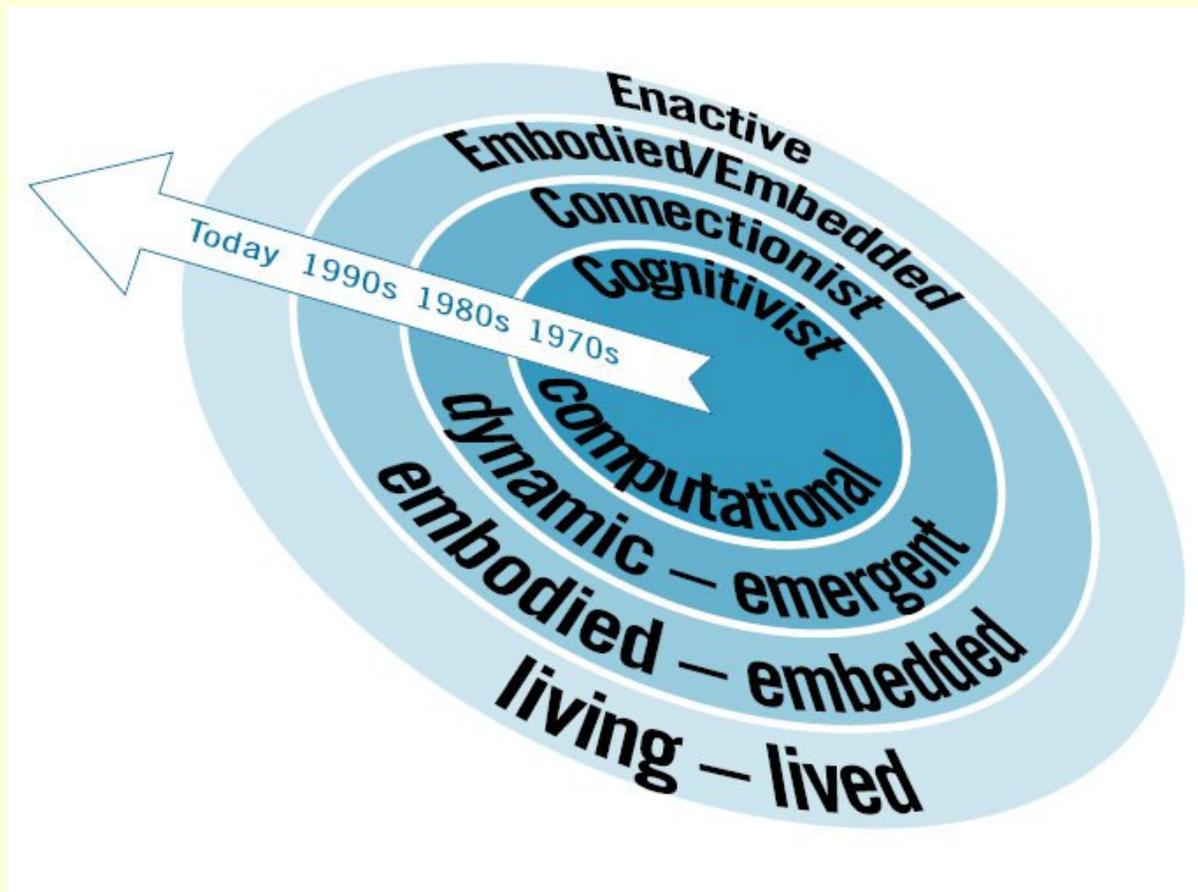


# Qu'est-ce qu'un concept scientifique ?

L'exemple de l'énaction de Francisco Varela.

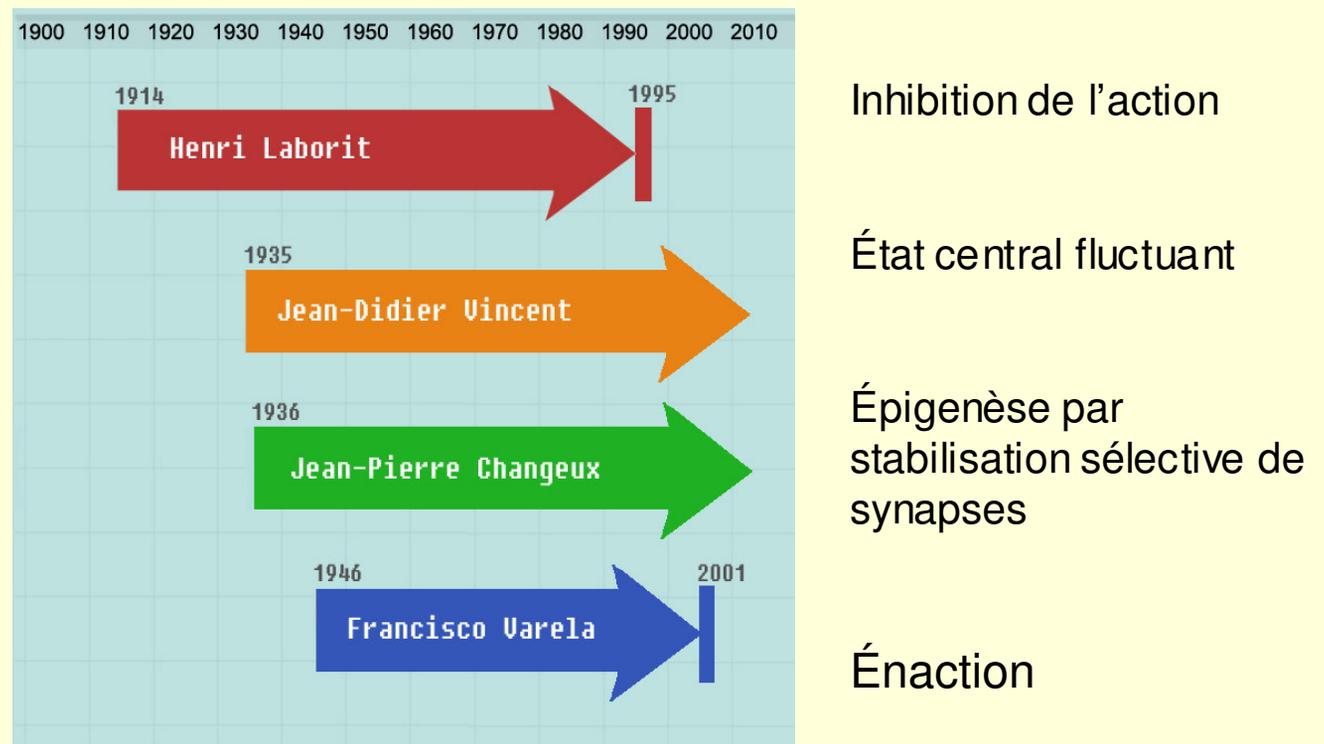
- Une introduction -



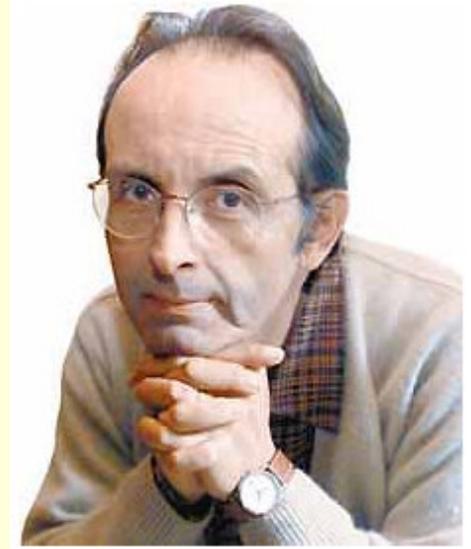
Au début de la session, j'avais annoncé comme titre pour ce cours :  
« Les concepts en science : comment naissent-ils ? » Et je pensais vous présenter sommairement un concept élaboré par chacun de nos 4 personnages...

Mais comme la semaine passé on a dû se limiter à présenter les 2 premiers grands paradigmes en sciences cognitives sur les 3 prévus, et comme l'énaction, qui est le concept que je voulais développer pour Varela est au cœur de ce 3e paradigme de la cognition incarnée, alors j'ai décidé de me concentrer uniquement sur l'énaction aujourd'hui.

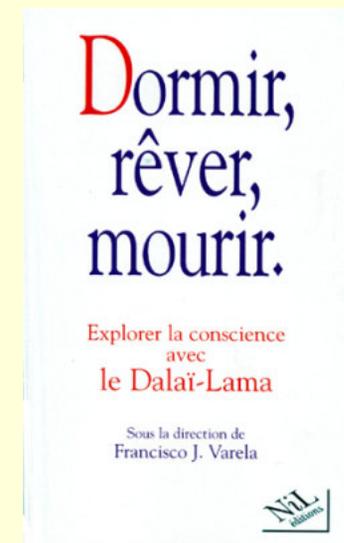
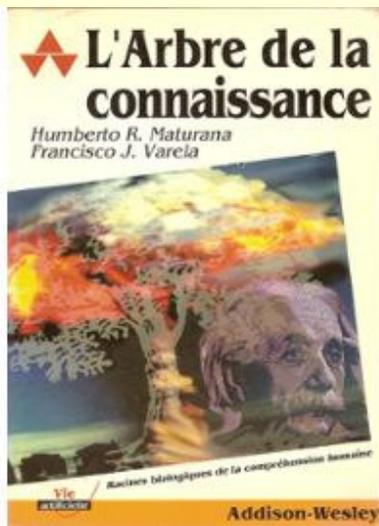
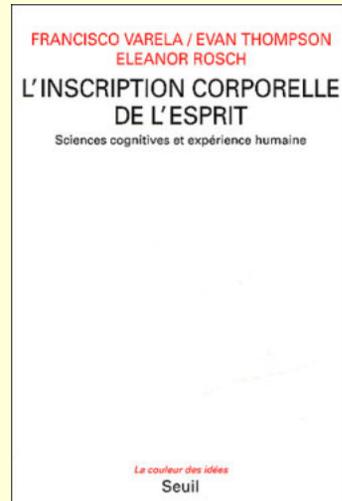
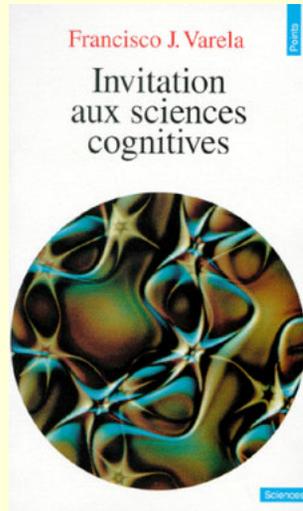
Un peu aussi pour compenser pour les autres cours, car Varela étant le plus jeune de nos 4 personnages, avec notre approche chronologique c'est celui dont on a le moins parlé depuis le début de Parlons cerveau.



Bien que j'ai lu ses livres et que je m'intéresse à lui depuis plusieurs années maintenant, je suis loin d'être un expert de Varela et je ne peux vous transmettre que les grandes lignes de ses idées riches et complexes...



Francisco Varela



« Francisco et moi avons beaucoup en commun. En fait, j'ai passé trois mois au CREA, à Paris, avec lui en 1990, et pendant ce temps j'ai écrit la plus grande partie de mon livre « La conscience expliquée ».

Pourtant bien que Francisco et moi soyons des amis et des collègues, je suis d'une certaine manière son pire ennemi, **parce qu'il est un révolutionnaire et que je suis un réformiste.** »

- Daniel Dennett

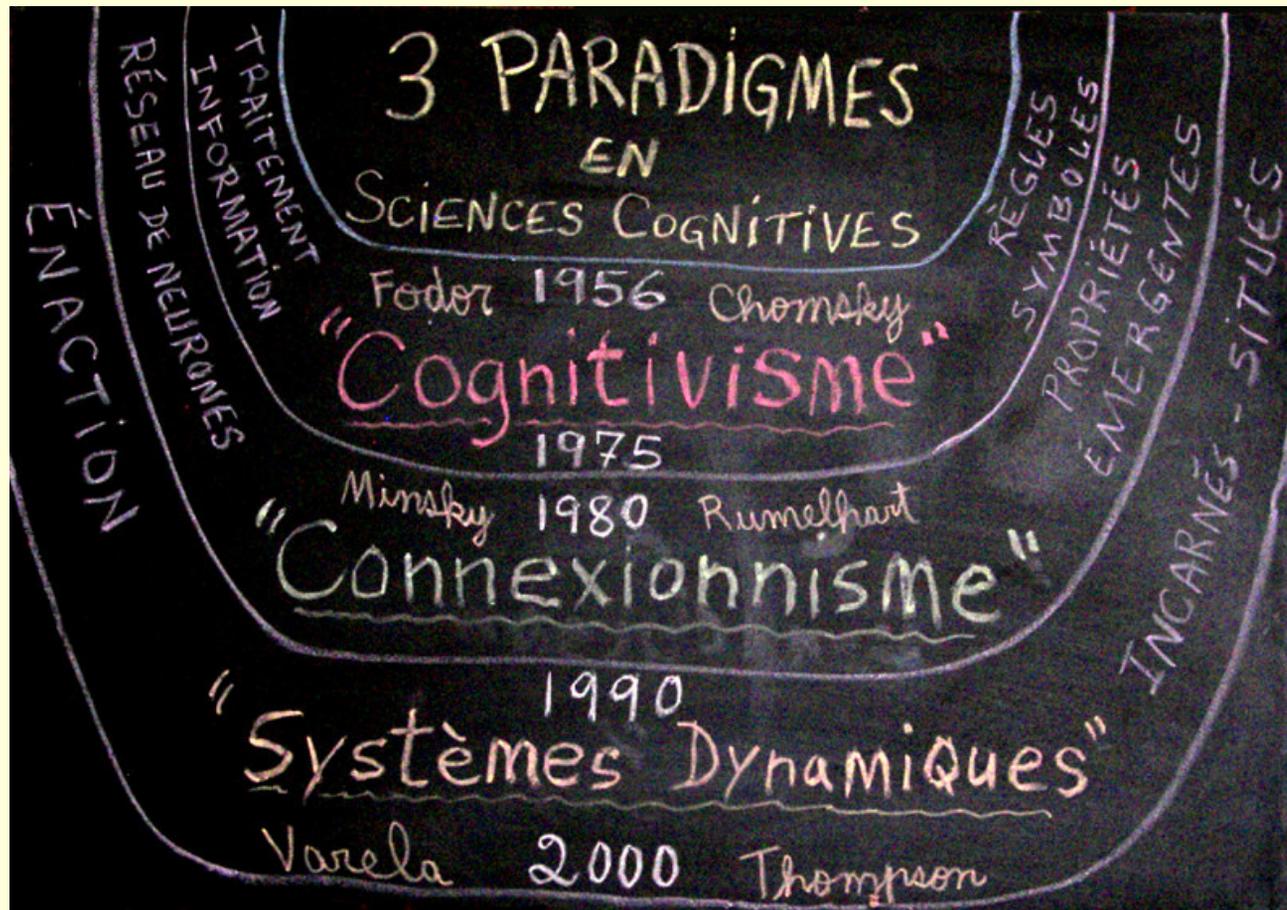
Source : [http://www.edge.org/3rd\\_culture/varela/varela\\_print.html](http://www.edge.org/3rd_culture/varela/varela_print.html)

Je vais donc ce soir vous parler d'un révolutionnaire (un autre, Laborit en ayant été un à sa façon aussi...).

Mais pour parler révolution, donc du changement radical dans un ordre (ou un paradigme) établi, il faut évidemment connaître un peu cet ordre pour apprécier le changement !

C'est cet ordre (= paradigme dominant) dans les sciences cognitives que j'ai essayé de vous présenter à la dernière séance

[le texte de ce cours est sur le site web de l'UPop]



Plan de la séance précédente, résumée dans les 4 diapos suivantes.

## Behaviorisme

À partir des années 1920...

Centrée sur l'influence de l'environnement sur nos processus mentaux.



Cerveau = "boîte noire" = ce qui s'y passe est, par nature, méthodologiquement inaccessible et inobservable.

On s'intéresse donc seulement aux **stimuli** qui s'exercent sur l'organisme et les **réponses** que donne cet organisme.

## Cognitivism

Domine les sciences cognitives du milieu des années 1950 aux années 1980.

Il s'intéresse à l'esprit qu'il compare à un ordinateur.



Ici, la cognition c'est le traitement de l'information :

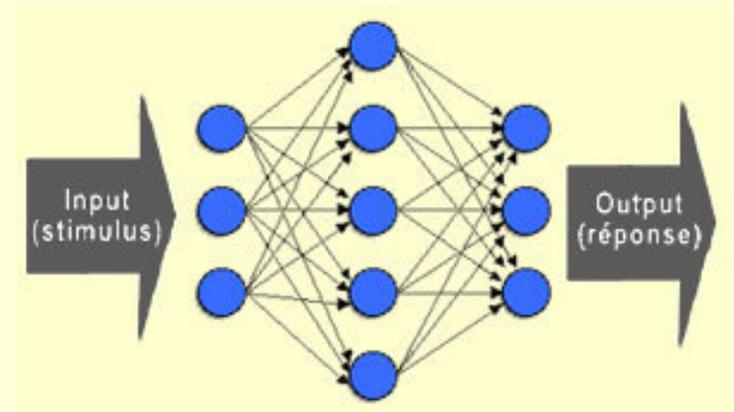
la **manipulation de symbole** à partir de règles.

Par n'importe quel dispositif pouvant **représenter** et manipuler des symboles.

## Connexionnisme

Commence à remettre en question l'orthodoxie du cognitivisme au début des années 1980.

Il prend en compte le **cerveau** et essaie de comprendre la cognition avec des réseaux de neurones.



Ici, la cognition c'est **l'émergence** d'états globaux dans un réseau de composants simples.

Elle est plus affaire d'entraînement que de programmation.

## Systemes dynamiques incarnés

Les **systemes dynamiques incarnés** vont critiquer les deux premiers paradigmes à partir du début des années 1990.

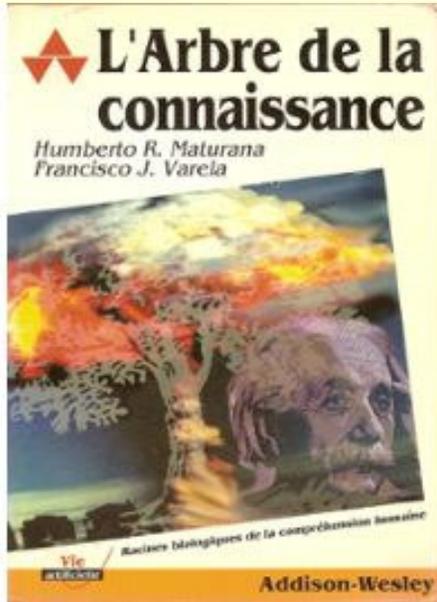
Ils vont prendre en compte non seulement le cerveau, mais le **corps** particulier d'un organisme et l'environnement dans lequel il évolue en temps réel.



Je me suis demandé quel petit dessin je pourrais mettre ici pour évoquer ce paradigme des systemes dynamiques incarnés.

Je me suis alors souvenu d'une petite anecdote...

... nous ne pouvons nous empêcher de connaître fait émerger un sens dans nos vies dans un couplage non pas parce que le langage nous révèle nous-mêmes mais parce que nous sommes constitués de langage dans lequel nous faisons émerger avec nous-mêmes ce que nous découvrons dans ce couplage. Une référence préexistante à l'origine, mais comme une référence à l'avenir de notre être dans le devenir de notre vie que nous construisons nous-mêmes.



Ayant eu de la difficulté à trouver « L'arbre de la connaissance » en français, j'ai photocopié l'exemplaire de ma bibliothèque pour le lire et l'annoter plus librement. Je me suis alors demandé pourquoi les auteurs avaient placé, à la fin de chaque chapitre, le dessin de ce petit lézard...

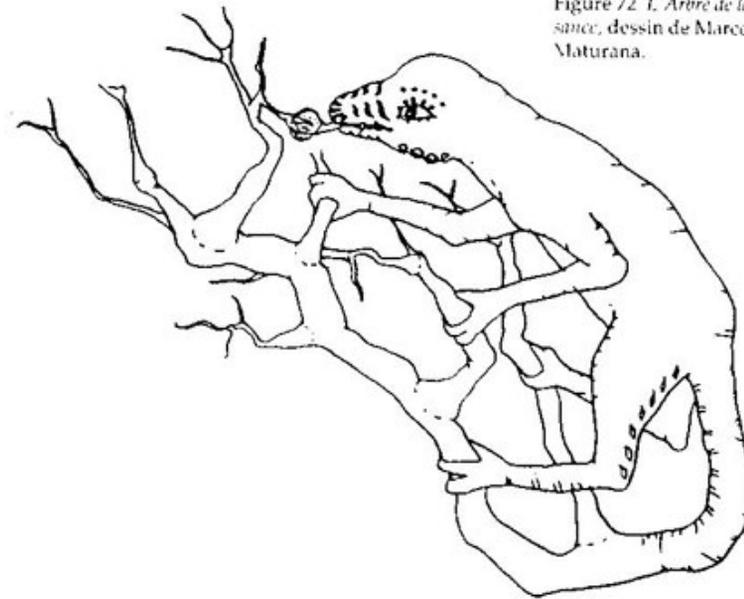


Figure 72. L'Arbre de la connaissance, dessin de Marcelo Maturana.

– sentir, voir, construire, préférer, rejeter, converser – comme un monde constitué en coexistence avec d'autres personnes grâce aux mécanismes que nous avons décrits. Si nous avons persuadé notre lecteur de porter sur lui-même le même regard que sur ces phénomènes, ce livre aura atteint son premier objectif.

Ce faisant, bien sûr, nous nous sommes placés dans une démarche circulaire. Cela peut nous donner un léger vertige, comme en suivant les mains dessinées par Escher. Ce vertige résulte de l'absence d'un point de référence stable auquel nous pourrions anchorer nos descriptions afin d'affirmer que

nous ne pouvons nous tenir sur un terrain ferme et stable. Le monde n'est pas ce qu'il nous apparaît. Ce n'est que tout en vivant l'existence que nous pouvons nous en rendre compte. Le monde est rempli de tant, de r

À ne pas se laisser aller à une raide, éviter l'objet. Notre première méditation. Pendant que nous sommes sans aucun doute nous-mêmes et nos affinités globales. Le monde, la coexistence, nous combinons typiquement regardons.

