Par analogie avec le segment **AJ** du cycle de prédation, on peut formuler une interprétation psychique au segment **SA** : il peut

représenter la satisfaction du désir d'avoir un enfant. Ce désir, ou manque, est équivalent à la faim pour la prédation, et est symbolisé par l'existence d'une alter-ego-prégnance, celle de l'enfant **B** (point **S**). Ce segment est parcouru en sens inverse par rapport au segment **AJ**, ce qui correspond à la satisfaction d'un désir, du même type que l'étape **RA** d'assimilation de la proie au cours de la prédation. Au niveau biologique, le segment **SA** pourrait ainsi représenter la fécondation (à la traversée de l'ensemble de bifurcation), à savoir la satisfaction "biologique" du désir par l'acte sexuel.

L'autre interprétation, plus proche de l'idée originale de Thom, est de considérer le cycle comme se rapportant à l'espèce, et non à l'individu. Le caractère cyclique est alors indispensable à la survie de l'espèce. Dans ce cas, l'actant restant doit être l'enfant et non la mère (l'enfant survit à la mère), et l'enfant doit être une fille. Le segment **SA** correspondrait alors au développement psychique et biologique de la fille, et sa transformation en femme. Le croisement de l'ensemble de bifurcation ($\mathbf{a}=\mathbf{a}_c$) symbolise la puberté. Le point **A** représente la nouvelle femme dans toute sa plénitude sexuelle, et la fécondation déclenche la première étape du cycle suivant.

4.2 Commentaires

Comme on peut en juger, ce type de cycle donne une représentation relativement simple et claire du processus de génération. Cette description peut être approfondie en considérant les cas de naissance prématurée.

Revenons tout d'abord à la naissance elle-même. La catastrophe d'émission (point **E**) correspond à la stabilisation d'un second attracteur (minimum) du potentiel global, à l'entrée de l'enfant dans sa zone vitale. Cette entrée coïncide avec la sortie du corps de la mère, c'est-à-dire avec la naissance (point **N**). Par ailleurs, la naissance correspond à une valeur spécifique de séparation entre l'enfant et la mère, à un taux de conflit spécifique matérialisé par la ligne brisée sur la figure 7. Aux niveaux biologique et physique, tout ce qui se passe d'un côté de cette ligne (à gauche sur la figure) à lieu dans le corps de la femme, dans son système génital, et tout ce qui se passe de l'autre côté (à droite) à lieu à l'extérieur du corps de la femme.

Considérons à présent que le fœtus n'a pas atteint son taux de développement optimal \mathbf{a}_T à l'accouchement. Deux possibilités sont envisageables : soit le paramètre \mathbf{a} a atteint une valeur telle que la trajectoire de l'accouchement croise l'ensemble de bifurcation (segment **T'S'**), soit ce n'est pas le cas (segment **T''S''**). Dans cette

dernière hypothèse, le fœtus n'atteindra jamais la zone viable de l'enfant : les trajectoires de type **T'S'** recouvrent les cas d'avortements et de fausses couches, et certains cas d'enfants mort-nés. Dans l'autre hypothèse (segment **T'S'**), la zone vitale de l'enfant sera atteinte (point **E'**), mais plus tard que la naissance elle-même (point **N'**) : cela représente les cas d'enfants prématurés. La séparation entre ces deux possibilités (ligne en traits mixtes sur la figure 7) correspond à un taux de développement critique a_c du fœtus. Le paramètre a_c peut être calculé à partir des coordonnées du point archétype **A**, **a** et **b**, de la même manière que pour le point M du cycle de prédation⁴, à savoir $a_c = (8|a|^3/27b^2)^{1/2}$. Sur une échelle temporelle, le paramètre a_c correspond à un développement du fœtus d'environ 6 mois. Nous avons à présent un aperçu relativement clair de la situation : le nouveau-né n'aura quelque chance de survie que si le fœtus atteint un taux critique de développement dont la valeur est, dans notre hypothèse, codée génétiquement, puisqu'elle ne dépend que des paramètres **a** et **b**.

