

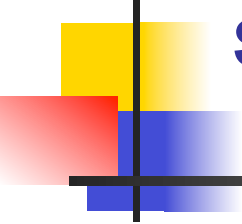
Qu'est-ce que la vie?

Question scientifique ou philosophique?

Jean Gayon

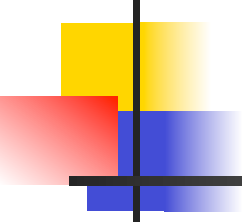
Institut d'histoire et de philosophie des sciences et des techniques

Un. Paris 1 Panthéon-Sorbonne/CNRS/ENS



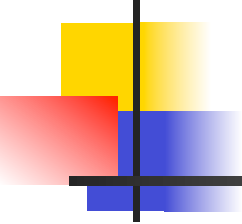
Sommaire

- 1) Vie: une notion fondamentalement intuitive
- 2) Une définition scientifique de la vie est-elle souhaitable?
- 3) Typologie des définitions théoriques de la vie aujourd'hui
- 4) Les définitions philosophiques de la vie



1) Vie: une notion fondamentalement intuitive

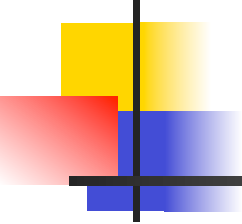
La reconnaissance de la vie (discrimination entre animé et non-animé): une capacité cognitive remarquable de tous les êtres humains (et davantage).



1) Vie: une notion fondamentalement intuitive

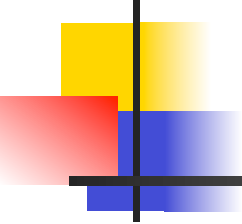
“Notre survie et celle de notre espèce dépend d’une réponse rapide et correcte à la question: ‘ceci est-il vivant?’. (...). Notre détecteur de vie montre bien sa puissance lorsque nous scrutons une rivière turbulente depuis un pont: les remous et les vagues réfléchissent la lumière du soleil, les mouvements de l’eau nous éblouissent, et pourtant, si l’eau est claire, nous pouvons voir un poisson — tout particulièrement s’il nage à contre-courant —, et nous savons alors qu’il est vivant. Si jamais vous pensez que cela est facile et trivial, essayez donc de concevoir un appareil détecteur de vie capable de repérer la présence de ce poisson. C’est là une entreprise particulièrement difficile; néanmoins la détection de la vie est une partie de notre équipement mental naturel.”

James Lovelock, *The Vanishing Face of Gaia. A Final Warning*, Victoria (Australia), Allen Lane-Penguin Books, 2009.



1) Vie: une notion fondamentalement intuitive

- La capacité intuitive de discriminer le vivant du non vivant:
 - a une très large portée;
 - est considérablement amplifiée et améliorée par l'apprentissage et par nos connaissances;
 - n'est pas infaillible;
 - s'est heurtée à toutes les époques, mais surtout à l'ère moderne (depuis le 18^e siècle) à des cas douteux.
 - 18^e siècle: les molécules organiques de Buffon, ou les “animaux ressuscitants”
 - Aujourd'hui: virus, animaux coloniaux, écosystème, biosphère



1) Vie: une notion fondamentalement intuitive

- Le caractère intuitif du concept de vie le distingue d'autres concepts hautement abstraits dans les sciences (par ex. énergie, force, gène...): *“Vie” n’est pas un terme désignant une entité non observable intervenant dans des hypothèses fondamentales visant à expliquer certaines classes de phénomènes.*
- Un aspect important de la notion intuitive de la vie: son caractère antagoniste (vivant/non vivant) plutôt qu’un contenu spécifique
- Cause de cet état de fait: pour des raisons toutes pratiques, nous avons besoin de discriminer les êtres vivants des êtres non vivants.

2) Une définition scientifique de la vie est-elle souhaitable?

2.1. Limites des définitions dans les sciences

- **Définitions lexicales/stipulatives**
 - Lexicales: usage explicite dans un contexte donné (définitions des dictionnaires ou des études historiques)
 - Stipulatives (ou “législatives”): assignation délibérée d’un sens à un mot, dans un but de clarification
(Richard Robinson, *Definition*, Oxford, Oxford UP, 1950)
- **Exemples**
 - Enquête *International Society for the Study of the Origins of Life*: 78 définitions différentes données par les membres de cette société.
Palyi G, Zucchi C, Caglioti L. (2002). “Short definitions of life”, in *Fundamentals of Life*, Paris: Elsevier, pp. 15-55
 - Définition de la Nasa (programme « Exobiologie »):
« La vie est un système auto-maintenu, capable d’évolution darwinienne » (Gerald Joyce, 1992)

2) Une définition scientifique de la vie est-elle souhaitable?