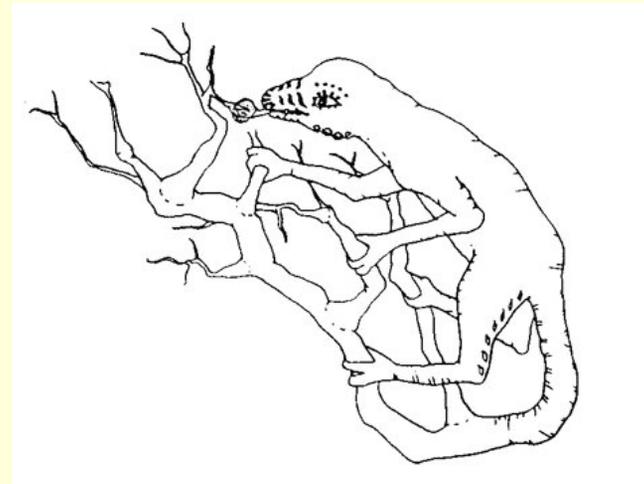
Nous nous sortons du cognitif. Le divin – la

...jusqu'à ce que, au dernier chapitre, le lézard en question n'étant plus placé au bas d'une page mais plutôt en haut, je remarque la fusion de la queue et de la branche !

## Systèmes dynamiques incarnés

Les **systèmes dynamiques incarnés** vont critiquer les deux premiers paradigmes à partir du début des années 1990.

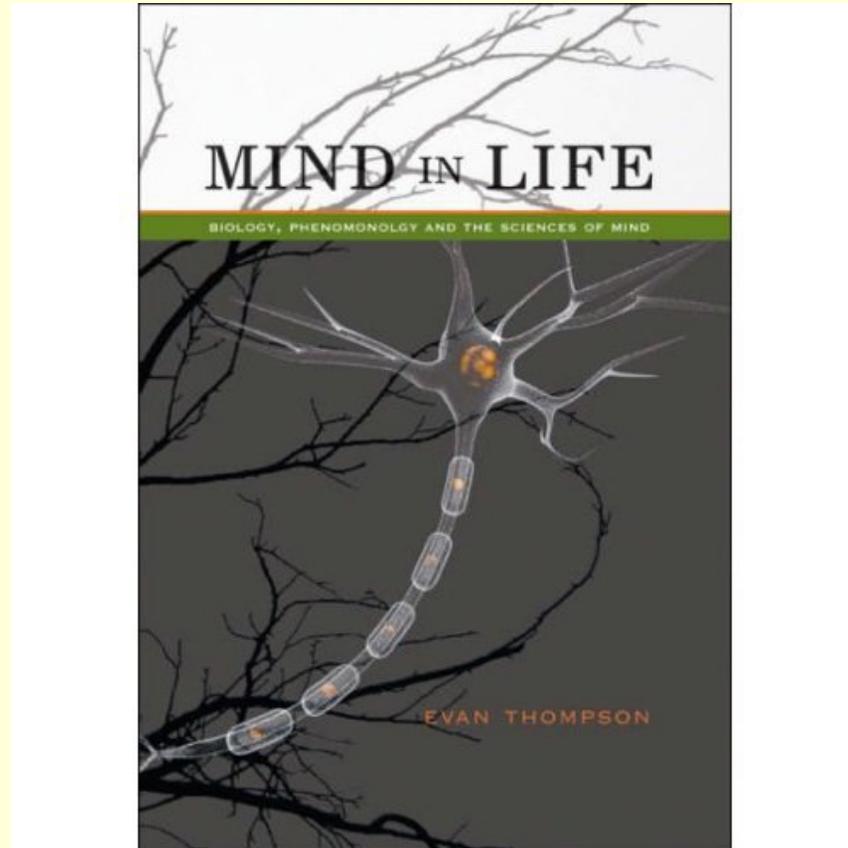
Ils vont prendre en compte non seulement le cerveau, mais le corps particulier d'un organisme et l'environnement dans lequel il évolue en temps réel.



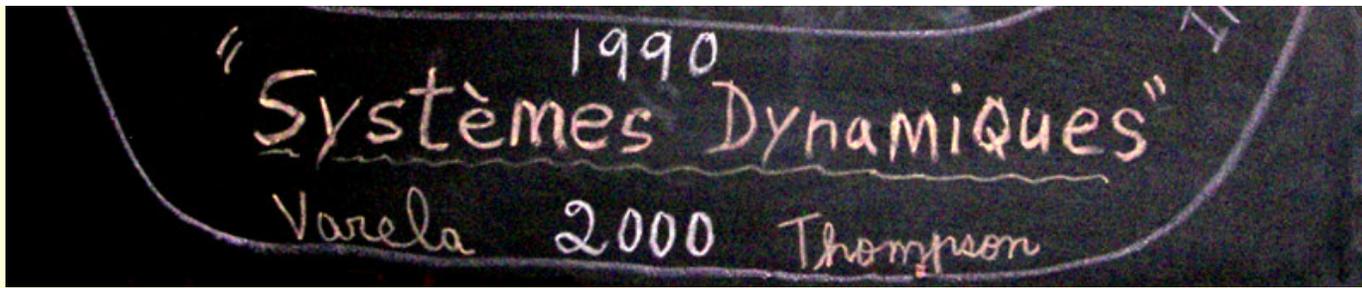
Ce dessin évoquant si justement l'idée de « couplage structurel » avec l'environnement chère à Maturana et Varela, je l'ai donc adopté comme logo pour ce paradigme (en retenant qu'il reflète peut-être surtout l'érection).

Durant la période de discussion de la dernière séance, on a fait remarquer que les paradigmes présentés accordaient **peu de place à des aspects de l'être humain pourtant prépondérant dans notre expérience de tous les jours**, comme les émotions ou la conscience par exemple.

Retour vers la biologie et vers la neurobiologie **pour remettre « l'esprit dans la vie » :**



[ publié en 2007 par Evan Thompson, co-auteur avec Varela de « La cognition incarnée » (1991) et qui en constitue la « suite » ]



Le 3e paradigme : **Les approches dynamiques incarnées**  
("Embodied dynamicism", en anglais)

[ On parle aussi de « **situated cognition** », ou de « **embodied cognition** » ou **cognition incarnée** en français...]

Les chercheurs de ce courant du début des années **1990**, pensent qu'on ne comprendra jamais la cognition si on la « sort » de **l'organisme particulier** qui pense.

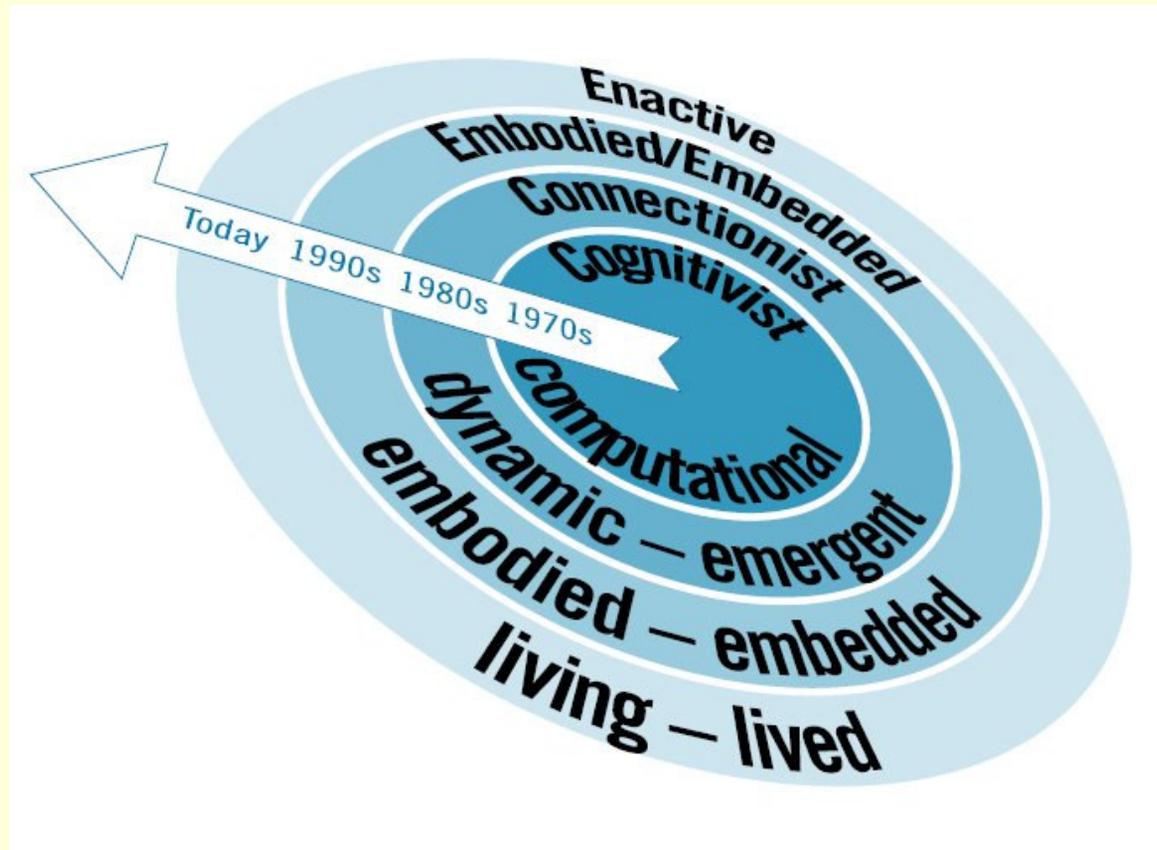
Car celui-ci se trouve toujours **dans une situation particulière** (« écologiquement située »).

Et cette situation concerne la **totalité du système** formée du **cerveau**, du **corps** et du **monde**.

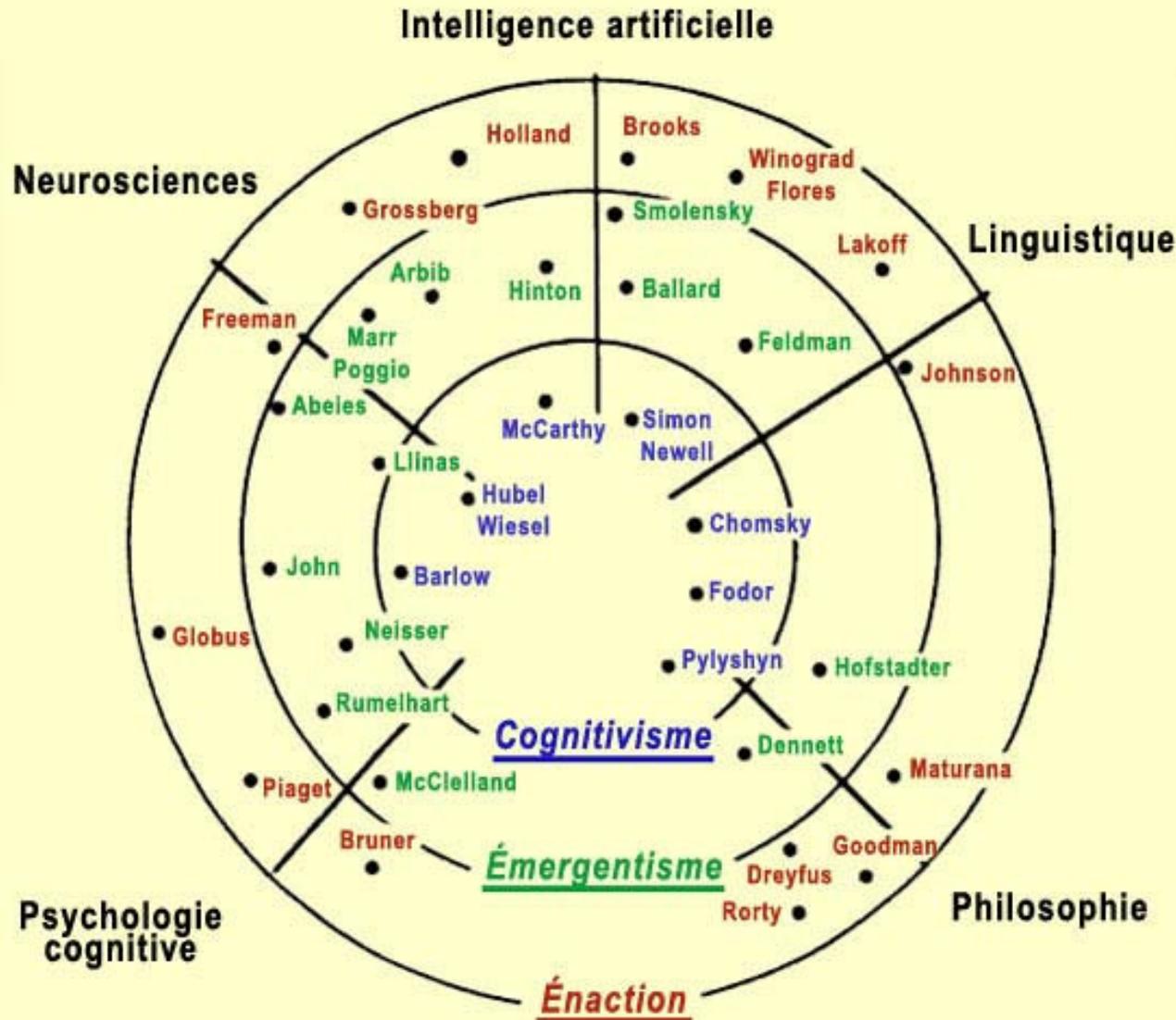
Bien entendu, il ne faut pas voir les différents **paradigmes** des sciences cognitives (les différents cercles concentriques ici) comme des époques étanches les unes par rapport aux autres.

Les nouvelles approches dynamiques incarnées vont d'ailleurs **retenir** certains éléments des paradigmes précédents, par exemple l'importance de l'**auto-organisation** dans les **systèmes connexionnistes**.

Cela dit, on note clairement une **distanciation progressive** d'une vue abstraite et computationnelle de la cognition vers une vue plus **dynamique** et incarnée.



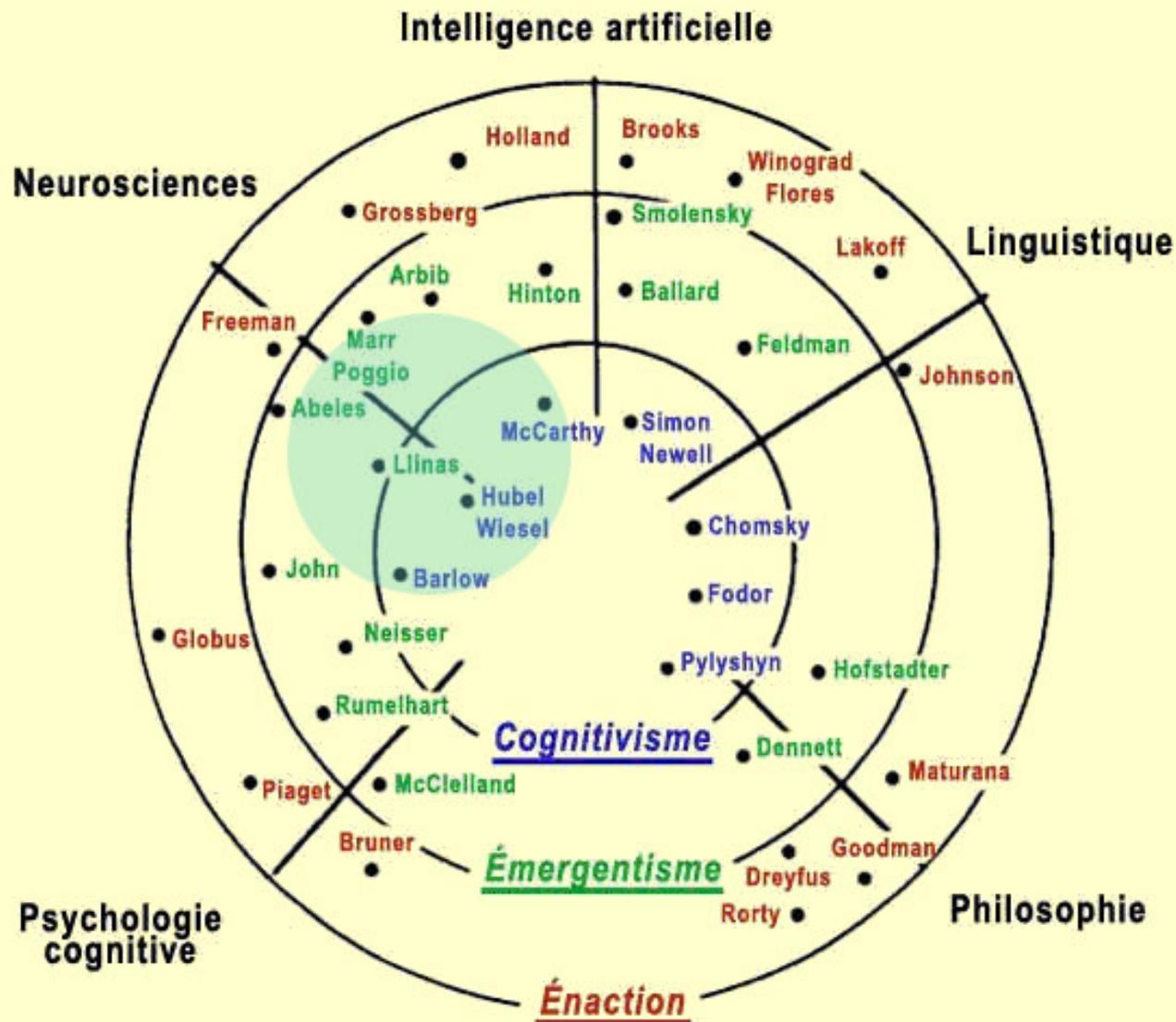
**L'état des sciences cognitives en 1991** vu par Francisco Varela.  
(le terme émergentisme étant équivalent ici au connexionnisme).



On voit les **cognitivistes** Fodor et Chomsky (linguistique); Simon, Newell et McCarthy (I.A.), etc.

Et puis des **connexionnistes** : les psychologues Rumelhart et McClelland, le philosophe Daniel Dennett, etc.

Et le 3e cercles avec des scientifiques de toutes ces disciplines que l'on va associer aux  **systèmes dynamiques incarnés**.



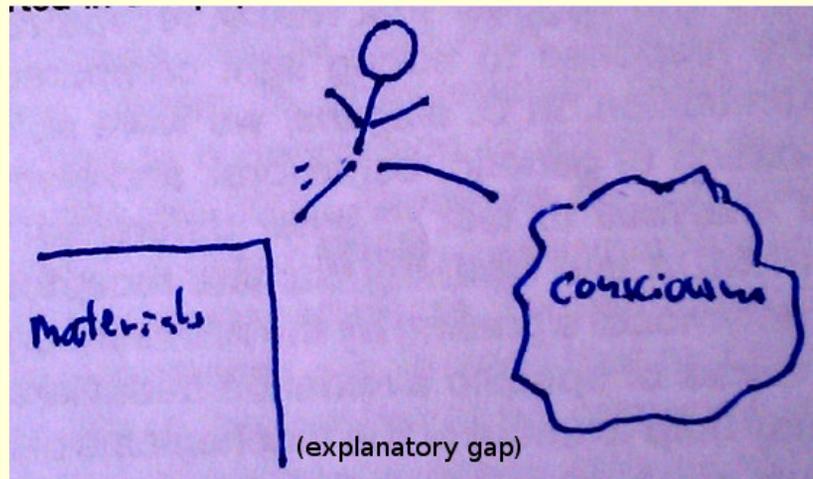
Donc début 1990 : une majorité de chercheurs en **neurosciences** travaillent avec, en arrière-plan, le paradigme de traitement de l'information du **cognitivism**,

ou bien des **réseaux connexionnistes**

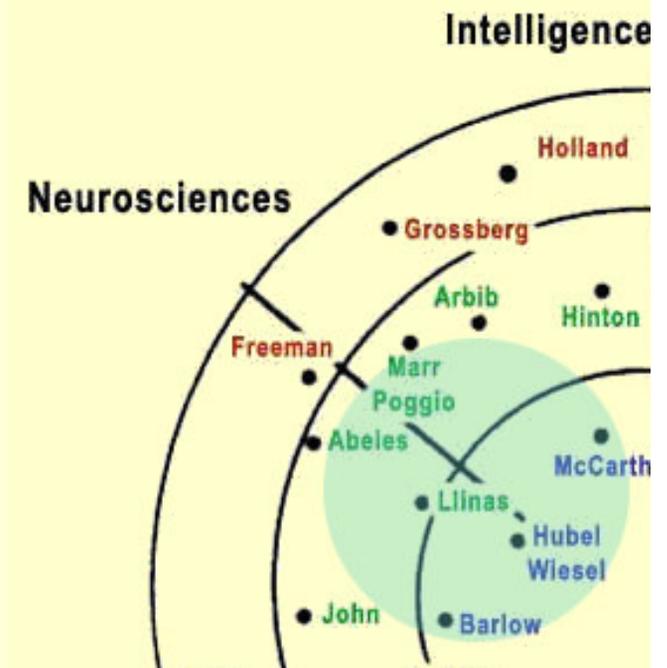
(mis à part Walter Freeman qui est un précurseur de l'approche dynamique en neurosciences).

Pour eux, il existe un monde indépendant de l'organisme qui doit être représenté dans le cerveau pour qu'il y ait cognition.