Si le fœtus a un taux de développement compris entre a_c et a_T à la naissance, l'enfant sera donc prématuré. Sur le segment **T'S'**, **c** augmentant à **a** constant, la naissance (point **N'**, sortie du corps de la mère) ne coïncide plus avec la catastrophe d'émission (point **E'**, entrée dans la zone viable de l'enfant). Ceci peut être interprété comme suit : en général, les nouveau-nés prématurés nécessitent des soins hospitaliers particuliers (couveuse, etc...) d'autant plus intensifs qu'ils sont prématurés. Ces traitements, symbolisés par le segment **N'E'**, permettent au nouveau né d'atteindre sa zone d'existence viable. Ainsi, la véritable catastrophe d'émission ne correspond plus à la naissance elle-même (point **N'**), mais à la fin des soins hospitaliers (point **E'**) sans lesquels le nouveau-né, la plupart du temps, ne pourrait survivre. On voit ici clairement l'importance de ces soins pour le prématuré : ils étendent le domaine d'existence viable de l'enfant (domaine assombri sur la figure 7).

5. APPLICATION A LA LINGUISTIQUE

5.1 Production verbale

Le schéma précédent du cycle de reproduction peut être utilisé pour modéliser d'autres processus de génération, comme par exemple la production verbale.

⁴ notons toutefois que les valeurs des paramètres **a** et **b** n'ont rien en commun avec ceux de la prédation, puisque nous considérons à présent le cas de la reproduction humaine

Nous pouvons supposer que les structures profonde et de surface des linguistes sont liées à l'existence d'une pensée préverbale, dont l'expression est le langage. La production verbale peut être considérée comme un processus de génération identique au cycle de reproduction décrit ci-dessus, le couple verbe/préverbe remplaçant le couple femme/enfant. Il est intéressant de noter avec quelle facilité le langage commun a assimilé l'analogie entre la fonction biologique de reproduction et le processus de production verbale, comme on peut le constater dans les expressions suivantes : "concevoir une idée, un plan", "un projet qui avorte", "pondre une idée" ou "accoucher d'un livre", etc...

La trajectoire (voir figure 9) est décomposée en trois segments.

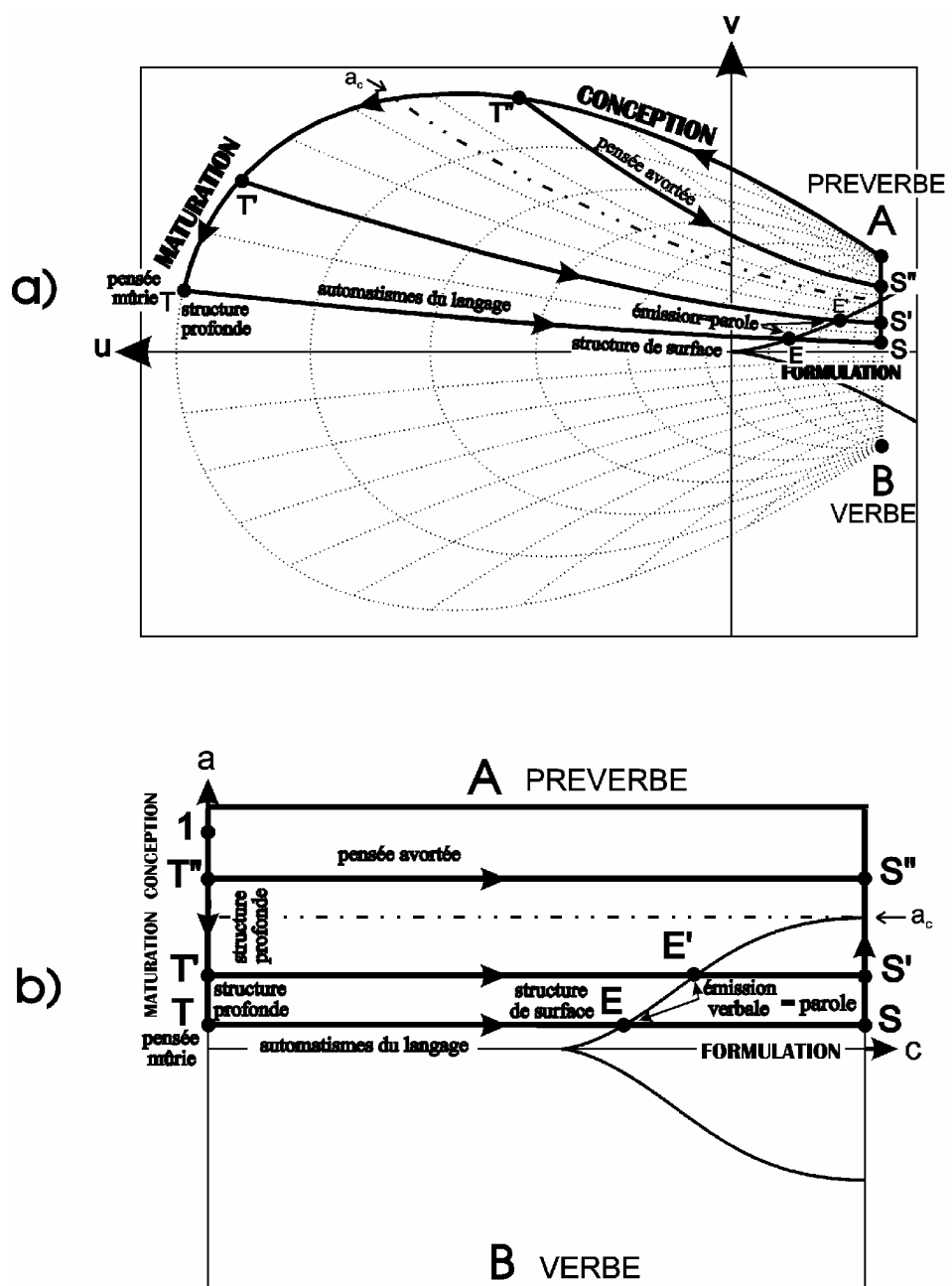


Fig. 9 : Représentation du processus de production verbale, par analogie avec celui de génération :

a) dans le plan de contrôle traditionnel (u,v),

b) dans le plan de contrôle (a,c) de la nouvelle représentation de la fronce.

Segment SA

Par analogie avec le processus de reproduction biologique, ce segment peut être interprété comme symbolisant la "fécondation" de la pensée par le discours, l'assimilation de concepts étrangers.

Segment AT

C'est l'étape de conception : de "mise en mots" de la pensée préverbale fécondée. L'équivalent biologique de cette étape de maturation est le développement embryonnaire (grossesse).

Segment TS

Il ne pourra y avoir émission (passage du stade préverbal au stade verbal) que si un taux critique de développement a_c est atteint. Si ce n'est pas le cas (segment **T'S'**) la pensée ne pourra être formulée, puisque la trajectoire **T'S'** ne traverse pas l'ensemble de bifurcation correspondant à la catastrophe d'émission : pensée avortée. Si le taux critique de développement est dépassé, la pensée sera émise, et cela d'autant plus facilement qu'elle aura mûri plus longtemps (comparer les longueurs relatives des segments **T'E'** et **TE**). La portion **TE** symbolise la montée depuis la structure profonde vers la structure de surface (automatismes du langage) avec émission verbale (parole) au point **E**. L'équivalent biologique de l'émission verbale dans l'exemple précédent est la naissance.

5.2 Les morphologies archétypes de la Fronce

Comme évoqué plus haut (section 2), Thom considère qu'une phrase peut être représentée par la bifurcation d'un système dynamique décrivant l'activité neurologique, système dont les attracteurs représentent les noms et les surfaces de séparation entre bassins d'attraction représentent le verbe⁵. Par exemple (Thom, 1970), il définit les morphologies archétypes des verbes [**DEVENIR**], [**CAPTURER**] et [**EMETTRE**] par les sections principales de la catastrophe froncée : u =constante négative, et v =constante avec u croissant, ou décroissant, respectivement. Il appelle ces sections **12a**, **12b** et **12g** respectivement. En utilisant la nouvelle représentation de la froncée et des trajectoires spécifiques de la carte (paramètres a et c), il est possible de définir des sous-catégories de ces trois catégories principales. Une tentative de classification de ce type est présentée dans le tableau suivant.