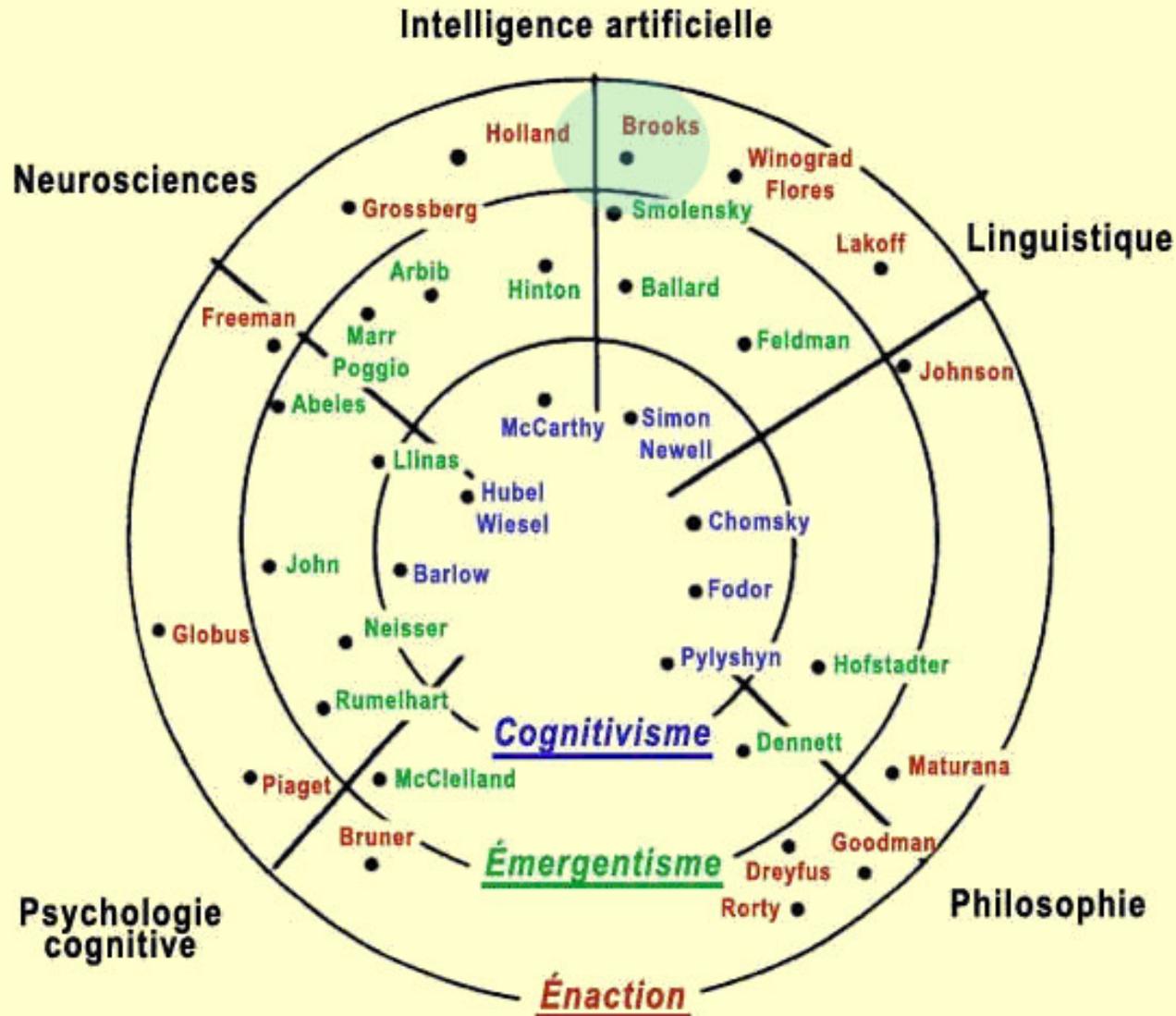
D'où la très difficile question du **“fossé explicatif”** («explanatory gap», en anglais) qui surgit entre les données scientifiques **matérielles** sur la cognition et les **expériences subjectives** humaines de notre vie de tous les jours,



ce que le philosophe David Chalmers a appelé le “hard problem” ou le problème difficile de la conscience.



On ne peut ici qu'effleurer quelques unes des approches dynamiques incarnés...



Comme ce qu'on a appelé la **robotique située** (« situated robotics »), avec **Rodney Brooks**, qui a relancé dans les années 1980 l'ancienne robotique basée sur l'intelligence artificielle (IA) cognitive traditionnelle.



Brooks disait : si l'on veut que des machines deviennent un jour « intelligentes », elles devront être conçues comme des agents **autonomes** dans un **environnement concret**,

i.e. en travaillant **de bas en haut** et non de haut en bas comme dans le paradigme cognitiviste.

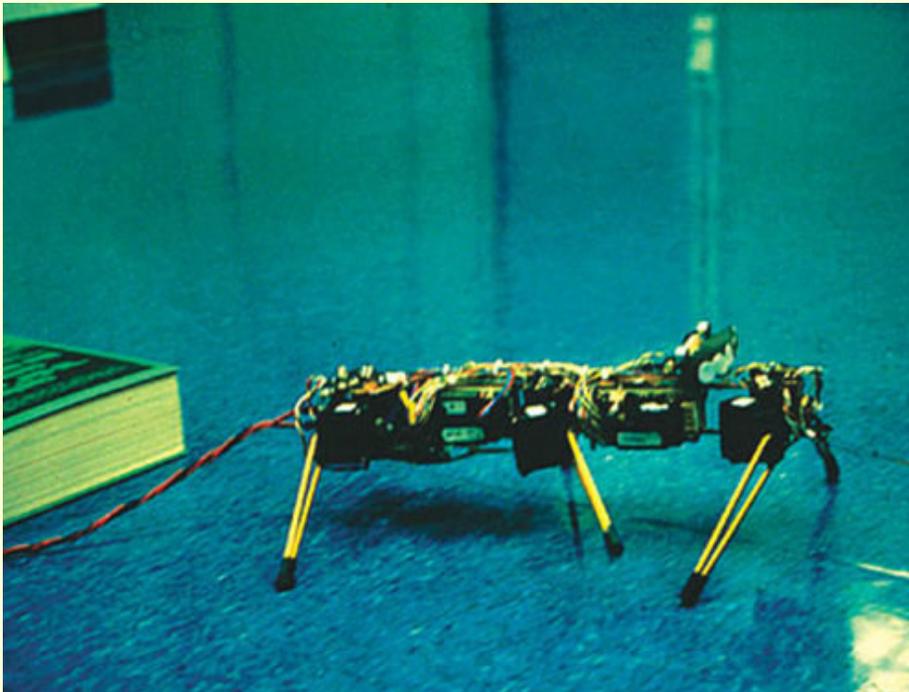
Donc des robots :

- plongés dans le **monde réel** avec lequel ils entrent en interaction (plutôt que répondre à des commandes abstraites);
- qui sont **incarnés**, c'est-à-dire qui ont un **corps physique** leur permettant de percevoir le monde et d'agir sur lui (sans jamais se faire de représentations complètes de ce monde).

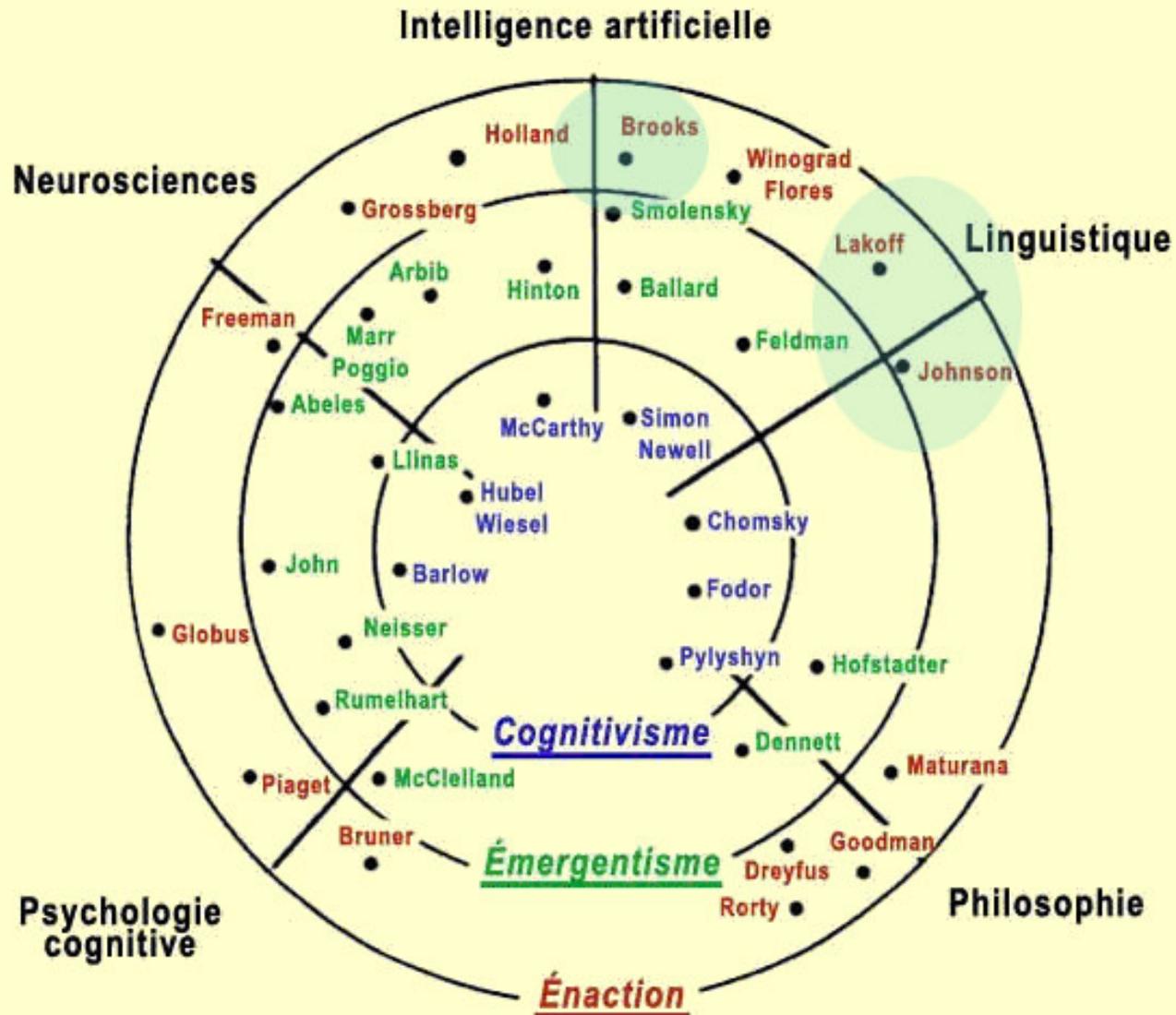
**Exemple** : pas nécessaire d'écrire un programme compliqué pour qu'un robot puisse longer un mur.

Seulement faire en sorte que notre robot ait une légère tendance à aller vers le mur en avançant, plus un dispositif qui détecte la présence du mur quand il est proche et fait alors dévier le robot en direction opposée.

En balançant correctement les deux tendances, le comportement de longer le mur **émerge** naturellement chez notre robot...



Cette approche incarnée a aussi eu d'importantes répercussions en **linguistique**.

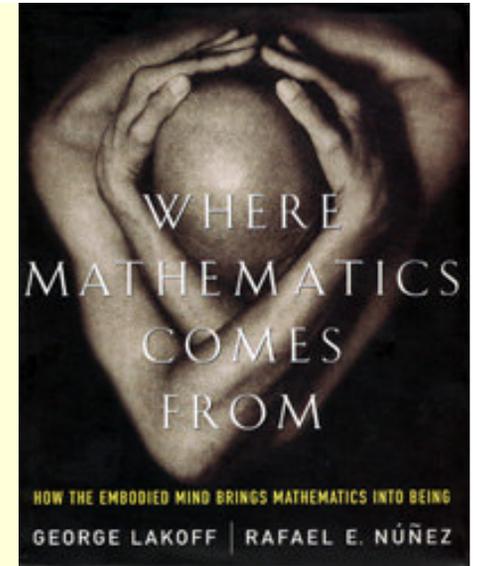


Alors que Chomsky avait mis l'accent sur la syntaxe, d'autres comme **George Lakoff** placent plutôt la **métaphore**, et donc la sémantique, au centre de nos facultés langagières.

En **1980**, la publication de ***Metaphors We Live By*** en collaboration avec **Mark Johnson**, inaugure ce qu'on appelle la **sémantique cognitive**.



Pour Lakoff, notre cerveau est si intimement lié au corps, que **les métaphores qui en émanent sont nécessairement puisées dans ce corps** et son rapport au monde.



Même si ces métaphores seraient largement inconscientes et difficiles à déceler parce que souvent trop éloignées de leur origine pour être remarquées.

**Exemple** : la métaphore la plus souvent utilisée pour un débat intellectuel est, quand on y pense bien, celle du **combat** :

il a gagné le débat, cette affirmation est indéfendable, il a mis en pièce tous mes arguments, cette remarque va droit au but, etc.

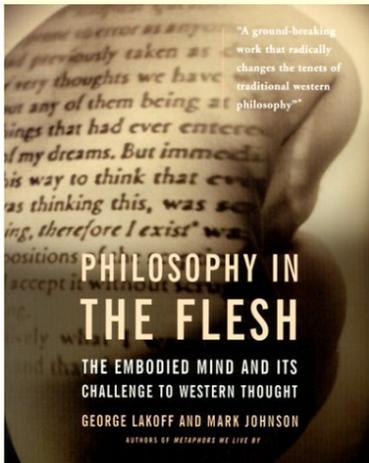


Mark Johnson a de son côté identifié des **schèmes ou d'images** qui nous viennent **directement de l'expérience corporelle** (celle de la source, de la voie et du but, du récipient, etc).

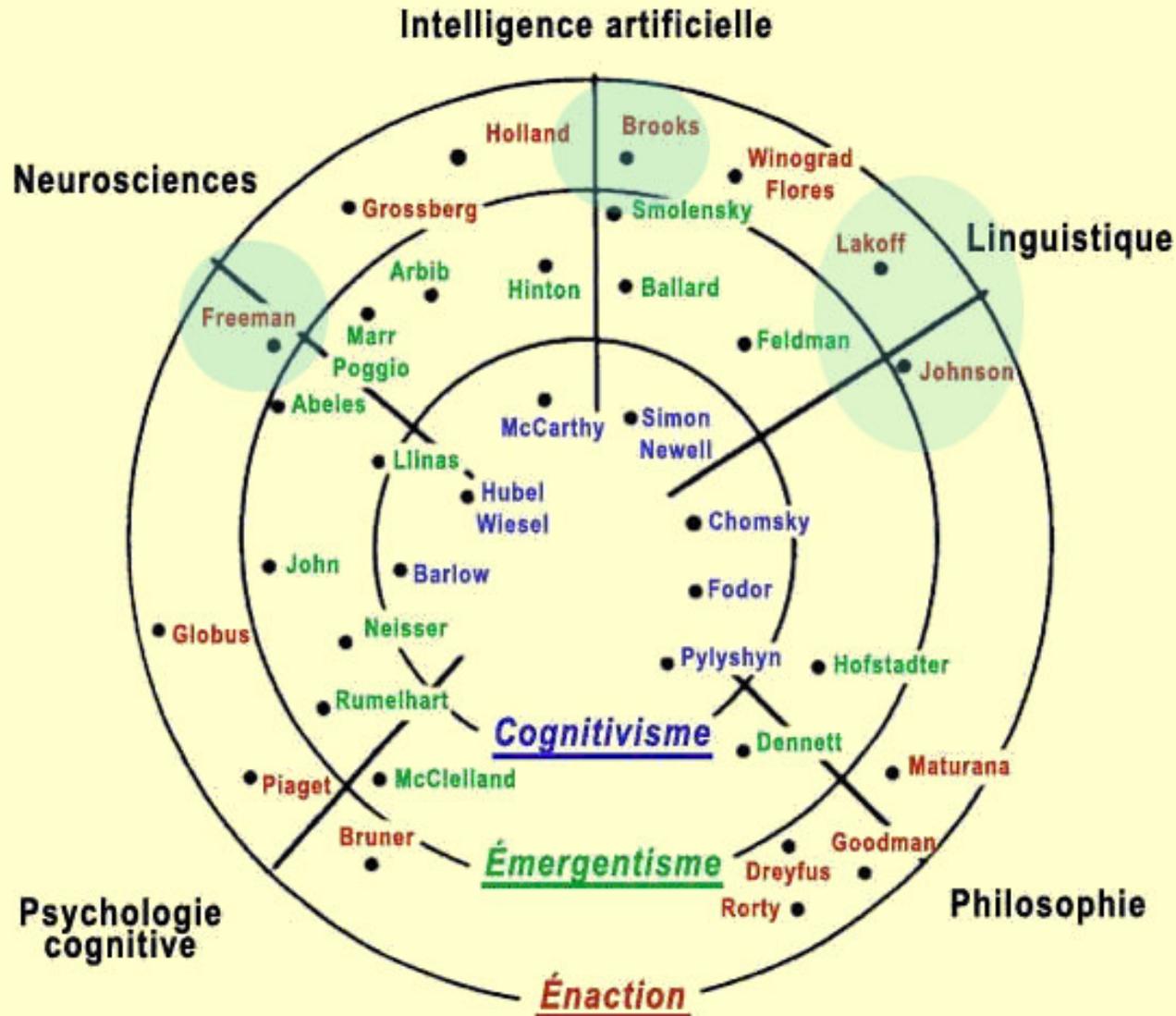
Et ces schèmes peuvent être **projetés métaphoriquement** pour structurer des domaines cognitifs entiers.

**Exemple**: l'image de l'intérieur et de l'extérieur du corps, dont la logique élémentaire est « dedans ou dehors », a des projections métaphoriques dans plusieurs aspects de nos vies :

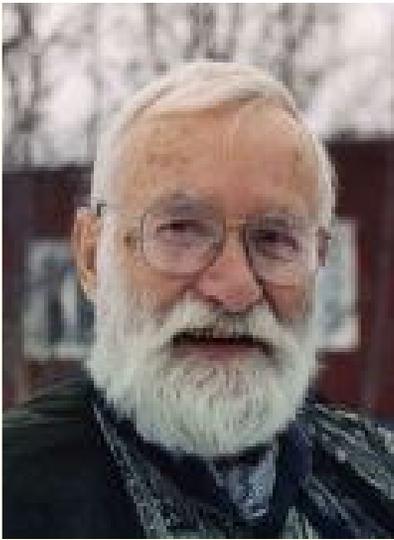
- le champ visuel (où les choses entrent et sortent),
- nos relations personnelles (entrer ou sortir en relation),
- la logique des ensembles (qui contiennent des éléments), etc.



## L'approche dynamique incarnée en **neurobiologie**...



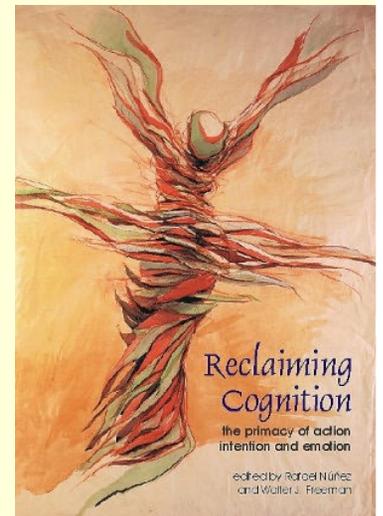
**Walter J. Freeman** constate que la connectivité neuronale du cerveau humain engendre une activité chaotique qui obéit, comme les phénomènes météorologiques, aux lois de la **dynamique non linéaire** (ou « chaos déterministe »).



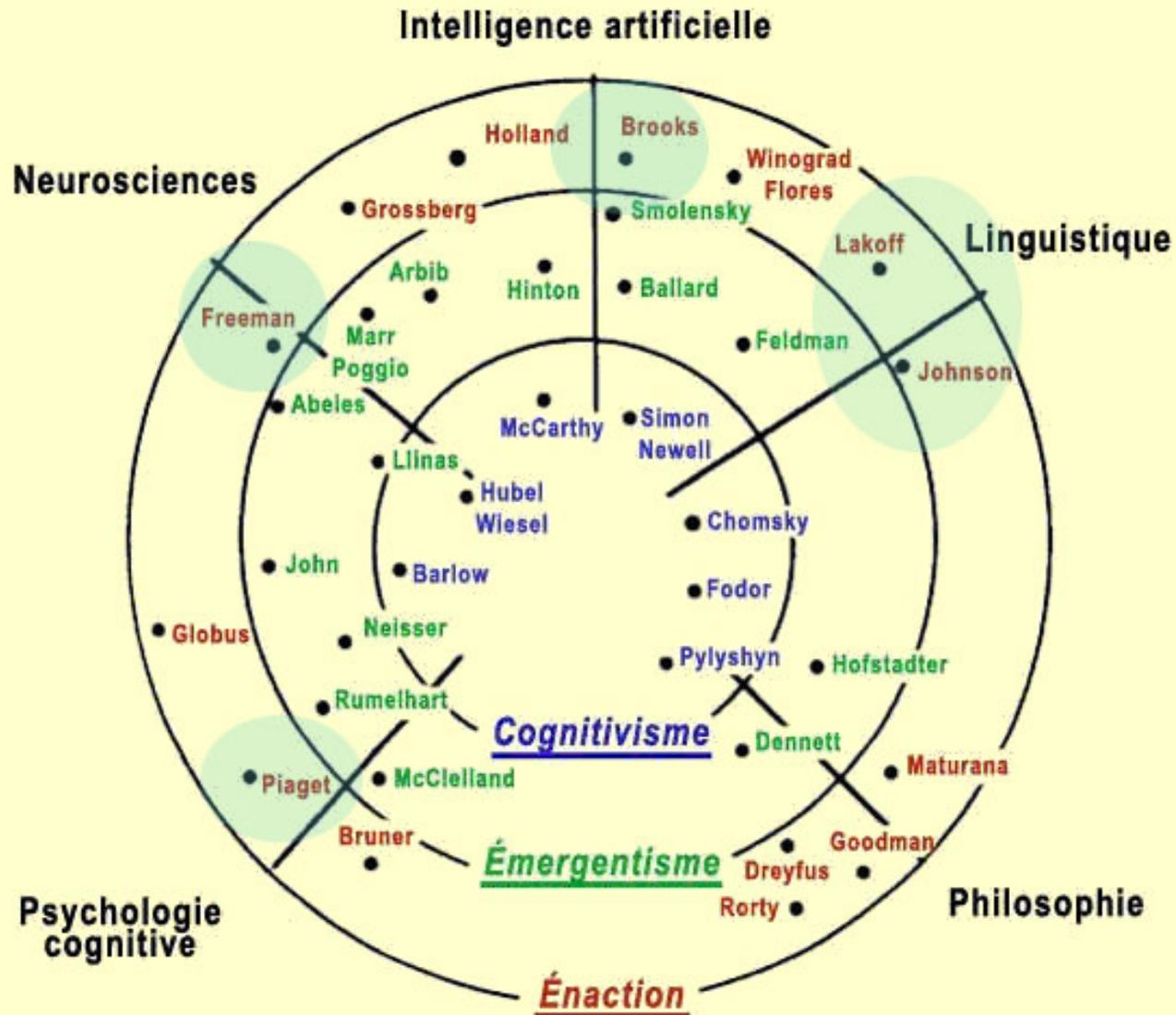
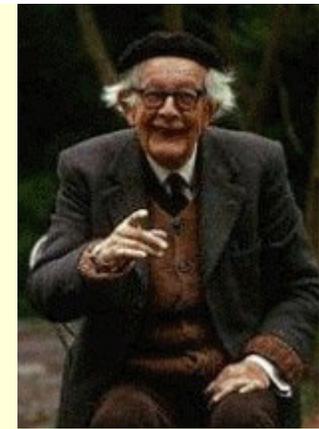
Freeman montre que ces **fluctuations chaotiques** révèlent des régularités et une capacité de changements rapides et étendus, qui sont compatibles avec ceux de la pensée humaine.

De plus, les vastes assemblées de neurones qui changent ainsi **abruptement et simultanément de pattern d'activité** le font en réponse à un stimulus qui peut être très faible.

Cette déstabilisation d'un cortex sensoriel primaire atteint d'autres zones du cerveau où elle est "digérée" de façon spécifique pour **chaque individu**, en fonction du contenu de mémoire propre à chacun.



Et même chez le psychologue **Jean Piaget** (1896-1980), on retrouve une conception assez proche de l'énaction !

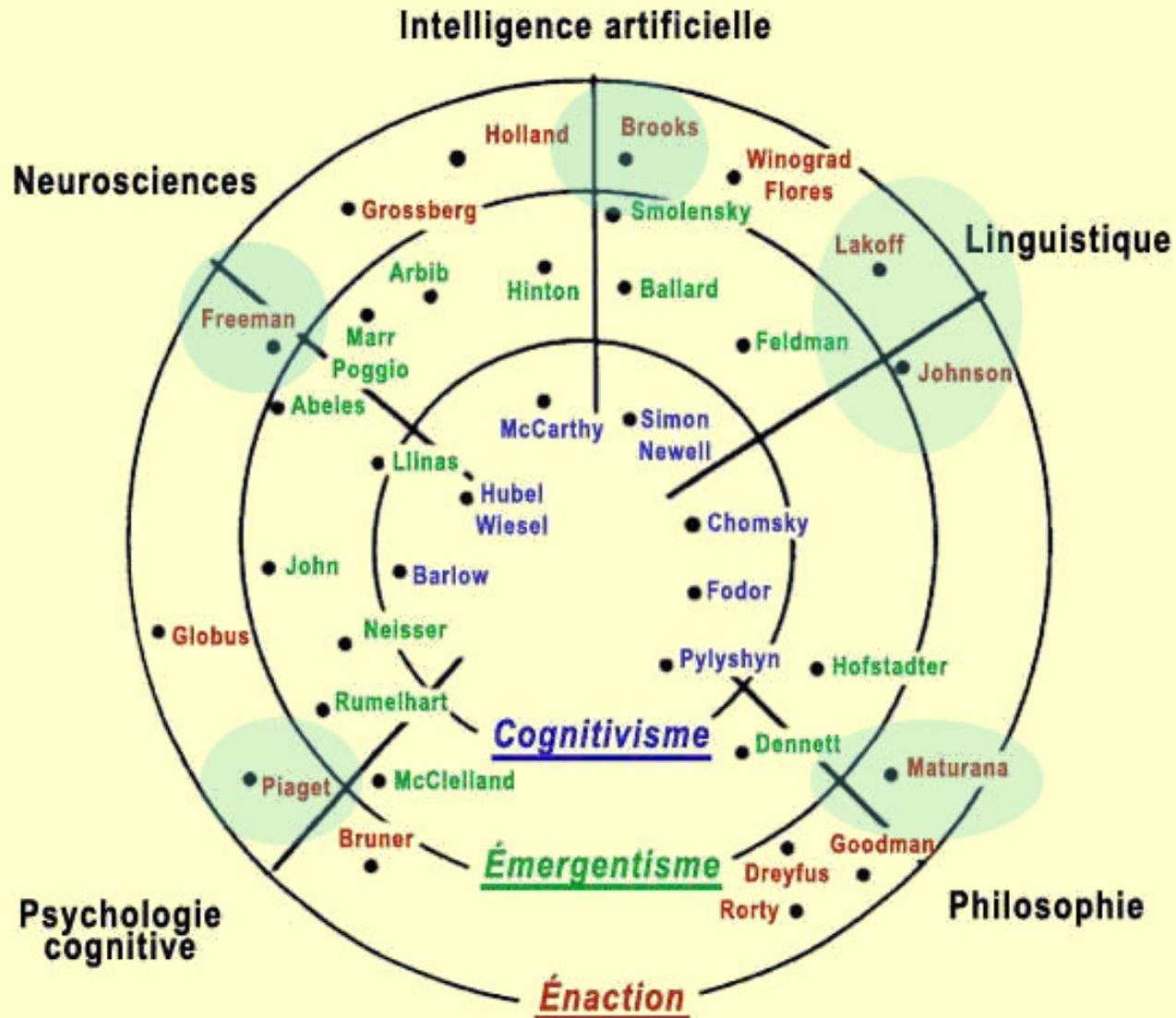


Mais alors que Piaget postule que le développement cognitif de l'enfant est façonné par les actions sensori-motrices, Varela y voit plutôt une co-émergence...

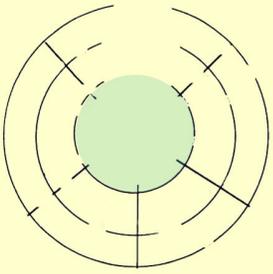
(on y revient dans un instant...)



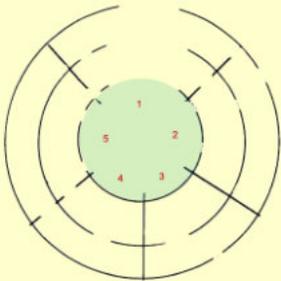
On en arrive enfin au concept d'énaction,  
et on va essayer de répondre à la question à 100\$ : « D'où est-il né ? » !



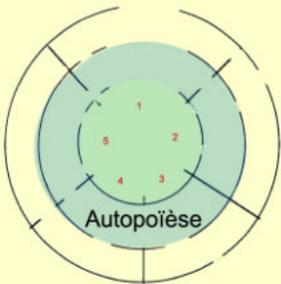
Un concept complexe comme celui de l'énaction est constitué de **plusieurs idées interreliées**, de sorte qu'on pourrait le présenter de bien des façons.



**Les cercles concentriques** nous ayant bien servi jusqu'ici, je vous propose donc une explication en plusieurs passages successifs.

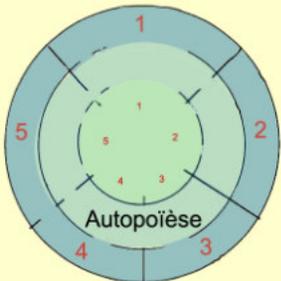


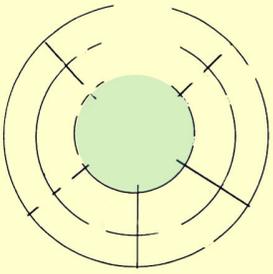
Chacun va nous permettre d'approfondir progressivement les riches idées qui fondent **l'énaction** et les liens qui les unissent.



Donc plusieurs niveaux dans l'explication...

Qu'est-ce que vous voulez, on ne fait pas le Cerveau à tous les niveaux depuis 10 ans sans que ça laisse des traces !



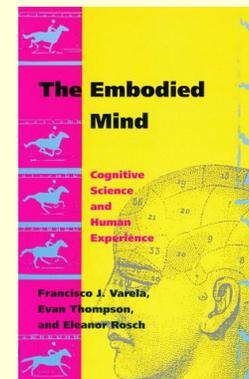


Dans un premier temps, on va simplement donner un **aperçu du concept** de l'énaction

et regarder à quelles difficultés ou limitations des sciences cognitives il répond.



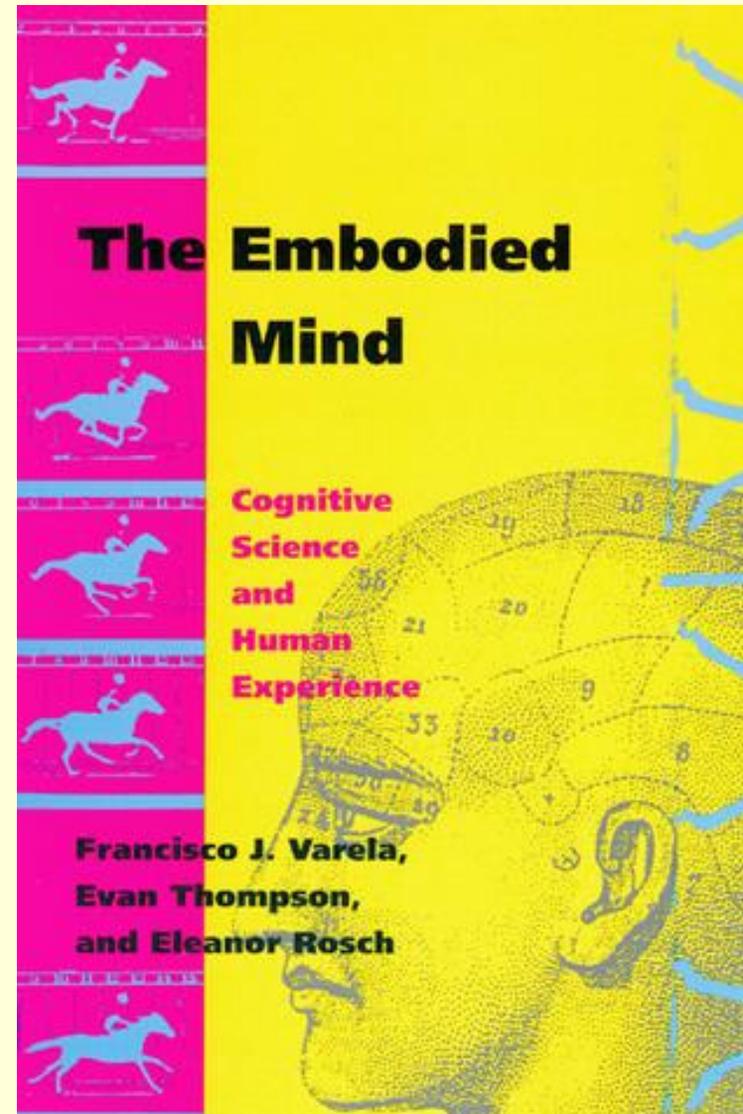
Le concept d'énaction est un néologisme de Varela surtout connu à partir de son livre « **The Embodied Mind** » (ou « L'inscription corporelle de l'esprit », en français), co-écrit avec Evan Thompson et Eleanor Rosch en **1991**.



Dans leur introduction, les auteurs observent que les sciences cognitives de l'époque **n'ont virtuellement rien à dire** sur ce que cela signifie d'être humain **dans les situations de la vie de tous les jours.**

À l'époque, comme on l'a dit à la séance précédente, on s'intéressait à la cognition humaine dans un sens assez étroit : nous demander ce que nous faisons **quand on résout un problème** ou **quand on essaie de se représenter** quelque chose.

Bref, le genre de chose qui était assez facile à modéliser avec les simulations par ordinateurs des modèles cognitivistes ou connexionnistes du moment...

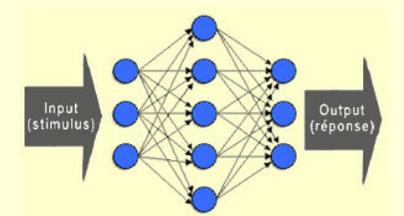


Varela et ses collègues ne vont pas nier tous les apports du cognitivisme et du connexionnisme mais ils les jugent **insuffisants**.

Par exemple, la **manipulation symbolique** du cognitivism

e n'est pas complètement rejetée par Varela, mais vue plutôt comme une description de niveau supérieur de propriétés qui se trouvent concrètement matérialisées dans un système distribué et interconnecté sous-jacent.

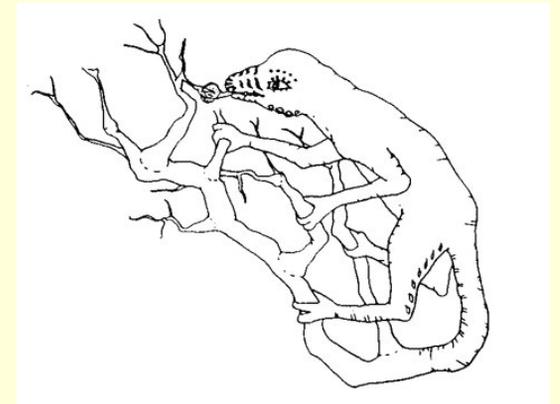
Et pour Varela, le réseau de neurones (celui du connexionnisme) peut donc servir à décrire adéquatement la cognition, mais **à condition qu'il puisse produire de la signification**...



Et pour qu'un tel réseau puisse produire de la signification, il doit non seulement **pouvoir agir sur son environnement** et **être sensible à ses variations**, mais il doit aussi nécessairement posséder une **histoire** qui **s'inscrit dans le corps et le cerveau** de l'organisme.

Car **ce qu'on observe concrètement à chaque jour**, c'est ça : des agents incarnés qui sont mis en situation d'agir et donc entièrement immergés dans leur perspective particulière.

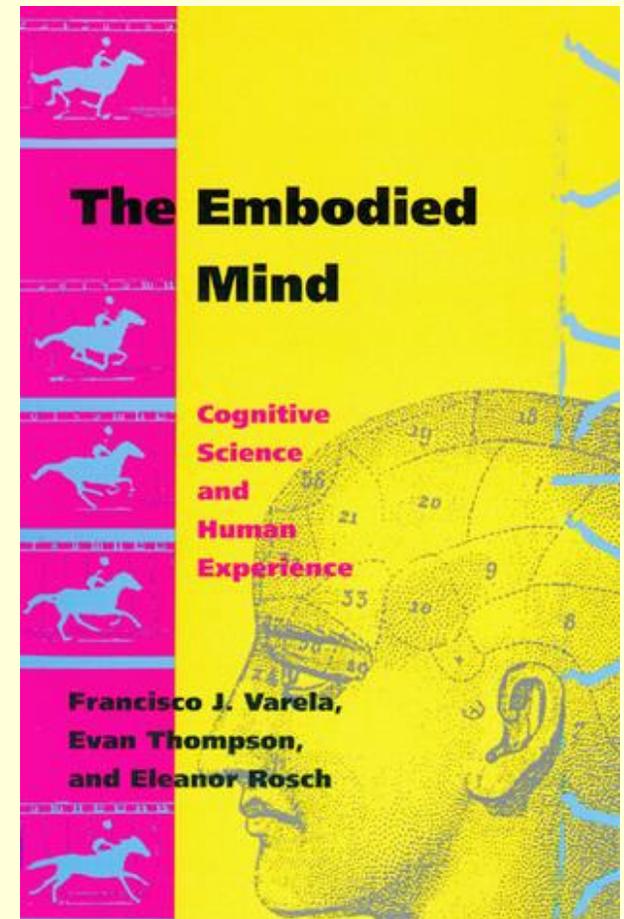
Pour Varela et ses collègues, voilà donc ce que le cognitivisme et les propriétés émergentes du connexionnisme passent sous silence : notre **expérience humaine quotidienne**.

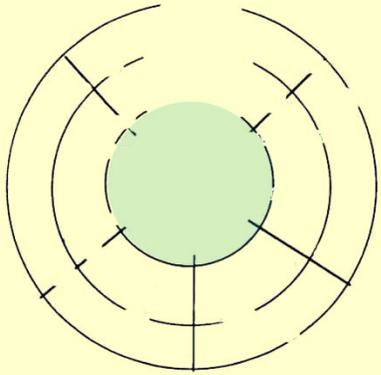


Dans The Embodied Mind, p.289, on peut lire :

« Tout comme le connexionnisme est né d'un cognitivisme soucieux d'établir un contact plus étroit avec le cerveau, ainsi le programme de **l'énaction franchit-il une étape de plus dans la même direction**; il vise à embrasser la temporalité de la cognition entendue comme **histoire vécue**, que cette dernière soit considérée au niveau de l'individu (l'ontogenèse), de l'espèce (l'évolution) ou des structures sociales (la culture). »

On entrevoit donc ici la vastitude du concept **d'énaction** qui amène une reconsidération non seulement de notre rapport à la connaissance, mais aussi de l'évolution et de la culture.

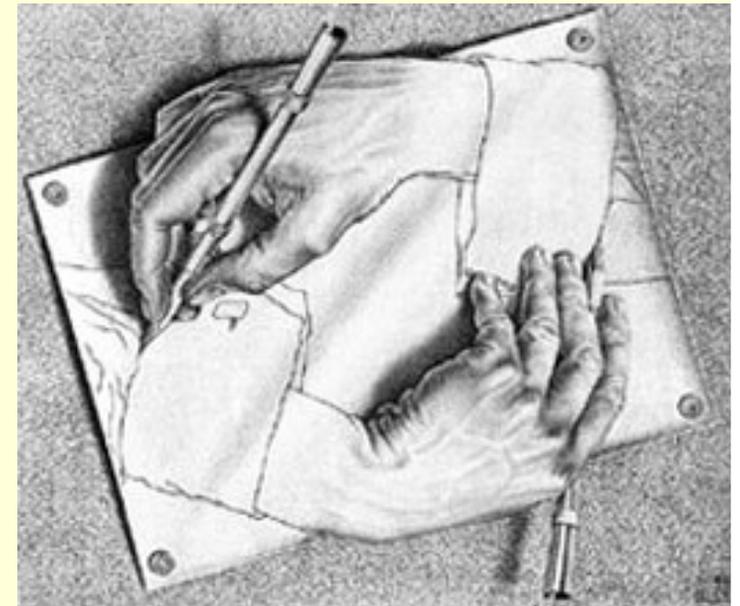




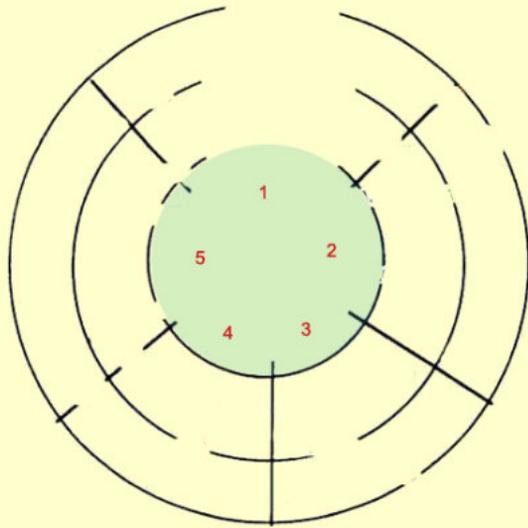
Pour clore ce premier aperçu, on peut reformuler en disant que :

loin d'être une machine à se représenter le monde et à trouver des solutions,  
le **système corps-cerveau** contribue plutôt à  
l'**avènement conjoint d'un « monde » et d'une pensée,**

pensée qui se constitue à partir de l'**histoire des diverses actions accomplies par ce corps dans le monde.**



Ce qui rappelle les mots du philosophe Jules Lequier qui parlait de  
« **faire et, en faisant, se faire** ».

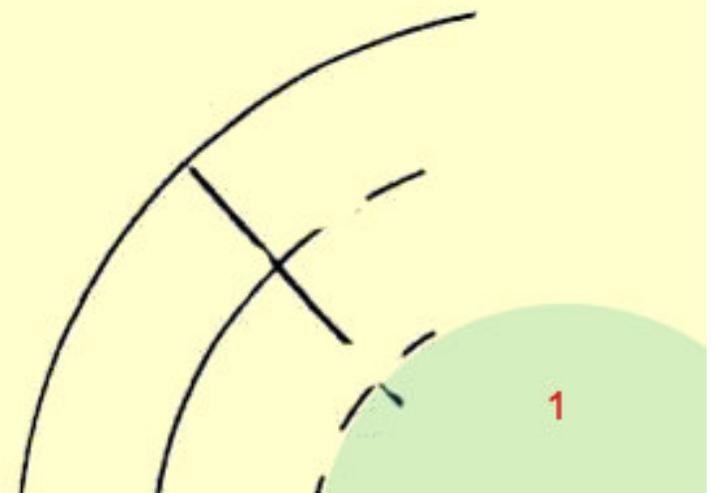
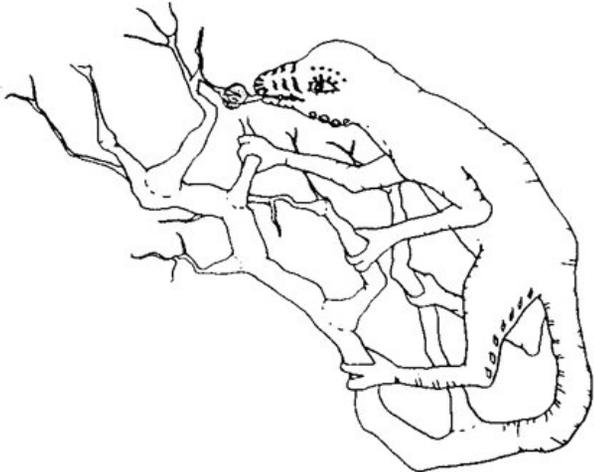


On peut maintenant tenter une approche de l'énoncé en énonçant le concept en **5 points sans expliciter pour l'instant chacun des points.**

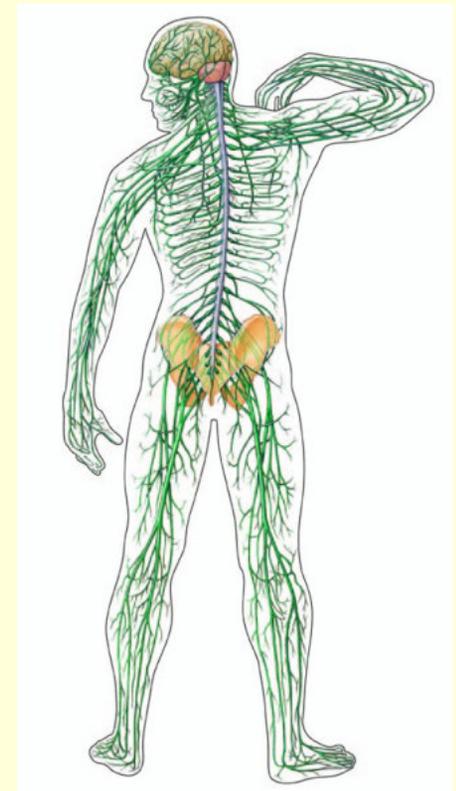
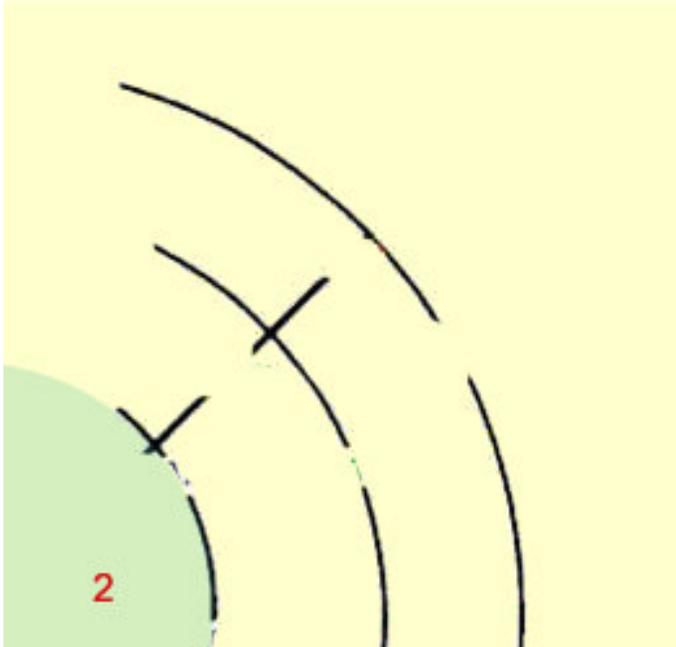
(plusieurs zones d'ombres vont sans doute persister, donc courage, on tentera de les éclaircir dans les passages suivants !)