⁵ voir aussi les commentaires de E.C. Zeeman dans (Thom, 1990 : 358-359)

Dans ce tableau, on suppose que la prégnance de référence est A ($b > 0$). Les valeurs critiques a_c et c_c correspondent aux valeurs de a et c pour lesquelles la trajectoire croise l'ensemble de bifurcation, pour des valeurs fixes de c et a , respectivement. Dans le cas le plus général, ces valeurs sont des fonctions complexes des paramètres a , b et c pour a_c , de a , b et a pour c_c . Dans certains cas spécifiques comme ceux présentés dans les sections précédentes, le paramètre a_c peut être exprimé de manière simple en fonction de a et b (explicitement, $a_c = (8|a|^3/27b^2)^{1/2}$).

6. NOUVELLE REPRESENTATION DE LA FRONCE ET DIFFERENCE ONTOLOGIQUE

La notion heideggerienne de différence ontologique est la différence entre l'*étant* (allemand "seiend", anglais "entity" ou "being" dans le sens "ce qui est") et l'*Être* (allemand "Sein", anglais "Being" dans le sens "le fait d'être"). Dans un article récent, J.M. Salanskis (1993) a étudié la représentation du concept philosophique de différence ontologique dans trois constructions théoriques utilisées en sciences cognitives, parmi lesquelles la Théorie des Catastrophes. Plus

précisément, il utilise la représentation catastrophiste du verbe [ENTRER] en linguistique, proposée par J. Petitot (1991), pour illustrer le "défaut" de la figuration thomienne par rapport au modèle heideggerien. Or il me semble que la nouvelle formulation de la fronce, dont quelques applications ont été présentées ici, est de nature à lever l'objection.

Dans son article, J. Petitot utilise la morphologie archétype de capture de R. Thom (la section principale **12b** de la fronce) pour représenter le verbe [ENTRER]. J.M. Salanskis remarque la différence entre les verbes [ENTRER] et [CAPTURER] dans la représentation traditionnelle de la fronce (figure 10a) :

“à la fin de la déformation du potentiel, on n'a plus accès au minimum "entré", ce minimum est disparu. On doit se contenter de penser que si son bassin subsistait, il serait dans le bassin de l'autre minimum, celui qui demeure. Il s'ensuit que l'*être-dans* n'est pas du tout représenté ; il ne l'est que modulo un complément interprétatif considérable du modélisateur.” (Salanskis, 1993).

J.M. Salanskis considère que ce problème se ramène à celui de la différence ontologique ; il note que la représentation par le potentiel favorise le niveau de l'*Être* au détriment de celui de l'*étant*. Prendre en compte la signification exacte du verbe [ENTRER] nécessiterait le “marquage des deux étants protagonistes”, ce qui n'est pas le cas dans la représentation traditionnelle de la fronce. Toutefois, il est clair qu'un tel "marquage" est effectivement réalisé dans la nouvelle représentation de la fronce : par les points **A** et **B**, qui sont les pôles de la représentation (voir figure 3). On peut donc considérer que cette nouvelle représentation est le genre de "complément interprétatif" ou d'"amélioration de dispositif" évoqués par Salanskis, et qui donne accès au minimum "entré" (voir figure 10b).

Selon Heidegger, l'*étant* a un caractère plutôt statique, inerte, tandis que l'*Être* a une nature dynamique, événementielle (Heidegger (1954), tel que commenté par Salanskis (1993)). La nouvelle représentation de la fronce fait clairement la distinction entre ces deux aspects :

- la part statique, inerte, est prise en compte par les paramètres (**a,b**), coordonnées des points **A** et **B**, pôles statiques de la représentation ;
- la part dynamique est prise en charge par les paramètres (**a,c**) qui contrôlent les déformations et positionnement.

Cette différence est bien explicitée dans les applications biologiques de la nouvelle représentation de la fronce présentée dans cet article :

une distinction claire est faite entre les paramètres codés biochimiquement (**a,b**) par essence originellement figés, et les paramètres hormonaux (**a,c**) par nature évolutifs.