1- la cognition est l'exercice d'un savoir faire par un organisme **incarné** et **situé** dans un environnement,

et c'est du **couplage sensori-moteur** de cet organisme avec cet environnement qu'émerge la cognition et la signification;



2- la cognition **s'incarne** donc dans un **corps** possédant un **système nerveux** qui est un système dynamique capable de générer et de maintenir des patterns d'activité cohérents, plutôt que de « traiter de l'information » en provenance du monde extérieur dans le sens computationnaliste;



M. C. Escher  
Exposition d'estampes



3- **le monde**, ici, n'est pas quelque chose d'extérieur et de prédonné qu'on se représente intérieurement;

le monde d'un organisme est mis de l'avant ou énacté par le couplage sensorimoteur de cet organisme avec son environnement;

le monde et l'organisme **se co-déterminent mutuellement l'un l'autre.**

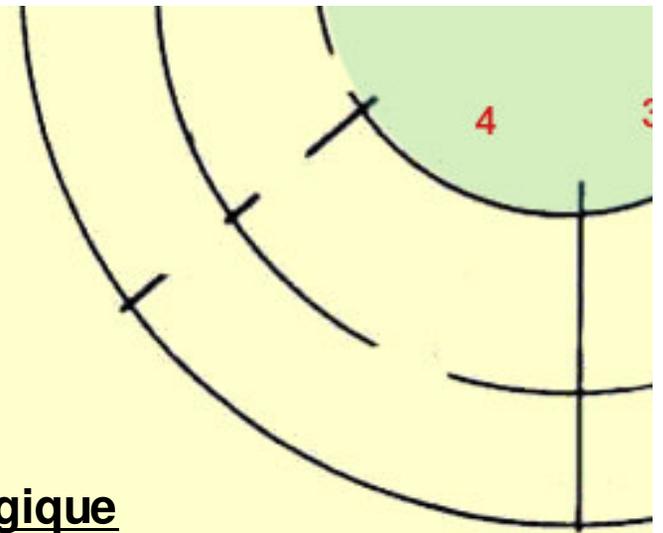
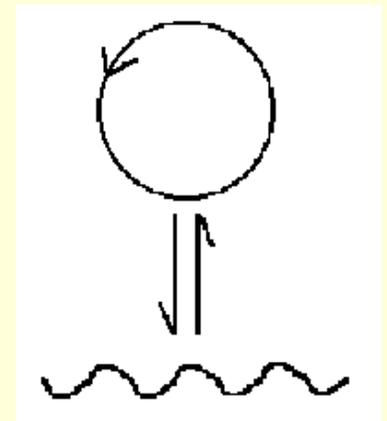
À cela s'ajoute deux autres points qui **distinguent**  
vraiment la démarche de **l'énaction** de Varela et ses  
collègues des autres démarches de cognition incarnée,  
et c'est :

4- la place centrale accordée à l'origine biologique des agents cognitifs autonomes;

les organismes sont vu comme des agents qui s'auto-génèrent et s'auto-produisent;

le mécanisme sous-jacent est l'autopoïèse, un autre concept développé par Varela avec Maturana au début des années 1970;

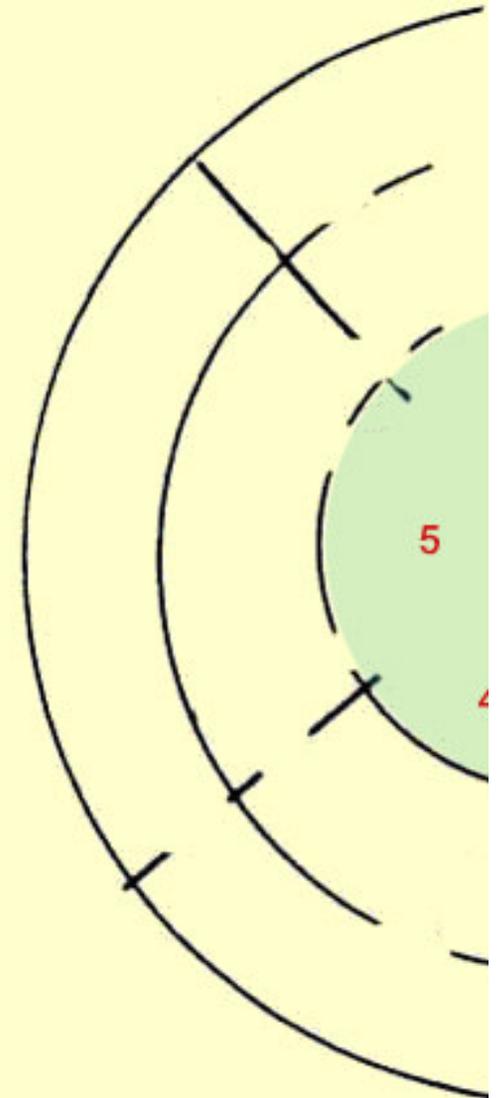
la vie et la cognition se trouvent ainsi intimement liées;

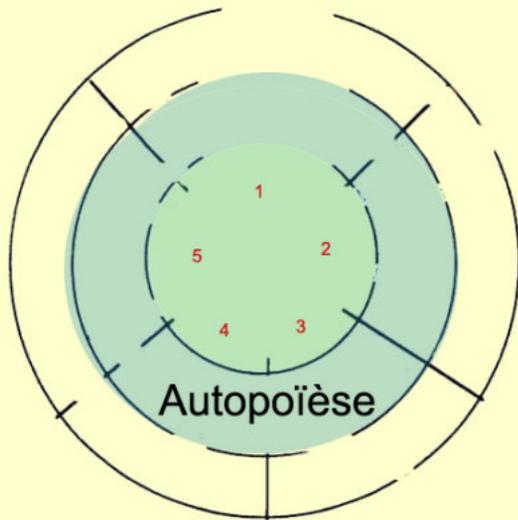


5- finalement, **l'expérience vécue** (subjectivement) n'est pas considérée comme un épiphénomène, mais comme quelque chose de central dans nos facultés cognitives;

quelque chose qui doit être investigué avec une **approche phénoménologique**, sans pour cela mettre de côté la rigueur scientifique de l'approche empirique conventionnelle qui doit se poursuivre en parallèle;

les deux sont complémentaires dans une démarche que Varela appelle « **neurophénoménologie** ».

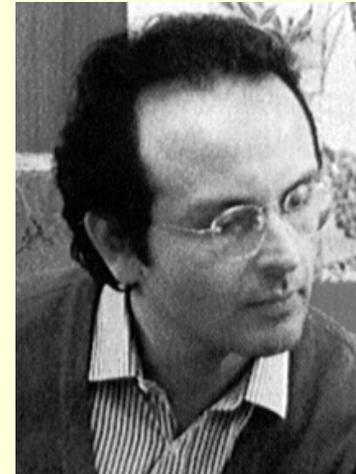
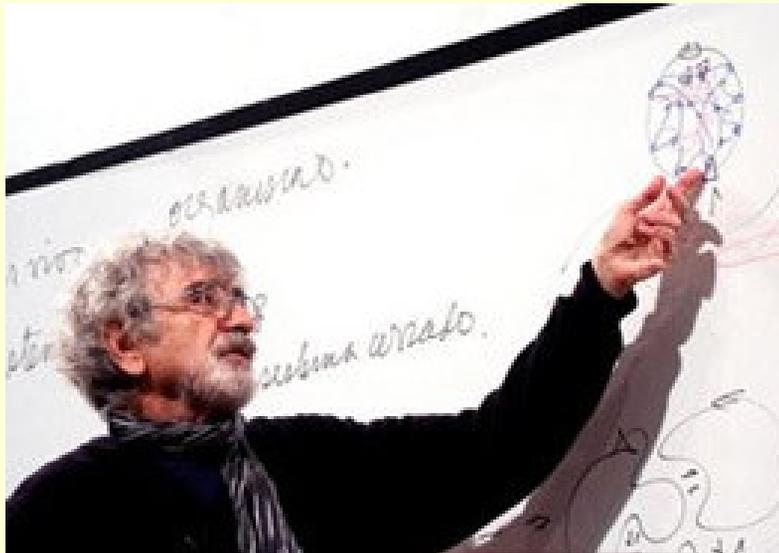




Dans le troisième passage, on va faire ce qu'on a fait plusieurs fois déjà avec Laborit durant ce cours, c'est-à-dire le **récit** d'un bout de la **biographie scientifique de Varela**.

Car pour comprendre d'où vient la profonde continuité entre la vie et la cognition dans l'énaction, il faut remonter au premier des deux points **qui distinguent la démarche de l'énaction** des autres démarches de cognition incarnée, celui sur l'autopoïèse.

Cette notion **d'autopoïèse** est issue des efforts de **théorisation de la biologie** par **Humberto Maturana et Francisco Varela** dans les années 1970.



Et on est chanceux parce que Varela a lui-même écrit un article en **1996** dans lequel il relate **comment est né ce concept d'autopoïèse**, ce que nous allons voir à l'instant...

■ *Research Paper*

# The early days of autopoiesis: Heinz and Chile

Requestors must comply with  
Copyright law (Title 17 U.S. Code)

Francisco J. Varela

[ cet article était en même temps d'un hommage à Heinz von Foerster ]

Dans l'introduction de l'article, Varela rappelle ses idées sur le rôle d'un **individu particulier** dans l'émergence d'une idée, rôle qu'il considère simplement comme un « **point d'accumulation** dans un réseau social »...

« Les idées, dit Varela, apparaissent comme des mouvements dans des réseaux historiques dans lesquels les individus sont formés, plutôt que l'inverse. »

[ une conception assez proche des déterminismes sociaux chez **Laborit**, et sa fameuse boutade sur le fait que Einstein n'aurait pas découvert la loi de la relativité s'il était né au XVe siècle en Éthiopie...]

Varela raconte donc justement qu'il a eu la chance d'être jeune dans la **période probablement la plus créative de l'histoire scientifique au Chili**, la décade des années 1960.

Après la fin de ses études secondaires en **1963**, il entre à l'Universidad Católica, attiré par un nouveau programme en « science biologique » après la 3e année de médecine.

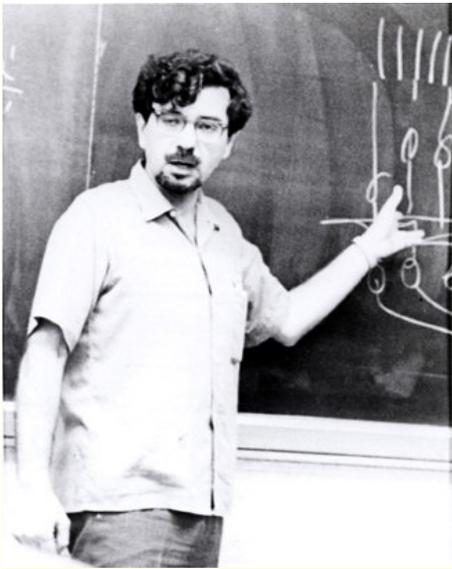
Dès sa première année, à 18 ans, il demande à l'un de ses professeurs, **Juan Vial**, s'il peut devenir son apprenti dans son laboratoire de biologie cellulaire. Vial lui donne la clé d'un petit local où Varela passe ses temps libres à colorer la gaine de myéline sur des coupes de tissus nerveux.

Ce même professeur lui conseille en **1965** de continuer sa formation au département de Science récemment ouvert de l'université du Chili.

Ce fut un moment crucial puisque Varela laissait ainsi le monde des carrières traditionnelles (la médecine) pour entrer de plein pied dans l'univers de la **recherche scientifique**, nouvelle au Chili à cette époque.

Varela y trouve un groupe de jeunes gens excité par la recherche fondamentale et des professeurs-chercheurs qui enseignent la science avec passion.

[et on avait vu que c'est vers l'âge de 40 ans que Laborit, lui, avait définitivement assumé sa vocation de chercheur...]



Le dernier conseil qu'avait donné Vial à Varela était d'essayer de travailler avec Humberto Maturana qui venait d'arriver dans ce département de science.

Donc par un beau jour d'**avril 1966**, Varela va voir **Maturana** dans son labo. Maturana était déjà à l'époque un chercheur important pour son travail sur la physiologie de la vision à Harvard et au MIT avant de revenir au Chili.

Maturana va demander à Varela de répéter certaines expériences en faisant des enregistrements électriques dans le tectum optique de la grenouille.

Cela va amener Varela à **se pencher sur le problème de la vision** comme jamais il ne l'avait fait auparavant pour aucun problème scientifique, et à développer la capacité de faire ses premières hypothèses de recherche.

Outre Maturana, Varela reconnaît 2 autres **influences importantes** pour lui à cette époque :

1- sa découverte de la phénoménologie européenne de Husserl, Heidegger et Merleau-Ponty durant les séminaires de philosophie auquel il assistait au Chili durant sa formation scientifique (et l'importance de « l'expérience vécue » pour ces auteurs);

2- et la nature sociale des sciences par l'entremise de l'école française de l'histoire et de la philosophie des sciences (Alexandre Koyré, Georges Canguilhem et Gaston Bachelard), entre autre que chaque époque scientifique est « aveugle » aux fondations de ce qu'elle considère comme certain et évident.

Et Varela rappelle que le travail de **Thomas Khun**, cité à la séance précédente, n'aurait pas été possible sans le travail de ces précurseurs français que Khun cite d'ailleurs dans son ouvrage.

Varela ajoute que c'est sans doute pour cela que dès l'âge de 19 ans, il est devenu critique de ce qui lui était enseigné.

La formation en mathématiques était aussi très rigoureuse au département de Sciences au Chili, de sorte que le mélange que faisait **Heinz von Foerster** dans ses articles de mathématiques et de neurobiologie intéressait beaucoup Varela.

(von Foerster qui avait été secrétaire du 2e cycle des conférences Macy...)

Maturana avait aussi rencontré **Warren McCulloch** en **1959-1960** quand il travaillait au MIT. Et Varela dit que ce n'est que plus tard qu'il a pu apprécier la **grande influence que les idées de la cybernétique** avaient eu sur lui.

Durant ses années de formation avec **Maturana**, ce dernier formulait déjà son insatisfaction à l'encontre de l'idée d'information (de la « première cybernétique ») comme la clé pour comprendre le cerveau et la cognition.

Cette idée d'information ne semblait pas jouer un rôle explicite dans les processus biologiques, et les êtres vivants semblaient être, comme le disait Maturana à cette époque, « auto-référents »...



## Les États-Unis

Ayant reçu une bourse de son département, Varela quitte le Chili le 2 janvier **1968** pour le **Harvard University**. Il arrive durant une tempête de neige, avec un anglais approximatif, et sachant que s'il n'avait pas des

« A » partout, sa scolarité lui serait enlevée rapidement.

Les premiers mois ont donc été difficiles, mais après avoir trouvé ses repères, Varela plonge dans ce que cette l'université a à lui offrir :

anthropologie, évolution avec le pas très orthodoxe **S. Jay Gould**, maths avec la théorie des systèmes dynamiques non linéaire qui venait d'être découverts, philosophie et linguistique avec **Chomsky, Putnam et Quine**.

Varela dit ne pas se souvenir d'une seule journée où il n'a pas absorbé toute cette connaissance avec un appétit féroce!

"J'avais une passion, un feu dévorant. Je voulais tout apprendre [...]. J'enregistrais, pour mieux me battre pour l'indépendance de l'Amérique latine. Je n'avais rien à perdre. Quoi qu'il arrive, j'allais repartir au Chili et créer un autre type de science, avec d'autres finalités."

Torsten Wiesel



Le jeune Latino-Américain entre bientôt dans le laboratoire de **Torsten Wiesel**, futur prix Nobel pour ses travaux sur la vision, où il apprend la rigueur de la technique expérimentale. Mais le philosophe en Varela ne peut retenir ses questions sur les fondements théoriques incontestés de ses maîtres.

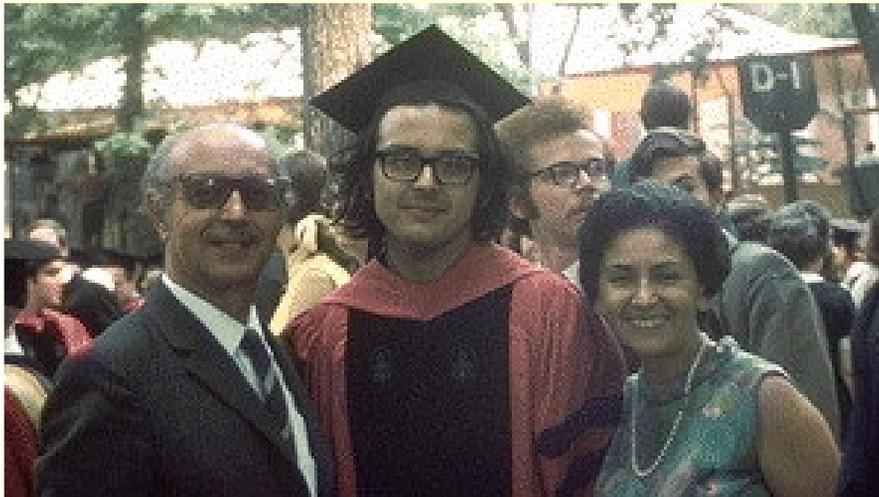
De sorte qu'on lui aurait dit : « Écoute, mon petit, tu veux faire une carrière? Alors, ne déconne pas. Tu vas au labo, tu laisses les philosophes s'interroger sur les fondements des sciences. Toi, tu bosses sur le développement. »

Il devenait donc de plus en plus évident à Varela que sa quête intellectuelle serait divisée en deux : l'officielle, et la privée...

D'un côté, donc, Varela travaille sur la vision d'un point de vue comparatif, en particulier sur la structure fonctionnelle des yeux chez les insectes, qui deviendra le sujet de sa thèse. Au début de l'année 1970, il a déjà publié 4 articles scientifiques sur le sujet, et sa thèse sera acceptée en avril 1970.

D'autre part, en parallèle, le camarade chilien se mêle à la **révolte étudiante** qui enflamme l'ensemble des campus et participe aux événements marquant des années '68 et '69 où la jeunesse se mobilise contre la guerre du Vietnam.

Dans le labo, il fait de la science dure. Dans la rue, il prend des drogues douces et poursuit sa réflexion épistémologique et politique. Il estime ses collègues, mais déteste le système. Et il continue de rêver à une nouvelle Amérique latine du point de vue social, politique et scientifique...



Après avoir obtenu officiellement son doctorat en juin 1970, Varela va refuser des postes de chercheur aux États-Unis pour retourner au Département des Science au Chili dans l'espoir de continuer à creuser les **anomalies** du paradigme dominant entrevues avant son départ et qui s'étaient accumulées pour lui aux USA.



Il revient au **Chili le 2 septembre 1970** et il dira de **l'élection d'Allende 2 jours plus tard** qu'elle fut sa deuxième graduation !

Et Varela va donc retourner, confiant et d'attaque, vers la construction de cette nouvelle science qu'il entrevoyait déjà...

## Mais avant, petit flash-back

Car Maturana était allé visiter plusieurs fois Varela pendant que celui-ci faisait son doctorat à Harvard pour continuer à discuter leurs idées.



Maturana et von Foerster, 1974.

<http://bcl.ece.illinois.edu/KenWilsonBCLPhotos/index.htm>

Comme par exemple au **printemps 1969**, lorsque Von Foerster avait invité Maturana à son labo aux États-Unis pour quelques mois, ce qui coïncidait avec un congrès sur « Cognition : A Multiple View ».

Un titre visionnaire, souligne Varela, considérant que ce qu'on appelle aujourd'hui les **sciences cognitives** n'étaient pas encore, en 1969, considérées comme un **champ scientifique**.

Maturana y présente pour la première fois un exposé de ses idées sur ce qu'il appelait la nature auto-référentielle des êtres vivants, et aussi pour identifier définitivement la notion de représentation comme le **pivot épistémologique** qui devait être changé.

Il formule aussi dans ce texte l'idée qu'il faut décrire le système nerveux comme un « système fermé ». Cela deviendra l'article « Biology of Cognition », de Maturana.

Cet article abordait sommairement **une question qui avait intrigué Varela** à Harvard quand il était assistant dans le cours de biologie cellulaire donné par les **deux prix Nobel George Wald** (photopigments...) et **James Watson** (structure ADN, avec Crick...) :

on parlait en terme de « self-maintenance » à propos de la constitution de la cellule, mais **personne**, même pas les deux prix Nobel réunis, **ne savait ce que cela signifiait véritablement !**

Et quand Varela poussait la discussion là-dessus, la réaction habituelle était : « Francisco veut encore faire de la philosophie ! »

Bref, Varela se questionnait sérieusement sur **l'autonomie des processus cellulaires à la base de l'autonomie du vivant.**

Un article dans Science ainsi qu'un passage assez court dans le texte de Maturana le convainquit qu'il fallait mettre de côté pour un temps l'organisation du système nerveux et se concentrer plutôt sur l'autonomie de la vie dans sa forme cellulaire la plus simple.

Car la cellule fabrique sans arrêt sa propre membrane.

Elle **s'autodistingue sans cesse de l'arrière-plan.**

Elle constitue ainsi son autonomie et n'appréhende le réel qu'à travers cette cohérence interne.

## Retour au Chili, automne 1970

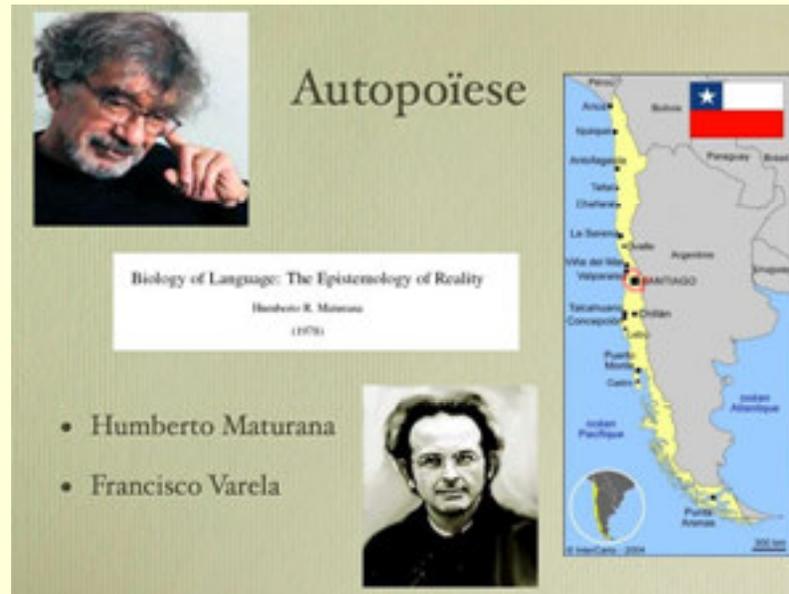
Dès ses premiers mois aux côtés de Maturana à l'automne 1970, Varela s'attaque donc à la découverte de **l'organisation minimale des organismes vivants**.

« Au Chili, raconte Francisco Varela, j'ai retrouvé alors une ambiance de liberté extraordinaire. Tout était possible. On explorait toutes les voies de recherche. On se permettait les audaces les plus folles. Je me suis mis à travailler avec Maturana, comme collègue cette fois. Nous avons connu six mois d'état de grâce. Une inspiration insensée ! »

De sorte que déjà **en mai 1971**, le terme **autopoïèse apparaît dans les notes de Varela.**

Varela se souvient qu'ils voulaient un nouveau mot parce que ce dont ils voulaient parler était nouveau.

« Il était clair pour nous que nous étions embarqués dans une aventure qui était ouvertement anti-orthodoxe et révolutionnaire, et que cela avait tout à voir avec l'ambiance qui régnait au Chili à ce moment-là, alors que tous les possibles se déployaient sous forme de créativité collective. »



**Entre juin et décembre 1971**, un ami prête à Maturana et Varela une maison à Cachagua beach, sur la côte à une centaine de km de Santiago de Chili. Ils y séjournent à deux reprises pour **mettre par écrit ce concept** dont ils ne doutent maintenant plus de l'importance.

Autour du 15 décembre 1971, ils terminaient ainsi un article en anglais intitulé : « **Autopoiesis : The Organization of Living Systems** » qui faisait 76 pages tapées à la machine à écrire. Ils en firent plusieurs douzaines de copies avec une vieille méthode de copie à l'encre bleue!

Comme ce fut souvent le cas dans l'histoire des sciences, il se créa une dynamique créative très prolifique entre :  
un **interlocuteur mature qui amène expérience et considérations passées**, Maturana,  
et un **plus jeune scientifique qui amène des perspectives et des idées plus fraîches**, Varela.

Par ailleurs, même si l'on peut clairement faire remonter l'origine du concept d'autopoïèse à cette époque, Varela fait remarquer qu'on ne peut pas **identifier une ou deux conversations particulière qu'il l'aurait fait "découvrir"**.

Entre une nouvelle idée bien définie et ses prémices encore floues, il existe un **saut qualitatif**, mais un saut dont **le moment est très difficile à cerner**.

Et comme c'est souvent le cas aussi, la compréhension d'une nouvelle idée prend du temps. C'est ainsi que vers la **fin 1971**, Maturana et Varela envoient leur article à au moins 5 journaux scientifiques qui tous le **refusent**.

Même chose quand Varela se fait inviter par son ancien professeur à faire deux conférences au Colorado et à Berkley où il reçoit un **accueil froid et distant** pour sa présentation "Cells as Autopoietic Machines".



Durant la même période toutefois, l'**accueil enthousiaste** de leur article par certains interlocuteurs respectés les empêche de désespérer.

Il y a bien sûr leur ami **Heinz von Foerster**, de même que le cybernéticien anglais **Stafford Beer** qui venait au Chili régulièrement (le gouvernement Allende lui avait demandé de mettre au point un système de régulation de l'économie chilienne inspirée du système nerveux!).

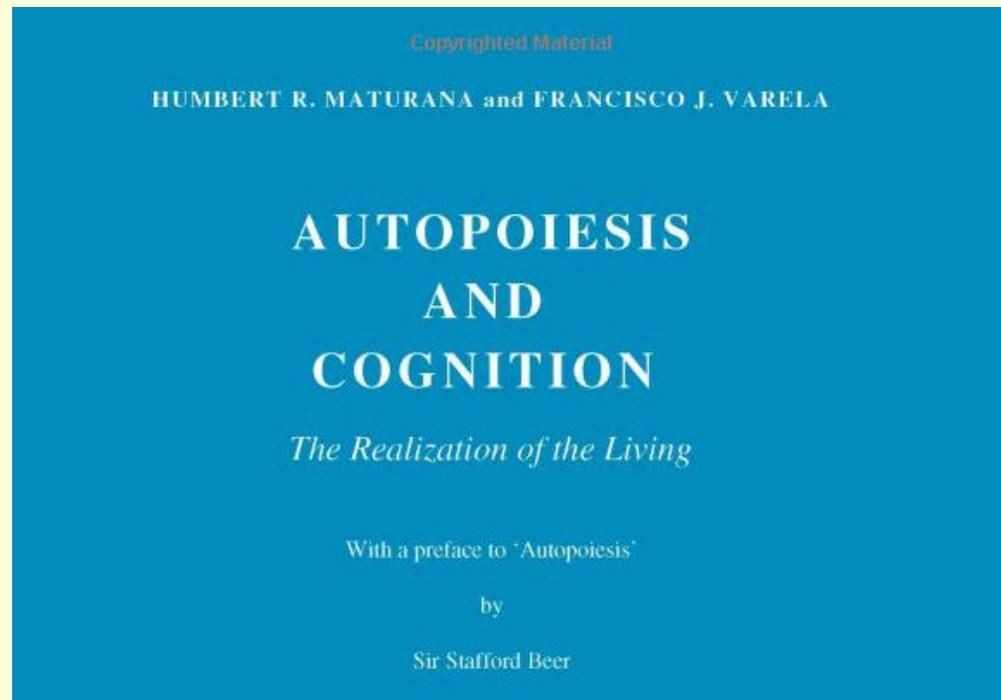
En **janvier 1972**, Varela est invité au Mexique par **Ivan Illich** qui est complètement **séduit par le texte** et qui affirme : "Ce texte est un classique. **Vous avez réussi à mettre l'autonomie au centre de la science.**"

À travers Illich, le texte se rend jusqu'au célèbre psychologue **Erich Fromm** qui invite Varela à son tour et incorpore la notion d'autopoïèse dans le livre qu'il était en train d'écrire.

Varela et Maturana sont énergisés par cette reconnaissance de gens de qualité pendant que leur texte continue à être refusé.

Finalement, ils décident de traduire le texte en espagnol et de le faire publier par les propres presses de leur université en **avril 1973** !

Le texte original en anglais ne sera, lui, publié finalement qu'en **1980**, à l'époque où l'idée d'autopoïèse avait déjà acquis une certaine popularité.



## Dernier petit flash-back

Au début des années 1970, en parallèle à l'article théorique principal sur l'autopoïèse, Varela avait écrit un article plus court démontrant par une **simulation que leur intuition était juste**:

dans un monde artificiel en deux dimensions, on pouvait voir **l'émergence** spontanée d'unités qui "**s'auto-distinguaient**" en formant une "**membrane**", et qui montraient également des capacités "**d'auto-réparation**".

Cet article fut aussi envoyé à plusieurs journaux scientifique, dont Science et Nature, et subit lui aussi un rejet complet.

« Aux yeux de la communauté scientifique, nous étions des **Martiens**, mais nous avons **un ami de poids**, infiltré dans la place forte, un des pères de la cybernétique, **Heinz von Foerster**. Il a pris notre article, il a coupé le jargon, l'a posé sur le bureau de l'éditeur de la revue Biosystems, et lui a dit sans la moindre équivoque : "Publiez-le ! " »

Même si l'article fit l'objet de durs commentaires des évaluateurs de la revue, **Biosystems publia l'article au milieu de l'année 1974**, ce qui le rendit enfin accessible à la communauté scientifique mondiale (publié en anglais).



C'est lors d'une visite au **Chili en juin 1973** que von Foerster leur fit réécrire des passages de cet article.

Le pays était alors déjà en crise, et peu de temps après, ce fut le **coup d'État de Pinochet le 11 septembre 1973.**

Dans les semaines qui suivirent, la sécurité de Varela se trouva menacée puisqu'il était un militant supportant Allende.

"Peu après le coup d'État de Pinochet, se souvient-il, nous avons vécu l'horreur. Mon frère était recherché. Avec des amis, on l'a littéralement lancé par-dessus le mur de l'ambassade d'Argentine. C'était ça ou l'exécution. Début 1975, mon beau-père a disparu. On ne l'a jamais retrouvé. J'étais juste un militant socialiste repéré à l'université. Une nuit, à trois heures du matin, ils sont passés chez moi. Par chance, je n'étais pas là. Ce n'était pas vraiment une ambiance propice à la réflexion."

Dans un texte intitulé « **Reflections on Chilean Civil War** » publié en **1978**, Varela raconte aussi qu'au moment du putsch, quelques jours après ses 27 ans, il a dû se cacher pendant 2 jours pour ne pas être tué.

Donc un autre de nos 4 neurobiologistes dont l'œuvre n'a tenu qu'à un fil, comme pour l'histoire du nauffrage du Siroco en 1940, alors que Laborit avait 25 ans, que l'on a raconté dans une séance précédente...

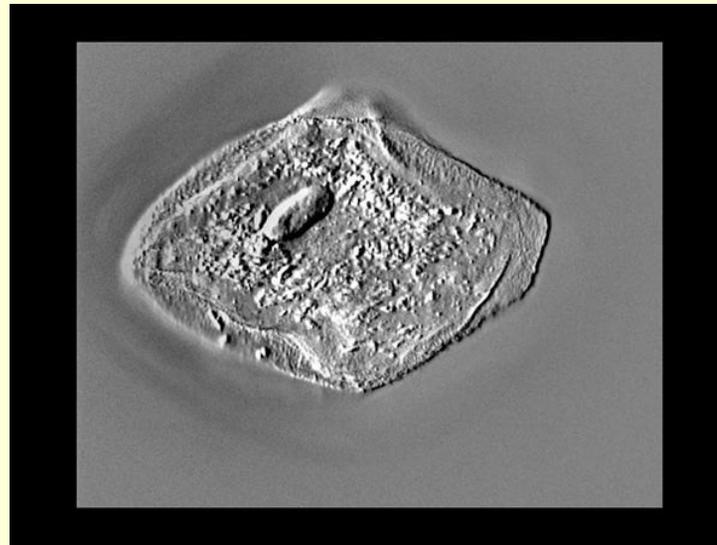
Varela décide donc, comme plusieurs scientifique du Chili à cette époque, de **s'exiler à l'étranger**.

Cela mit fin à une période particulièrement prolifique de l'histoire scientifique du Chili, de l'histoire de l'autopoïèse, et du début de la carrière de chercheur de Varela.

\* \* \*

Après ce récit de la genèse historique du concept d'autopoïèse, on peut se demander **c'est quoi, finalement, l'autopoïèse ?**

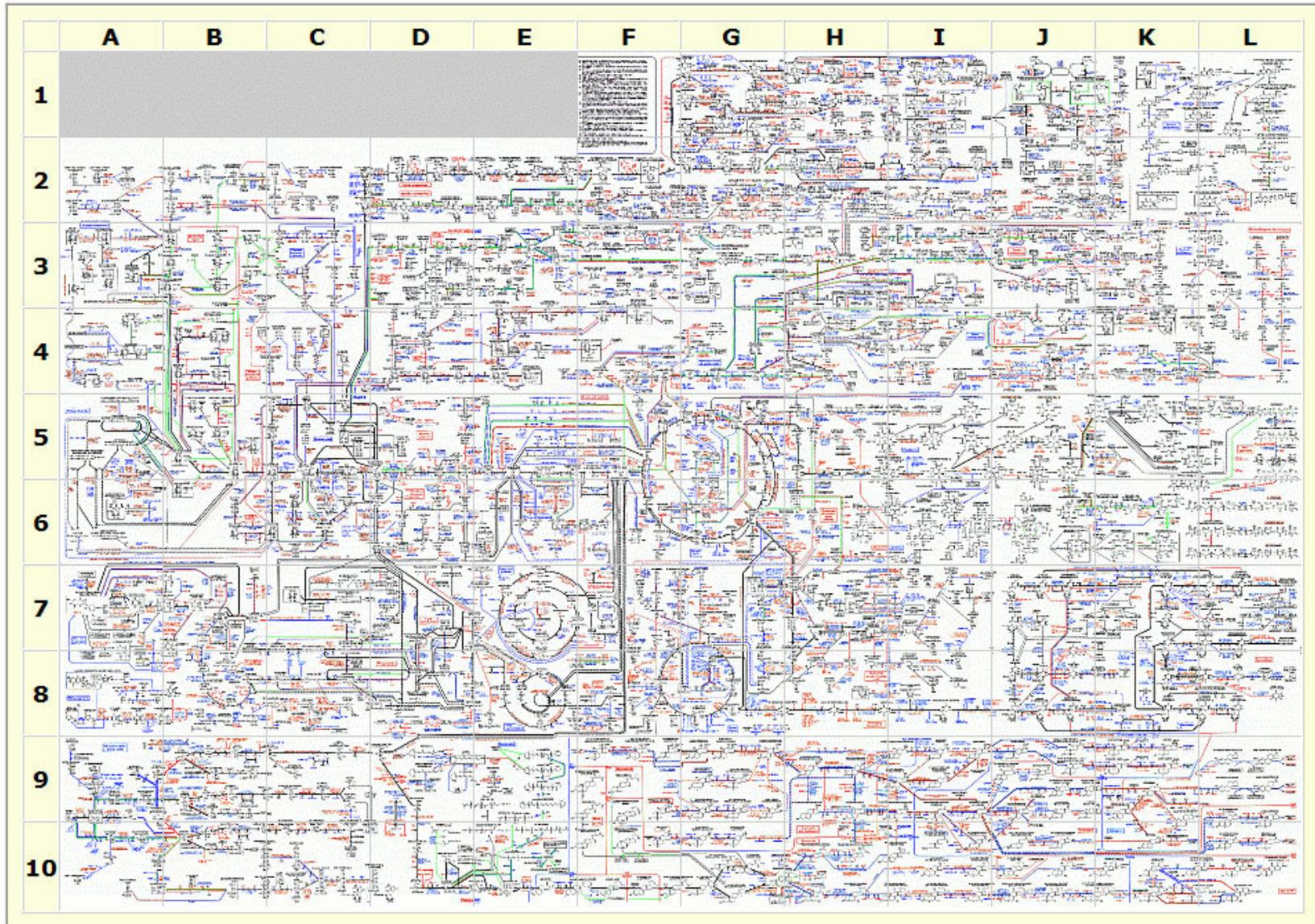
Du grec *autos*, soi, et *poiein*, produire, un système **autopoïétique** est :  
un **réseau complexe d'éléments** qui régénèrent constamment, par leurs interactions et transformations, le réseau qui les a produits.



An image of a human buccal epithelial cell obtained using Differential Interference Contrast (DIC) microscopy  
([www.canisius.edu/biology/cell\\_imaging/gallery.asp](http://www.canisius.edu/biology/cell_imaging/gallery.asp))

**« un réseau complexe »** = cascades de réactions biochimiques dans la cellule

Biochemical Pathways - Metabolic Pathways



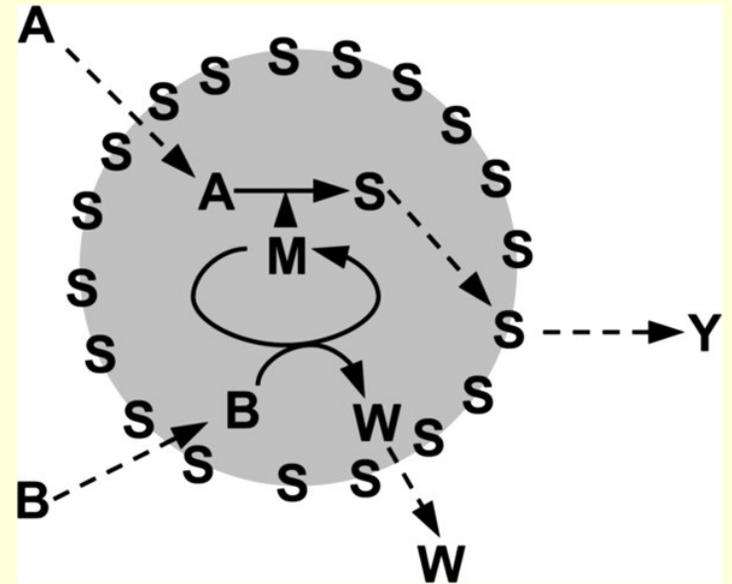


Un système autopoïétique minimal :

Des éléments de l'environnement (A et B) sont assimilés et transformés en éléments de la cellule (S et M).

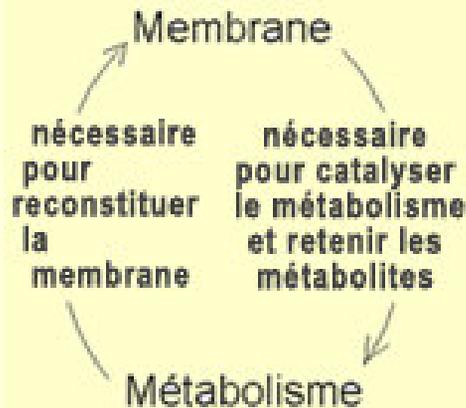
On peut alors distinguer 2 processus principaux :

- synthèses des composants de la frontière (A vers S avec production de déchet Y) et auto-assemblage de S en une **membrane semi-perméable**;
- synthèse de tous les **composants internes** (M) à partir de B (B vers M et production de déchet W).



<http://www.humphath.com/spip.php?article17459>

C'est ainsi que la cellule autopoïétique construit sa propre **frontière** et tous ses **composants internes**, qui vont eux-mêmes engendrer les processus qui produisent tous les composants, etc. (logique circulaire plutôt que linéaire)



**Un réseau autopoïétique est à la fois fermé et ouvert.**

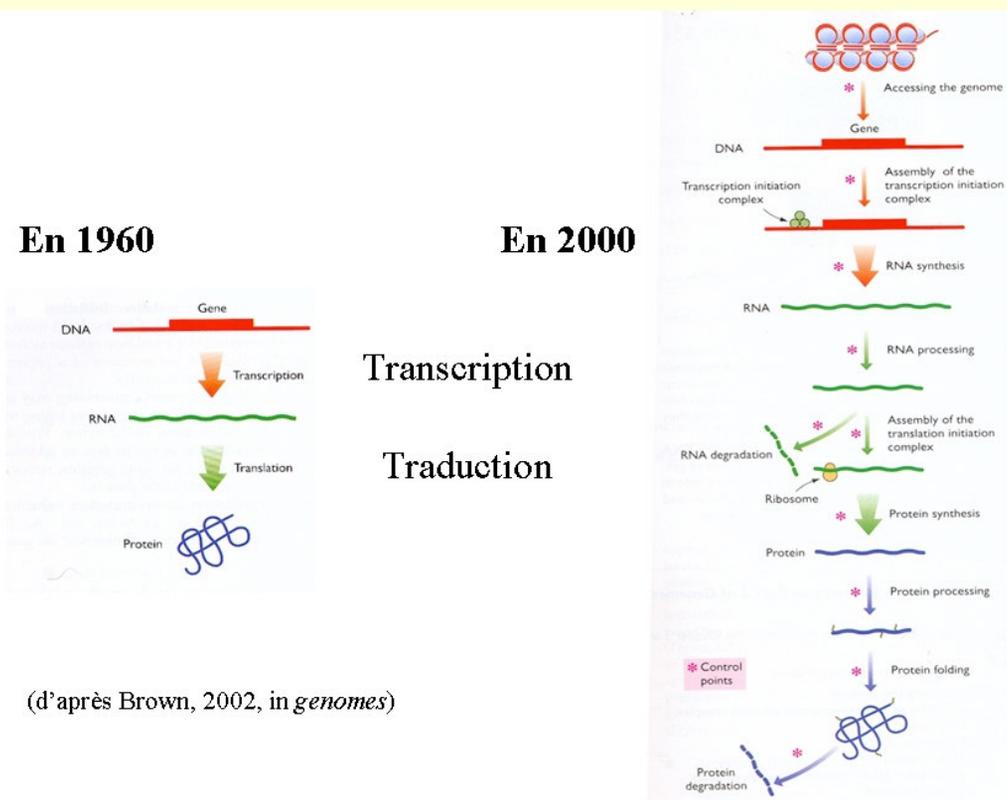
Comme chaque composante est produite par les autres composants du réseau, le système entier est **fermé** sur le plan de l'**organisation** (« clôture opérationnelle » du système).

Cependant, il est **ouvert** par rapport à l'environnement, (thermodynamiquement ouvert) assurant la circulation d'énergie et de matière nécessaires au maintien de son organisation et à la régénération continue de sa **structure**.

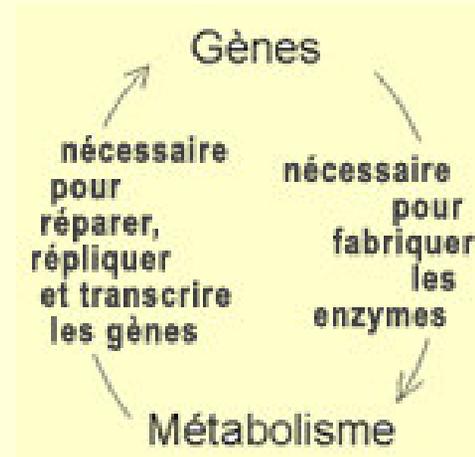
Il faut comprendre que les êtres vivants étaient jusqu'alors définis par différentes propriétés ou fonctions observées chez les systèmes vivants, comme la fonction de **reproduction** ou la propriété de pouvoir s'adapter en **évoluant**.

Mais pour Maturana et Varela, cela avait quelque chose du raisonnement circulaire.

Ils vont donc vouloir caractériser le vivant en se dégageant de la **posture classique** adoptée en biologie, supposée pouvoir tout expliquer en terme de code de programmation et de réplication (i.e. ADN & ARN) et de génétique des populations centrée sur l'adaptation et la sélection naturelle.



Dans l'autopoïèse, le métabolisme et les gènes forment ensemble un réseau.



L'idée derrière l'autopoïèse, c'est de constater qu'avant de pouvoir se reproduire ou d'évoluer, un système vivant doit d'abord être capable de **se maintenir en vie** de manière **autonome**.