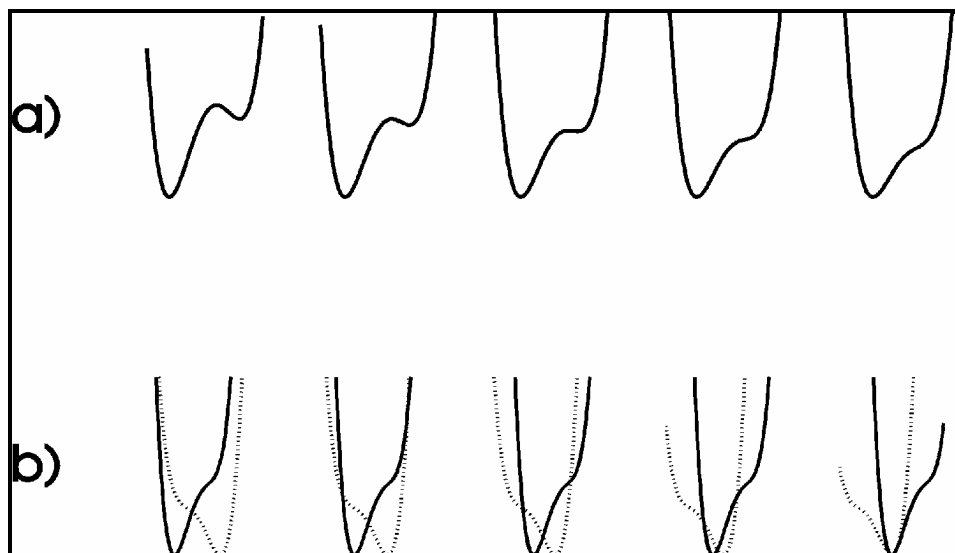


Fig. 10 : La traversée de l'ensemble de bifurcation de la catastrophe fronce comme représentation du verbe [ENTRER]:

- a) évolution du potentiel dans la représentation traditionnelle de la fronce (section **12b**, **u** augmente à **v** constant)
- b) potentiels composants dans la nouvelle représentation (**c** décroît à **a** constant).

La nouvelle représentation de la fronce révèle le double niveau de l'*étant* et de l'*Être*, avec les *étants* représentés par les potentiels archétypes en conflit des points **A** et **B** (coordonnées **(a,b)**), et l'*Être* exprimé par la trajectoire dans le plan de contrôle, la manière dont les paramètres **a** et **c** changent reflétant l'interaction entre les *étants*. En comparaison, la représentation traditionnelle ne fait pas clairement la distinction, puisque les paramètres (**u,v**) expriment seulement la part dynamique, celle de l'*Être*, d'où la difficulté de rendre compte du concept de différence ontologique. La nouvelle représentation de la fronce semble plus proche du modèle heideggerien.

Le problème ici discuté ne relève pas uniquement de la philosophie, il peut aussi avoir un intérêt pratique. Il est indéniable que, au-delà des positions controversées de Heidegger dans l'histoire

contemporaine, sa pensée philosophique inspire directement ou indirectement une nouvelle génération de spécialistes en Intelligence Artificielle⁶. A cela doit être ajoutée la reconnaissance tardive du rôle avant-gardiste de Thom sur ces questions (Visetti, 1990, Salanskis, 1993). De fait, l'enjeu est de taille, puisqu'il s'agit de trouver de nouvelles architectures informatiques capables de reproduire les capacités cognitives humaines. A ce propos, Y.M. Visetti (1990) évoquait récemment la difficulté de traduire les modèles syntaxico-sémantiques de la Théorie des Catastrophes en langage des machines. Il notait qu'une possibilité d'y parvenir serait d'abandonner le "principe *un actant = un attracteur*, et représenter plusieurs actants ensemble sous la forme d'un seul attracteur complexe". Ceci nécessiterait de "disposer au préalable d'attracteurs susceptibles de coder une collection d'actants, c'est-à-dire *déjà* structurés eux-mêmes en un certain sens". De fait, c'est exactement une structuration de ce type qui est proposée par la nouvelle représentation ici développée.

Avant de conclure cet article, il est nécessaire de revenir sur certaines considérations d'ordre philosophique. Jean-Michel Salanskis (1996) fait remarquer à juste titre qu'il y a une difficulté de principe à conjoindre dans une théorie ou une modélisation le plan de l'*étant* et celui de l'*Être*. Au plan ontique, l'intuition de René Thom selon laquelle les *étants* devraient être modélisés par des boules dans les espaces euclidiens est certainement fondée. Les deux applications relevant du domaine de la biologie traitées dans cet article suggèrent la possibilité d'associer aux singularités des potentiels composants (du potentiel archétype) certains organes des entités (ou organismes) considérées. Par exemple, le minimum du potentiel archétype est clairement identifié à l'intestin grêle chez le prédateur ou à l'utérus chez la femme, centres biologiques des processus de prédation et de reproduction, respectivement. De la même manière, le biais concave peut être associé à une ouverture de l'organisme vers l'extérieur, la gueule chez le prédateur, la vulve chez la femme (l'accouchement correspondant au déplacement du minimum du potentiel de l'enfant -qui originellement coïncide avec le minimum du potentiel de la mère, associé à l'utérus- vers l'extérieur, vers la singularité concave du potentiel de la femme, associée à la vulve).

Ces ouvertures sur l'extérieur sont indispensables aux fonctions de prédation et de reproduction qui, sans elles, ne pourraient avoir lieu. De la même manière, au niveau de la modélisation, l'existence d'un biais concave dans le puits simple de potentiel est indispensable à

⁶ voir (Winograd, 1993) et quelques autres articles dans *Intellectica 17* (1993)

l'occurrence d'une catastrophe. Sans lui (cf. Lacorre, 1997), la séparation des potentiels composants (=conflit) ne pourrait générer l'apparition d'un second attracteur. Les ouvertures en question appartiennent évidemment aux bords des organismes considérés. Dans la modélisation, le biais concave peut donc être associé au plan ontique au bord de l'entité, *étant* ou saillance dans la terminologie thomienne.

Il s'avère donc possible d'associer aux particularités du puits simple de potentiel archétype les caractéristiques de l'*étant*, la "projection" se faisant de la manière suivante : le centre de la boule correspond au minimum du potentiel, et son bord correspond au biais concave. Plus précisément, on peut par exemple repérer le bord de l'*étant* par le point de l'espace d'état du système où le puits convexe devient concave, à savoir le point où la dérivée seconde du potentiel s'annule. Mathématiquement, ceci définit une boule de rayon $R(a,b)=m(a,b)-|a/6|^{1/2}$, $m(a,b)$ étant racine réelle positive de l'équation $4m^3+2am-b=0$. La caractéristique de l'*étant*, à savoir le rayon de la boule, est ainsi entièrement définie par la donnée des paramètres **a** et **b** (la distance entre les deux *étants*, entre les centres des boules, correspondant au paramètre **c**). Vu sous cet angle, le marquage des catastrophes peut donc être considéré comme médiation entre les plans ontologique et ontique, permettant la projection de l'un sur l'autre : le marquage, assimilé au plan biologique au codage génétique, est une procédure de réification définissant les caractéristiques des entités au plan ontique, des *étants*. Cette procédure de réification appelle quelques commentaires :

1) Les entités, *étants*, ou saillances, n'occupent plus les minima du potentiel global, comme c'est le cas chez René Thom, mais le minimum des potentiels *composants* (ceci est implicite tout au long de l'article, et apparaît de manière explicite sur la figure 8, avec la localisation du fœtus en tant que saillance par une étoile). C'est un fait que la proie (*resp.* le fœtus) continue à exister (*resp.* préexiste) dans l'organisme du prédateur (*resp.* de la mère) après l'ingestion (*resp.* avant la naissance) et cela malgré le fait que le potentiel global de la TC ne présente qu'un seul attracteur. L'apparition ou la disparition d'un attracteur dans le potentiel global doivent plutôt être interprétées en termes de *vie* ou de *mort*.

2) Dans le cadre de la modélisation linguistique, la projection sur le plan ontique telle qu'elle est présentée ici, avec définition de boules, chacune centrée sur le minimum d'un potentiel composant, est un pas de plus vers les diagrammes de la grammaire cognitive de R. Langacker

(1987) : lorsque c diminue, très clairement, une boule [ENTRE] dans l'autre.