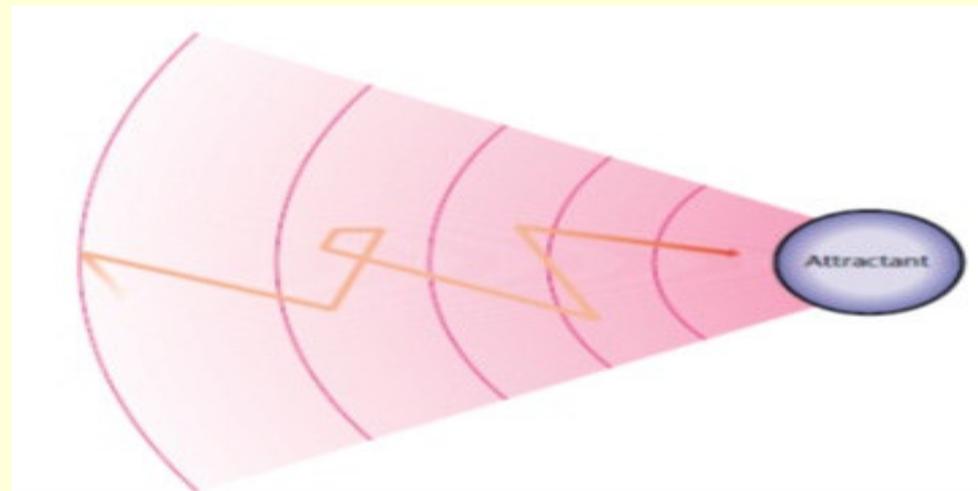
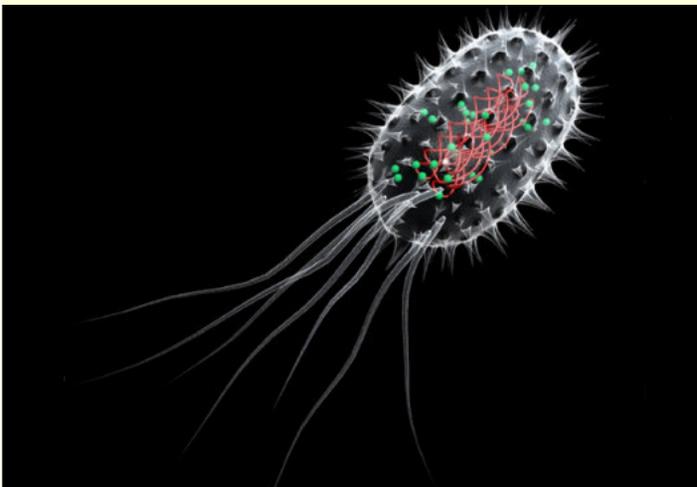
**L'autopoïèse** peut donc être vue comme un cas spécial d'homéostasie dans lequel la variable du système qui est maintenue constante est l'organisation même du système.

**On va maintenant revenir tranquillement à l'être humain et au concept d'énaction.**

Mais en faisant un petit détour par la **bactérie** pour voir l'idée qui relie l'autopoïèse et l'énaction : **la signification, le sens...**

L'exemple est celui d'une bactérie mobile qui nage dans un milieu aqueux en remontant un **gradient de sucrose**.

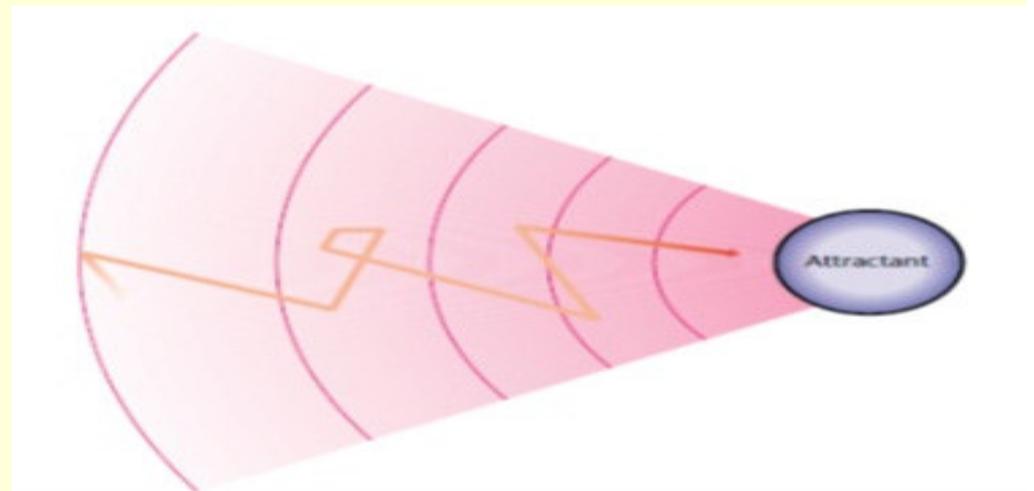
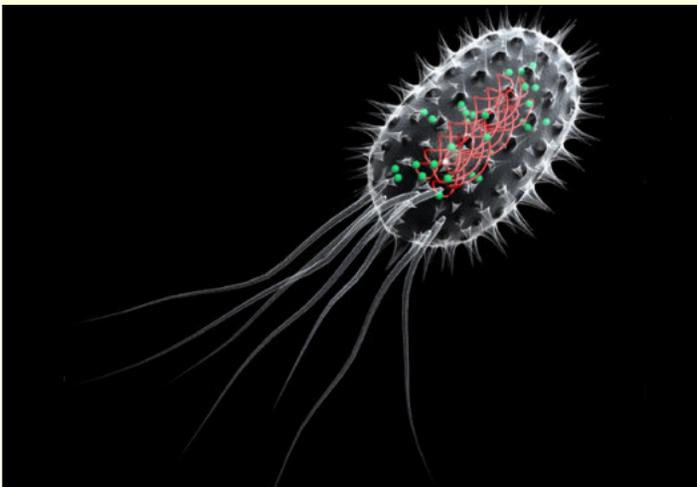
La bactérie tourne au hasard jusqu'à ce qu'elle sente le gradient de molécules de sucre, grâce à des récepteurs sur sa membrane. Puis elle va se mettre naturellement à nager pour remonter ce gradient, donc aller vers la source du sucre, pour en avoir plus.

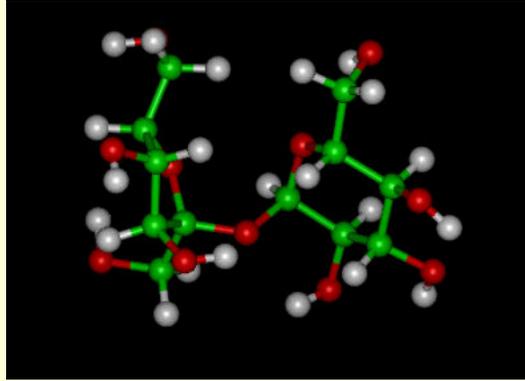


Il se crée donc une **boucle sensorimotrice dynamique** : la façon dont la bactérie bouge (d'abord au hasard, puis en nageant vers la source) dépend de ce qu'elle perçoit, et ce qu'elle perçoit dépend de comment elle bouge.

Et cette boucle sensorimotrice dynamique à la fois **exprime** et est **subordonnée** au **maintien de l'autopoïèse de la bactérie**.

C'est pourquoi on dit que chaque interaction sensorimotrice et chaque caractéristique discernable de l'environnement **réflète** ou « **énacte** » la **perspective de la bactérie**.





Le point important ici : bien que le **sucrose** est un réel élément de cet environnement physicochimique, son statut comme **aliment**, lui, ne l'est pas.

Le sucrose en tant qu'aliment **n'est pas intrinsèque au statut de sucrose en tant que molécule**. C'est plutôt une caractéristique « relationnelle », liée au métabolisme de la bactérie (qui peut l'assimiler et en soutirer de l'énergie).

Le sucrose n'a donc **pas de signification ou de valeur comme nourriture en soi**, mais seulement dans ce milieu particulier que la bactérie amène à exister.

Varela résume ceci en disant que grâce à l'autonomie de l'organisme (par exemple la bactérie), son environnement ou sa niche a un « **surplus de signification** » comparé au monde physicochimique.

Les significations particulières (valeurs positives ou négatives) que l'on retrouve dans ce monde sont donc le **résultat des actions de l'organisme**.

La signification et la valeur des choses **ne préexistent donc pas** dans le monde physique, **mais sont** « **éactés** », mis de l'avant et constitués par les organismes.

Par conséquent, **vivre** est un **processus créateur de sens**.

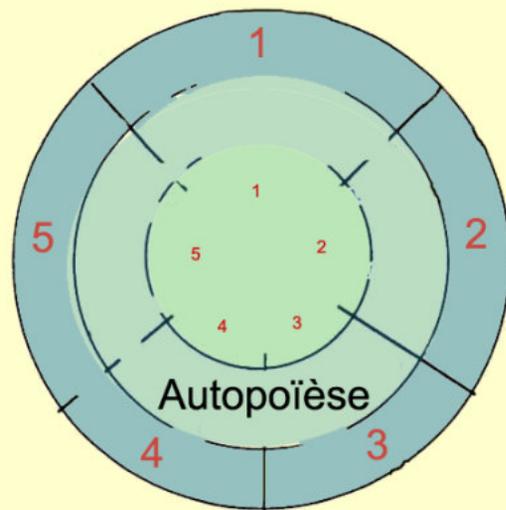
(mais il existe un débat à savoir si l'autopoïèse est suffisante à cette affirmation ou si on doit lui adjoindre une autre propriété, comme « l'adaptabilité »)

On revient donc à **l'énaction** par ce lien que Varela va faire entre ces idées d'auto-production et de maintien de l'identité de **l'autopoïèse**, et certaines caractéristiques de la cognition, comme celle d'être **intrinsèquement concerné par la monde**, d'y chercher et d'y trouver de la **signification**.

En effet, les êtres vivants ont ce désir, **cette curiosité, d'explorer leur espace vital** parce qu'ils ont besoin de trouver des éléments pour renouveler leur structure.



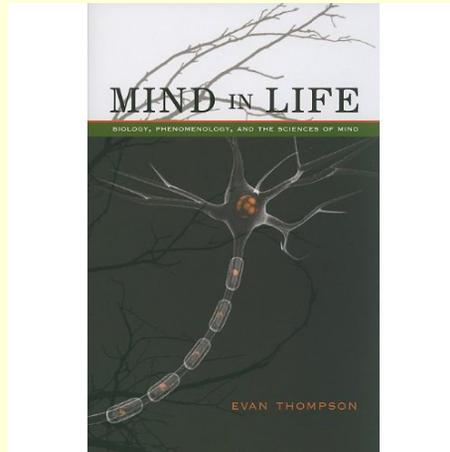
Alors que dans le cas des architectures fonctionnalistes cognitivistes, on est toujours obligé de leur adjoindre une petite boîte étiquetée **“motivation”** pour déclencher leur action...



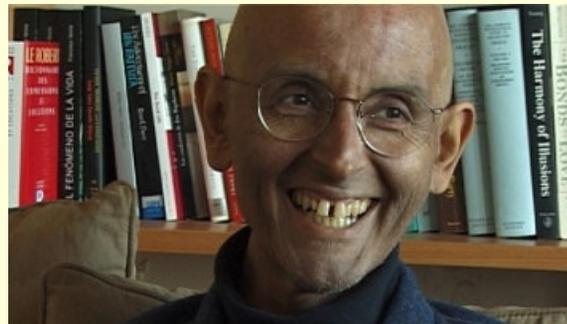
On va maintenant repasser une dernière fois sur les **différentes caractéristiques de l'énaction**.

Ce terme d'énaction a été choisi pour tenter d'unifier sous une bannière unique **plusieurs idées interreliées**, idées que nous allons reprendre ici en s'inspirant de leur déclinaison dans les 5 points que présente Evan Thompson dans Mind in Life.

**Mind in Life**, je le rappelle, est un livre de **Evan Thompson**, publié en **2007**, et qui constitue un peu la « suite » de The Embodied Mind.



Comme vous le savez peut-être, Varela est décédé en 2001 d'un cancer à l'âge de 54 ans, et Thompson raconte dans la préface de Mind in Life, que ce livre était un projet commun avec Varela que Thompson a repris seul après la disparition de Varela.



Dans *Mind in Life*, Thompson rappelle que Varela, empruntant les mots du poète Antonio Machado, décrit l'énaction comme **“le chemin que l'on trace en marchant”**

(“the laying down of a path in walking”, en anglais).



Pour essayer de comprendre comment l'on peut construire une théorie de la cognition **inspirée de cette image**, on va suivre l'ordre de présentation qu'en fait Thompson où chaque idée **s'enracine ou se construit sur la précédente**.

Et c'est l'une des forces de cette approche, il me semble, que d'en venir à expliquer la subjectivité humaine « from the ground up » comme ils disent en anglais, c'est-à-dire **à partir des mécanismes et des propriétés élémentaires des êtres vivants**.

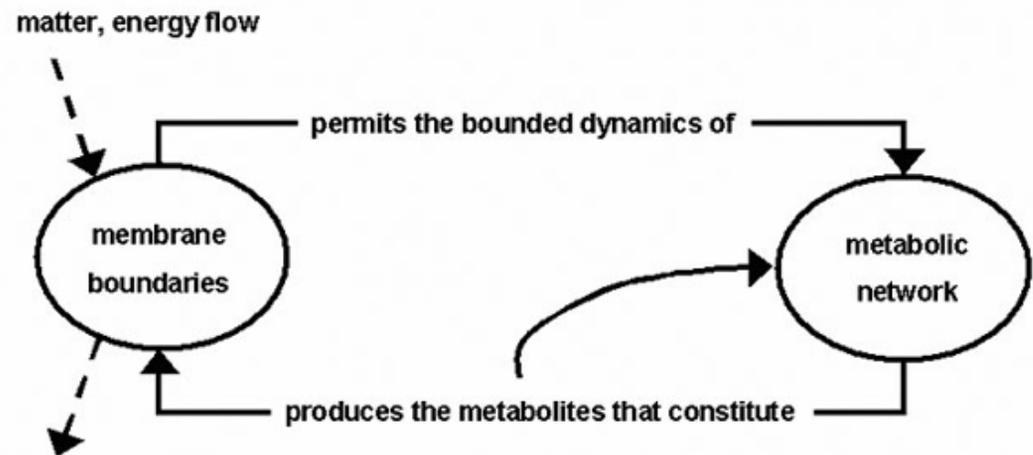
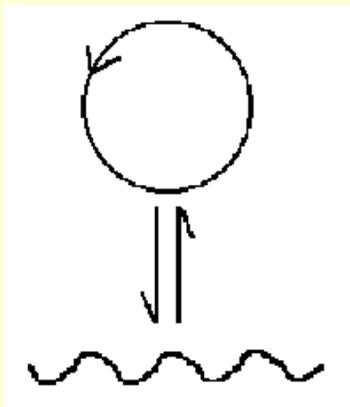
Première idée :

**Les êtres vivants** sont des agents autonomes qui gènèrent et maintiennent activement l'organisation de leur structure.

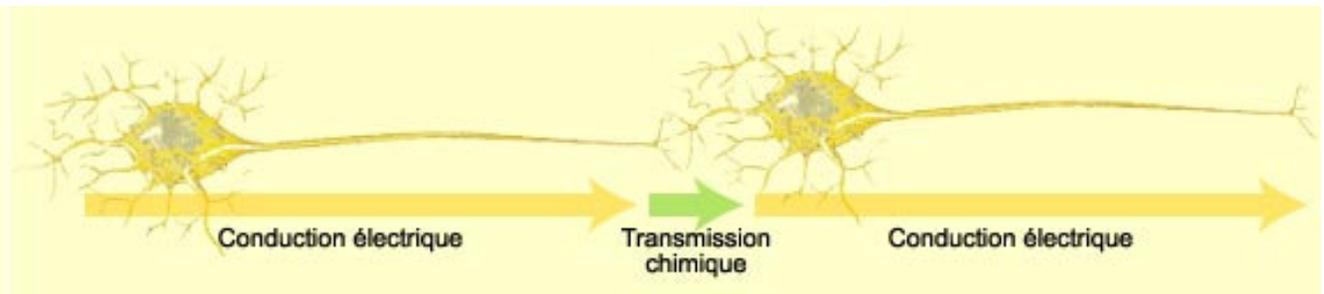
( = autopoïèse dont on a déjà parlé)

Ce faisant, ils mettent de l'avant, font émerger ou “**énactent**” leur propre **domaine cognitif** (comme on l'a vu avec l'exemple de la bactérie).

La **cognition** est donc quelque chose que possèdent les organismes biologiques incarnés vu comme des agents autonomes.



Deuxième idée :

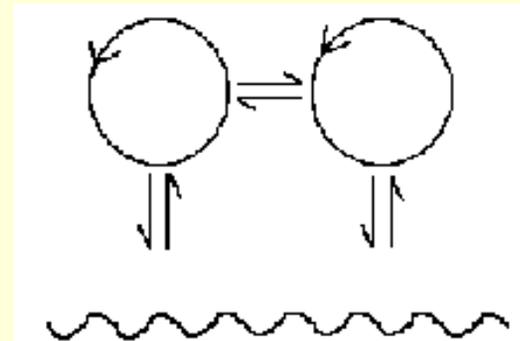


Dans les organismes multicellulaires suffisamment complexes, ces agents possèdent un **systeme nerveux** qui forme un **systeme dynamique autonome**, c'est-à dire qu'il génère et maintient un pattern d'activité cohérent et signifiant.

(i.e. au lieu d'être un pattern de réactions biochimiques, c'est un pattern d'activité nerveuse = des neurones qui coordonnent leur activité)

Ce système nerveux forme de nombreuses boucles de rétroaction, de manière circulaire, créant ce que Varela appelle un **systeme fermé du point de vue organisationnel**.

Ce système fermé, lorsque perturbé par son environnement, **génère du sens**, au lieu de traiter de l'information comme des représentations symbolique d'un monde extérieur.

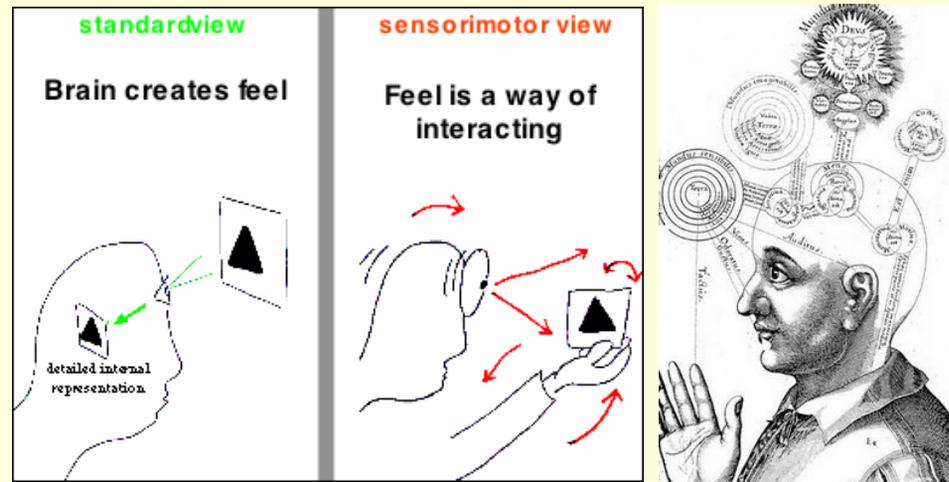


## Parenthèse à la 2<sup>e</sup> idée :

## L'approche énaactive...

- abandonne l'idée de la résolution de problèmes déterminés, suite à un « traitement de l'information »;
- n'adhère pas non plus à l'idée de représentation car elle a de forts relents de **dualisme** en entretenant une **séparation entre le corps et l'esprit** d'une part, et **entre soi** et le **monde extérieur** d'autre part.

Ces deux positions s'avèrent totalement **inadéquates** du point de vue de l'approche énaactive.

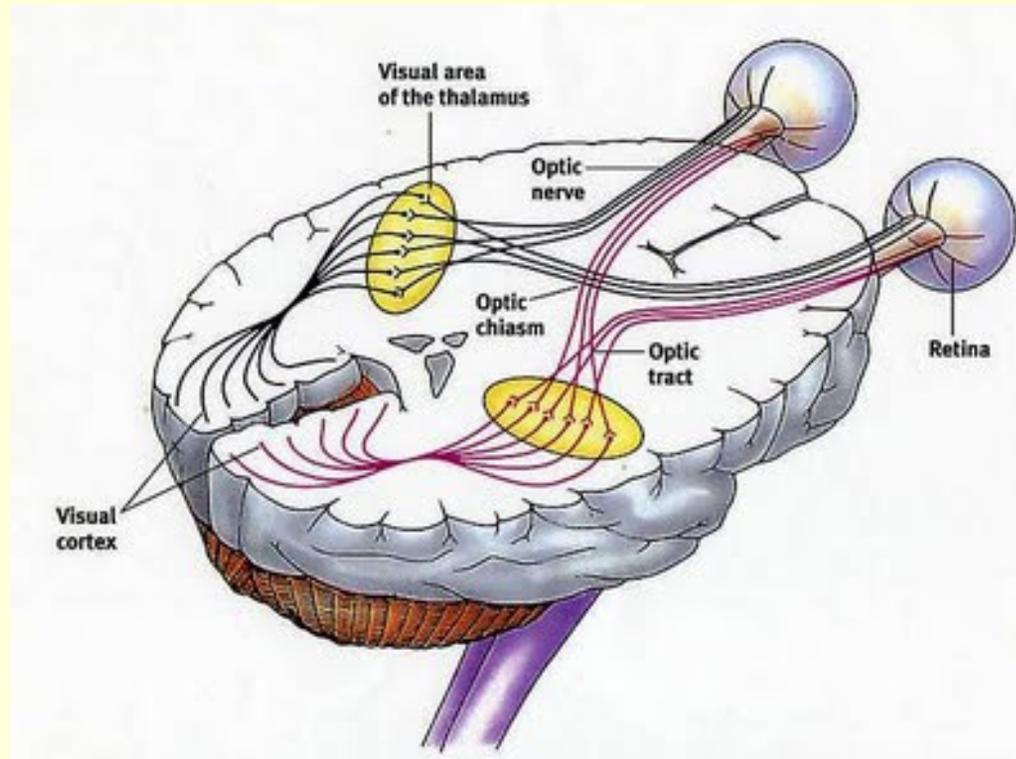


Objectivisme

Énaction

Subjectivisme

**Car plusieurs observations sur le cerveau ne cadrent pas avec tout cela :**



Voici un schéma classique des voies visuelles dans le cerveau humain.

Il suggère que ce qui est capté par nos yeux est transmis au cortex visuel en faisant au passage des connexion aux neurones du corps genouillé latéral qui est vu ici comme un relais vers le cortex.