3) Le marquage de la fonce présenté dans cet article est "économique", puisque les deux points **A** et **B** sont choisis symétriquement par rapport à l'axe u , ce qui minimise le nombre de paramètres de marquage. Sur le plan ontique, cela se traduit par des boules de rayons identiques, ce qui peut poser quelques problèmes, par exemple au niveau de la modélisation linguistique (quelle boule entre dans l'autre ?). En toute rigueur, il n'y a aucune raison de choisir les points **A** et **B** symétriques, chacun pouvant être associé à un couple de coordonnées différent $A(a_1, b_1)$ et $B(a_2, b_2)$; donc au plan ontique, les boules peuvent avoir des rayons différents $R(a_1, b_1)$ et $R(a_2, b_2)$.

7. CONCLUSION

Dans cet article, une nouvelle interprétation des processus fondamentaux de prédation et de génération est présentée, dans le cadre de la théorie des catastrophes. Une nouvelle représentation de la catastrophe fonce est utilisée, permettant une description plus détaillée que la proposition originale de R. Thom. Cette nouvelle représentation semble également en meilleur accord avec quelques idées philosophiques telles que la différence ontologique de Heidegger. On peut se demander si la nouvelle formulation pourrait être utile dans d'autres applications biologiques de la théorie des catastrophes. Par exemple, si l'on considère le problème de la différenciation cellulaire en embryologie, le paramètre c donne une image très suggestive du concept de différenciation, de séparation entre prégnances. D'abord la séparation se produit de manière douce, continue, jusqu'à un taux critique de séparation au-delà duquel la différenciation est abrupte, avec création d'une frontière qui se stabilise.

Plus généralement, le succès des quelques applications présentées ici de la nouvelle représentation de la fonce est une incitation à entreprendre le "marquage" des catastrophes plus complexes. Ceci devrait permettre la définition d'un cadre général pour la structuration des attracteurs de chacun des membres de la série des potentiels catastrophiques, ce qui pourrait s'avérer intéressant pour le codage informatique des modèles syntaxico-sémantiques de la théorie des catastrophes.

Bibliographie

- Heidegger, M. (1954), *Qu'appelle-t-on penser ?*, Paris : 1959 PUF.
- Lacorre, P. (1997), "Some remarks on correlations between conflict and instability." *International Journal of General Systems* (in press).
- Langacker R. (1987), *Foundations of Cognitive Grammar*, Stanford University Press.
- Petitot, J. (1991), "Syntaxe topologique et grammaire cognitive", *Langages*, 97-127.
- Petitot, J. (1992), *Physique du Sens - De la théorie des singularités aux structures sémio-narratives*, Paris, Editions du C.N.R.S.
- Salanskis, J.M. (1993), "Différence ontologique et cognition", *Intellectica*, **17**, 127-171.
- Salanskis, J.M. (1996), communication personnelle.
- Thom, R. (1970), "Topologie et linguistique." In : *Essays on Topology and Related Topics (dedicated to G. de Rham)*, Berlin, Heilderberg, New York, Springer, 226-248.
- Thom, R. (1972), *Stabilité Structurale et Morphogénèse*, Paris, Benjamin, New York, Edisciences.
- Thom, R. (1981), "Morphologie du Sémiotique," *Recherches Sémiotiques/Semiotic Inquiry*, **1**(4), 301-309.
- Thom, R. (1983), "Animal Psychism versus Human Psychism", in *Glossogenetics : The Origin and Evolution of Language*, (E. de Grolier ed.), Paris, Hartwood Academic Publishers, 3-14.
- Thom, R. (1986), "Ambiguïtés de la complexité en biologie", *Archives Internationales de Physiologie et de Biochimie*, **94**(4), novembre.
- Thom, R. (1988), *Esquisse d'une sémiophysique*, Paris, InterEditions.
- Thom, R. (1990), *Apologie du Logos*, Paris, Hachette.
- Thom, R. (1994a), "Pour une théorie de la morphogénèse", in *Les sciences de la forme aujourd'hui*, Editions du Seuil, 177-188.
- (1994b), communication personnelle.
- Visetti, Y.M. (1990), "Modèles connexionnistes et représentations structurées", *Intellectica*, **9-10**, 167-212.
- Winograd, T. (1993), "Heidegger et la conception des systèmes informatiques", *Intellectica*, **17**, 51-78.
- Zeeman, E.C. (1977), *Catastrophe Theory: Selected Papers 1972-1977*. Addison-Wesley, Mass.