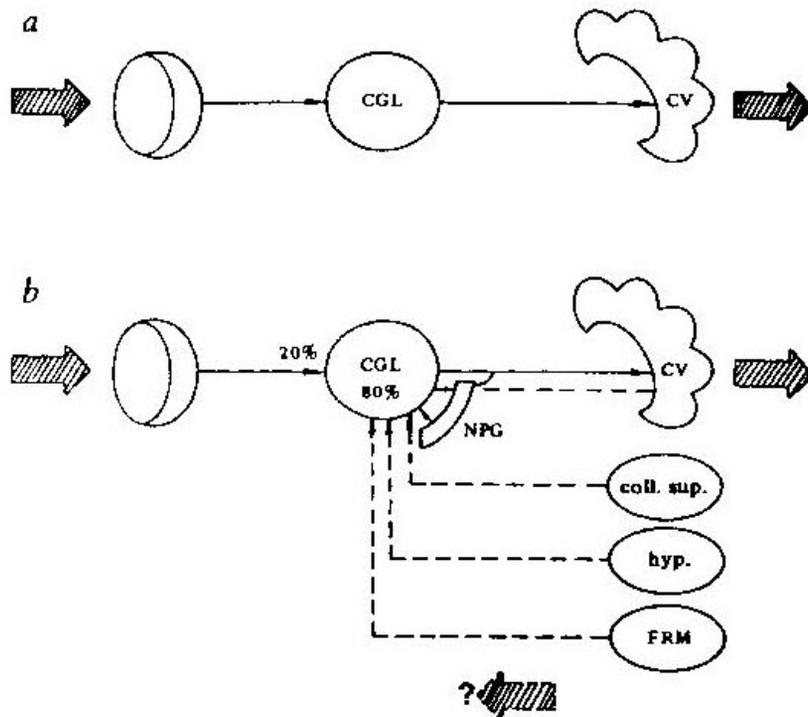
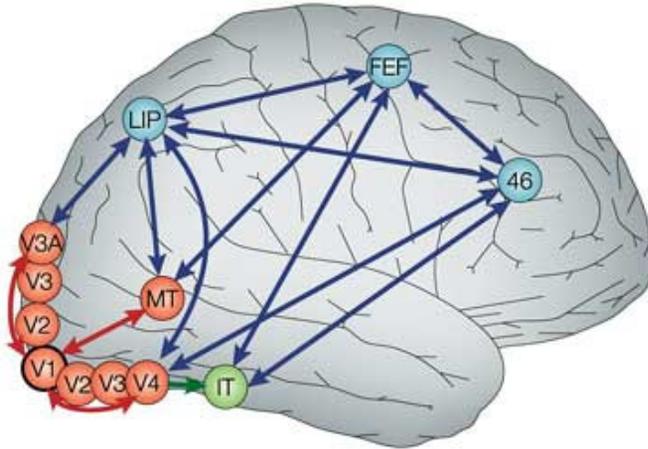


Figure 7 : Le diagramme des connexions du système visuel des mammifères. NPG : noyau peri-géniculé; coll.sup. : colliculus supérieur; hyp. : hypothalamus; FRM : formation réticulaire médiane; C.V. : cortex visuel; CGL : corps genouillé latéral.

Mais... **80%** de ce que capte toute cellule du CGL **ne vient pas de la rétine** mais de l'interconnectivité dense **d'autres régions du cerveau**. On peut aussi constater qu'il existe plus de fibres reliant le cortex au CGL qu'il n'y en a dans le sens inverse !

Considérer les voies visuelles comme constituant un dispositif de traitement séquentiel des yeux vers le cortex **s'avère complètement arbitraire.**

Ce qui se passe plutôt, c'est la rencontre de ces deux ensembles d'activité neuronale qui constitue un moment de **l'émergence d'une nouvelle configuration cohérente.**



Nature Reviews | Neuroscience

[http://www.nature.com/nrn/journal/v4/n3/fig\\_tab/nrn1055\\_F1.html](http://www.nature.com/nrn/journal/v4/n3/fig_tab/nrn1055_F1.html)

Ceci pourrait bien être un principe à l'œuvre dans tout le cerveau.

Car si l'on regarde à un niveau supérieur, en incluant tout le cerveau, **on observe également un haut degré de réciprocité** :

Par exemple, ici, les principales voies visuelles, sont pratiquement toutes **bidirectionnelles**.

Il semble donc abusif de dire que le réseau neuronal fonctionne de la perception vers l'action, comme une rue à sens unique.

On devrait plutôt dire que la perception et l'action, **le perceptif et le moteur, sont liés** en tant que motifs émergents qui se sélectionnent mutuellement.

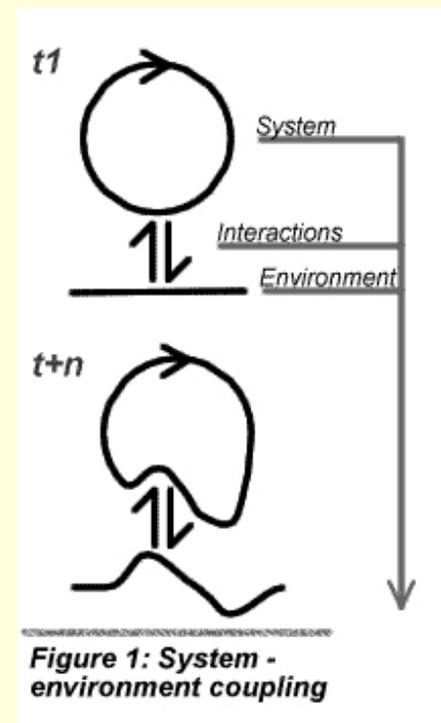
Troisième idée :

La cognition, conçue ici comme la **génération de sens**, émerge de patterns sensorimoteurs récurrents de perception et d'action, ce que Varela appelle le « **couplage** » **sensori-moteur** entre cet organisme et l'environnement dans lequel il est situé.

Ce « couplage » sensori-moteur **module**, mais ne détermine pas, la formation de patterns dynamiques d'activité neuronale **endogène**.

(modulations d'activité qui vont en retour influencer le couplage sensori-moteur)

De sorte que la cognition peut être vue comme **l'exercice d'un savoir-faire** qui s'exprime dans une **action incarnée** et **située** dans un environnement.



### Parenthèse à la 3<sup>e</sup> idée :

Le **couplage structurel** met l'accent non pas sur l'adaptation optimale d'un organisme à différentes régularités du monde mais sur la «**viabilité**» d'un certain nombre de couplages organisme-environnement.

Pour l'approche énaactive, l'**évolution** ne consiste donc **pas en une adaptation optimale**, mais en une **dérive naturelle**. » («natural drift», en anglais) où l'environnement est vu surtout comme quelque chose **qui interdit ou proscrit** certains couplages entre un organisme et son environnement.

L'environnement n'est donc pas considéré comme quelque chose qui dicterait aux organismes leur structure optimale, et de fait, **différentes structures peuvent s'accommoder des contraintes imposées par un même environnement.**

**En passant d'une logique prescriptive à une logique proscriptive, on peut donc voir opérer la sélection darwinienne, mais en un sens modifié :**

la sélection écarte simplement ce qui n'est pas compatible avec la survie et la reproduction.

En anglais, on parle de **satisficing**, (i.e. adoption d'une solution sous-optimale mais néanmoins acceptable, en ce qu'elle **dépasse un seuil limite de satisfaction**) plutôt que d'optimisation.

La sélection opère ici comme un large filtre de survie admettant toute structure dotée d'une robustesse suffisante pour persister.

### **Analogie :**

Se faire tailler un costume sur mesure par un tailleur  
(sélection naturelle optimale)...

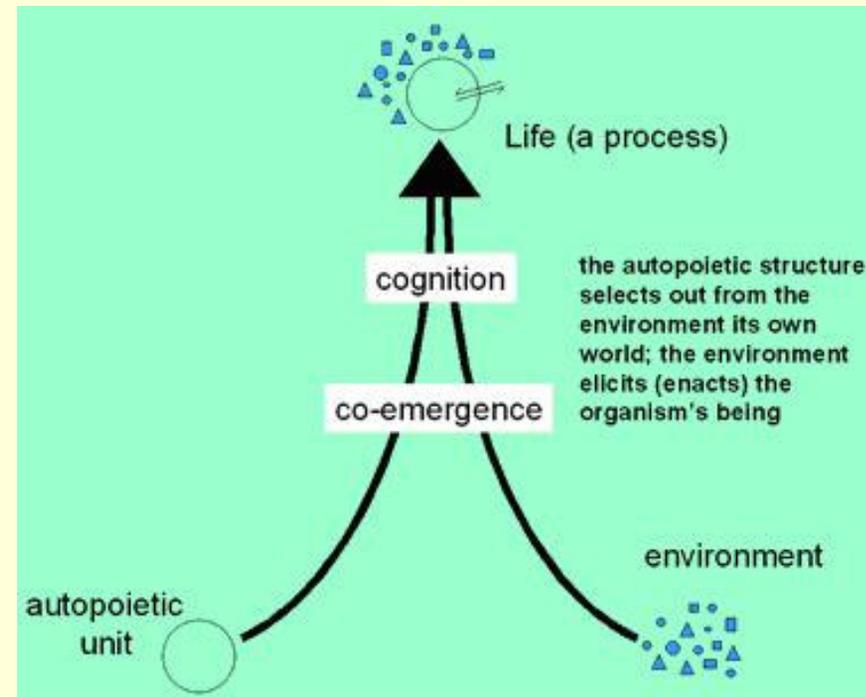
...ou bien se rendre dans les grands magasins et choisir un costume qui ne nous va pas trop mal parmi ceux qui sont disponibles  
(dérive naturelle viable et satisfaisante)

Quatrième idée :

Ce qui constitue le monde cognitive d'un organisme n'est pas une réalité extérieure prédéterminée et faisant l'objet d'une représentation interne par son cerveau.

Ce monde cognitif est plutôt **un domaine relationnel mis de l'avant**, ou **énacté**, par le **mode de couplage** entre cet agent autonome et l'environnement.

La relation entre le monde et l'organisme en est donc une de **co-détermination**.



## Parenthèse à la 4e idée :

L'objet « chaise », défini comme une chose sur laquelle on s'assoit, existe pour les humains, mais pas pour les chats (pour lui, c'est un obstacle, ou un lit, mais pas quelque chose qui sert à s'asseoir).

On peut donc faire la distinction entre « **monde-milieu** » (« umwelt ») (la chaise pour s'asseoir de l'humain ou la chaise pour dormir du chat) et « **monde physique** » (un objet avec 4 pattes, une surface horizontale et un dossier).

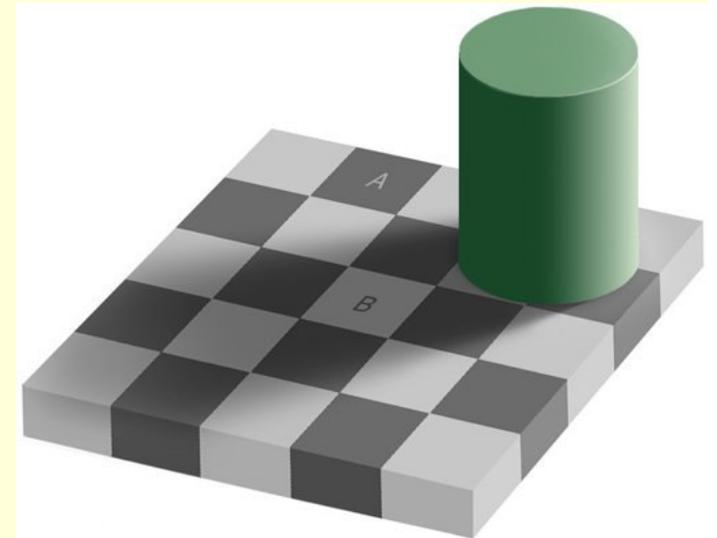
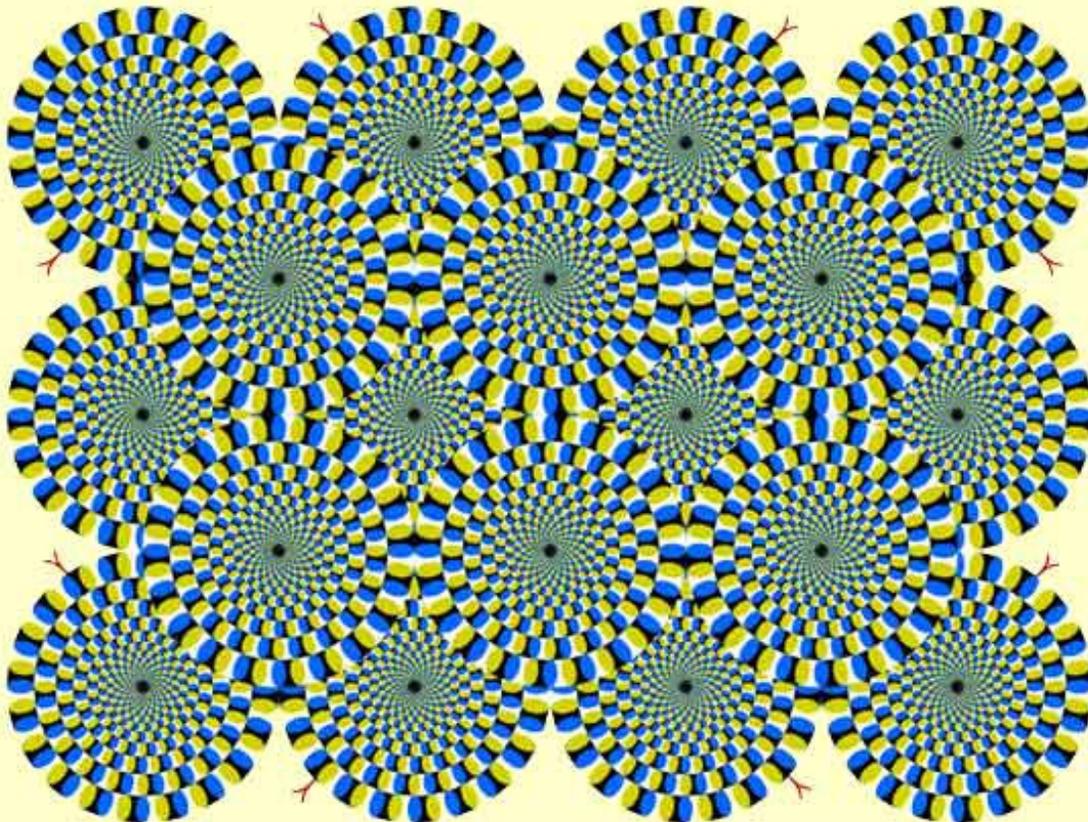
La position philosophique du « **réalisme scientifique** » dit qu'on pourrait transcender, dépasser ou réduire « notre monde-milieu » pour qu'il finisse par correspondre au monde physique.

La position de l'énaction, elle, n'admet pas qu'on puisse réduire l'un à l'autre. Pour elle, un individu ne peut interagir qu'avec son « **monde-milieu** » (du fait de l'historique des couplages sensori-moteur de son action incarnée dans un corps particulier) et pas avec le **monde physique**.

[ Laborit parle de Structure avec un grand S versus structure avec un petit s ]

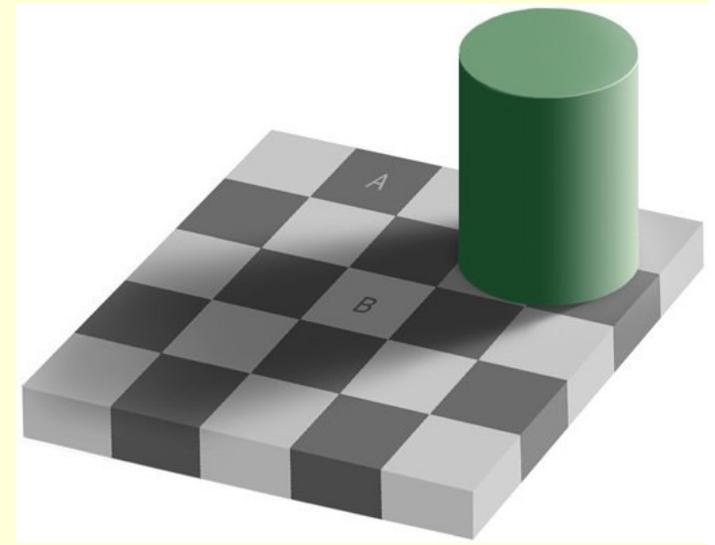
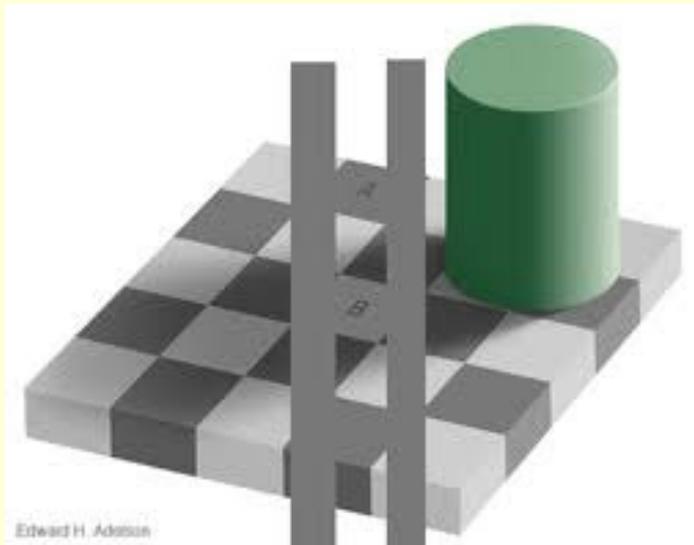
Dire que la cognition est incarnée c'est prendre en considération le fait que chaque espèce a son propre « monde-milieu » qui a été **enacté à travers l'évolution.**

Par exemple, nous, humains, regardons ces images avec un certain type de système visuel...



...qui ne nous donne pas accès directement au monde physique  
puisque'il n'y a pas de mouvement dans le premier et que  
les cases sont de la même teinte dans le second.

Ce que ce que nous percevons  
**est bien différent du stimulus visuel physique...**



En étudiant différents systèmes visuels de vertébrés, et surtout leur **système chromatique propre**, Varela montre que **la sensation de couleur n'est pas entièrement donnée par le monde physique** mais dépend aussi des mécanismes de perception mêmes.

À chaque type de système visuel correspond donc un type de monde énéacté. [et il y a de long développement dans Embodied Mind où la couleur comme perçue directement du monde physique en prend pour son rhume...]

Autrement dit, **le modèle newtonien de dispersion de la lumière, ne suffit plus à expliquer le phénomène de la couleur.**

Et ce que dit l'énéaction, c'est que puisque notre lignée biologique s'est maintenue, nos **catégories de couleur** sont **viables ou efficaces**.

Mais d'autres espèces ont développé différents mondes perçus de la couleur sur la base d'opérations neuronales différentes [dichromates, tétrachromates, pentachromates...] qui sont aussi viables !

C'est pourquoi notre monde de perception de la couleur **ne doit pas** être considéré comme la « solution » optimale apportée à un « problème » posé par l'évolution.

Cinquième idée :

**L'expérience vécue** consciemment par un organisme (son « monde » de perceptions) n'est pas un épiphénomène, ou un "effet secondaire" de processus cognitifs inconscients.

Elle est plutôt centrale et doit être **explorée** minutieusement en s'inspirant de la tradition phénoménologique (européenne et orientale) si l'on veut une science globale de l'esprit.

L'approche énactive soutient que les sciences cognitives et les investigations phénoménologiques sur l'expérience vécue doivent être poursuivies de manière **complémentaire** et en **s'informant mutuellement**, ce que Varela appelle la "neurophénoménologie".

## Parenthèse à la 5e idée :

L'énaction se réclame de la phénoménologie, **non pas dans son sens transcendantal ou très théorique**, mais conformément à son sens étymologique, c'est-à-dire ce qui se manifeste en «première personne», **dans la réflexion incarnée.**

Celle-ci devra être «attentive et vigilante», donc non abstraite et **ouverte au corps qui la rend possible.**

Cette pratique dite de l'attention/vigilance on la retrouve, nous dit Varela, dans la **tradition bouddhiste.**

D'où l'intérêt de celui-ci pour certaines pratiques bouddhistes préconisant un développement graduel de la capacité de présence à l'esprit et au corps dans la méditation comme dans les expériences de la vie ordinaire.

Car Varela souhaitait que les théories de la cognition incarnée puissent avoir **un impact sur notre vie quotidienne.** (voir son éthique...)



En guise de conclusion :

On a pu constater qu'un « concept », un modèle ou une théorie scientifique est **une construction souvent élaborée**, qui prend appui sur diverses connaissances, et qui **tente d'être plus « englobant » au niveau explicatif**, que les concepts ou modèles précédents.

(pour d'expliquer le même phénomène, ici la cognition, mais en repoussant les limites des théories précédentes, ici le cognitivisme et le connexionnisme).

Tout comme l'exemple très connu de la théorie de la relativité d'Einstein qui **n'a pas invalidé** la théorie de la gravitation de Newton, mais en a fait un cas particulier à une certaine échelle humaine...

« [...] all fields require actors who are sensitive to the anomalies which constantly surround us. These anomalies must be maintained in a state of suspension or cultivation while one can find an alternative expression which reformulates the anomaly as a central problem of life and knowledge.»

– F. Varela



Ou, comme le dit encore plus simplement Varela :

« Stay with the open question. »

\* \* \*

## Quelques références :

Monte Grande

<http://vimeo.com/30813744>

L'apport des sciences cognitives - Francisco Varela  
(dans Le Cerveau à tous les niveaux)

[http://lecerveau.mcgill.ca/flash/a/a\\_12/a\\_12\\_p/a\\_12\\_p\\_con/a\\_12\\_p\\_con.html#varela](http://lecerveau.mcgill.ca/flash/a/a_12/a_12_p/a_12_p_con/a_12_p_con.html#varela)

Le cerveau n'est pas un ordinateur

*On ne peut comprendre la cognition si l'on s'abstrait de son incarnation*

Entretien avec Francisco Varela par Herve Kempf

La Recherche, No. 308 Avril 1998, p.109-112

<http://inventin.lautre.net/livres/Varela-Cerveau.pdf>

« L'ESPRIT N'EST PAS UNE MACHINE ». RENCONTRE AVEC LE  
NEUROBIOLOGISTE FRANCISCO VARELA, UN DES PÈRES DE LA  
RECHERCHE COGNITIVE

<http://fredericjoignot.blog.lemonde.fr/2007/09/19/lesprit-nest-pas-une-machine-rencontre-avec-le-neurobiologiste-francisco-varela-un-des-peres-de-la-recherche-cognitive/>