ERRATA

Intellectica 1997/1, n° 24

Merci de tenir compte des corrections indiquées ci-dessous :

- p. 116 ligne 1 définie par les coordonnées (**a,b**) de leurs points
 puis $u=3(1-a^2)(2m(a,b)-c)^2/2+a$
 $v=((1-a^2)(2m(a,b)-c)^3+b)a$,
 où **m(a,b)** est un réel positif tel que $4m^3+2am-b=0$.
 § 4 étant racine réelle de l'équation $4m^3+2am-b=0$)
- p. 119 § 2 (les paramètres **a** et **b**, qui déterminent
- p. 122 § 2 Dans la nouvelle représentation de la fronce, le point **M** est caractérisé par une valeur spécifique, critique, du paramètre **a**: $a_c=(8|a|^3/27b^2)^{1/2}$. Comme on peut le voir, cette valeur n'est que fonction des paramètres **a** et **b**,
- p. 125 iv) elle suggère une distinction entre paramètres d'origine génétique (**a,b**) et hormonale (**a,c**).
- p. 131 § 1 fœtus. Le paramètre a_c peut être calculé à partir des coordonnées du point archétype **A**, **a** et **b**, de la même manière que pour le point **M** du cycle de prédation à savoir $a_c=(8|a|^3/27b^2)^{1/2}$. Sur une échelle temporelle, le paramètre a_c correspond à un développement du fœtus d'environ 6 mois. Nous avons à présent un aperçu relativement clair de la situation : le nouveau-né n'aura quelque chance de survie que si le fœtus atteint un taux critique de développement dont la valeur est, dans notre hypothèse, codée génétiquement, puisqu'elle ne dépend que des paramètres **a** et **b**.
- p. 133 § 5.2 Il appelle ces sections **12a**, **12b** et **12g** respectivement.
- p. 134 tableau dans la première colonne "section principale", lire 12a, 12b, 12g
- p. 134 § 1 Dans ce tableau, on suppose que la prégnance de référence est **A** (**b**>0). Les valeurs critiques a_c et c_c correspondent aux valeurs de **a** et **c** pour lesquelles la trajectoire croise l'ensemble de bifurcation, pour des valeurs fixes de **c** et **a**, respectivement. Dans le cas le plus général, ces valeurs sont des fonctions complexes des paramètres **a**, **b** et **c** pour a_c , de **a**, **b** et **a** pour c_c . Dans certains cas spécifiques comme ceux présentés dans les sections précédentes, le paramètre a_c peut être exprimé de manière simple en fonction de **a** et **b** (explicitement, $a_c=(8|a|^3/27b^2)^{1/2}$).
- p. 135 § 2 Dans son article, J. Petitot utilise la morphologie archétype de capture de R. Thom (la section principale **12b** de la fronce)
 § 6 la part statique, inerte, est prise en compte par les paramètres (**a,b**),

- dernier § une distinction claire est faite entre les paramètres codés biochimiquement (**a,b**)
- p. 136 lég. fig.10 (section **12b**, **u** augmente à **v** constant)
- § 1 La nouvelle représentation de la fronce révèle le double niveau de l'*étant* et de l'*Être*, avec les *étants* représentés par les potentiels archétypes en conflit des points **A** et **B** (coordonnées (**a,b**),
- p. 138 § 1 Mathématiquement, ceci définit une boule de rayon $R(\mathbf{a},\mathbf{b})=m(\mathbf{a},\mathbf{b})-|a/6|^{1/2}$, $m(\mathbf{a},\mathbf{b})$ étant racine réelle positive de l'équation $4m^3+2am-b=0$. La caractéristique de l'*étant*, à savoir le rayon de la boule, est ainsi entièrement définie par la donnée des paramètres **a** et **b**
- p. 139 ligne 1 un couple de coordonnées différent **A(a₁,b₁)** et **B(a₂,b₂)**; donc au plan ontique, les boules peuvent avoir des rayons différents $R(\mathbf{a}_1,\mathbf{b}_1)$ et $R(\mathbf{a}_2,\mathbf{b}_2)$.