2.1. Limites des définitions dans les sciences

- **Réserves de Popper sur les définitions**

- Essentialisme (*The Open Society and its enemies*, 1945, vol. 2): une conception de la connaissance qui privilégie les questions du type « Quelle est la vraie nature de quelque chose (son essence)? »
- Stérilité de cette attitude: la science ne vise pas à révéler des essences par des définitions, mais à décrire et expliquer le comportement de choses observables dans des circonstances données, par le moyen de lois conjecturales.
- Les définitions sont nécessaires, mais seulement d'un point de vue pragmatique (communication claire): non pas « en quoi cette chose consiste-t-elle? » mais « qu'entendons-nous par tel mot dans tel contexte? ».
- Ce importe, ce sont les *hypothèses* que nous formulons à l'aide des termes, pas les définitions. Le sens des termes ne constitue pas une question théorique importante, c'est une question pragmatique.

2) Une définition scientifique de la vie est-elle souhaitable?

2.1. Limites des définitions dans les sciences

- **Ce que dirait (peut-être) Popper aujourd'hui à propos des tentatives de définition de la vie:**
 - La “vie” n’est pas davantage un concept scientifique que n’est la “matière”, car ce terme ne fait pas partie des hypothèses qui s’efforcent de rendre compte d’un comportement dans des classes de phénomènes observables.
 - Une définition stipulative peut être néanmoins utile pour circonscrire ce dont on parle dans des domaines déterminés de recherche scientifique.

2) Une définition scientifique de la vie est-elle souhaitable?

2.2. “Biologie” et “vie”

- Dans la majorité des traités de biologie, le sens des mots « vie » et « vivant » n'est quasiment jamais défini.
- Rapport entre cet état de fait et l'histoire de la « biologie »
- Origine du mot: 1800, 1766, ou avant? — La science qui étudie toutes les formes et manifestations de la vie, et seulement cela.
- Raisons du succès du mot « biologie »: émergence de théories embrassant l'ensemble des phénomènes de la vie (mais sans pour autant *définir* la vie): théorie cellulaire, théorie de l'évolution, biochimie, biologie moléculaire
- De là résultent les « définitions-paquets » de nombreux auteurs contemporains, définitions fondées sur une agrégation de propriétés empruntés aux grandes théories unificatrices.

2) Une définition scientifique de la vie est-elle souhaitable?

2.3. Définir la vie aujourd'hui? Quel enjeu?

- Un besoin pour trois domaines de recherche : exobiologie, vie artificielle, origines de la vie. Nécessité d'un critère opératoire, pour des raisons
 - ✓ Pragmatiques (compréhension mutuelle)
 - ✓ Théoriques (identification de la vie au delà de nos intuitions communes sur les êtres vivants)

2) Une définition scientifique de la vie est-elle souhaitable?

2.3. Définir la vie aujourd'hui? Quel enjeu?

- Un besoin pour trois domaines de recherche : exobiologie, vie artificielle, origines de la vie. Nécessité d'un critère opératoire, pour des raisons
 - ✓ Pragmatiques (compréhension mutuelle)
 - ✓ Théoriques (identification de la vie au delà de nos intuitions communes sur les êtres vivants)
- Distinction souvent délicate mais importante: définir *vs.* donner un critère opérationnel de reconnaissance

2) Une définition scientifique de la vie est-elle souhaitable?

2.3. Définir la vie aujourd'hui? Quel enjeu?

- Un besoin pour trois domaines de recherche : exobiologie, vie artificielle, origines de la vie. Nécessité d'un critère opératoire, pour des raisons
 - ✓ Pragmatiques (compréhension mutuelle)
 - ✓ Théoriques (identification de la vie au delà de nos intuitions communes sur les êtres vivants)
- Distinction délicate mais importante: définir *vs.* donner un critère opérationnel de reconnaissance
- Une proposition intéressante: le pluralisme définitionnel
(Christophe Malaterre, "Lifeness signatures and the roots of the tree of life", *Biology and Philosophy*, 2010)
 - Dans les recherches sur les origines de la vie: la vie, une affaire de « plus ou moins » (degrés de vie) (Bruylants G., Bartik K., and Reisse J. "Is it useful to have a clear-cut definition of life? On the use of fuzzy logic in prebiotic chemistry", in *Defining life*, OLEB 2009)
 - Malaterre: idée d'explorations qualitativement différentes et partielles

Tiré de:

Christophe Malaterre, « Life signatures and the roots of the tree of life », *Biology & Philosophy*, 2010

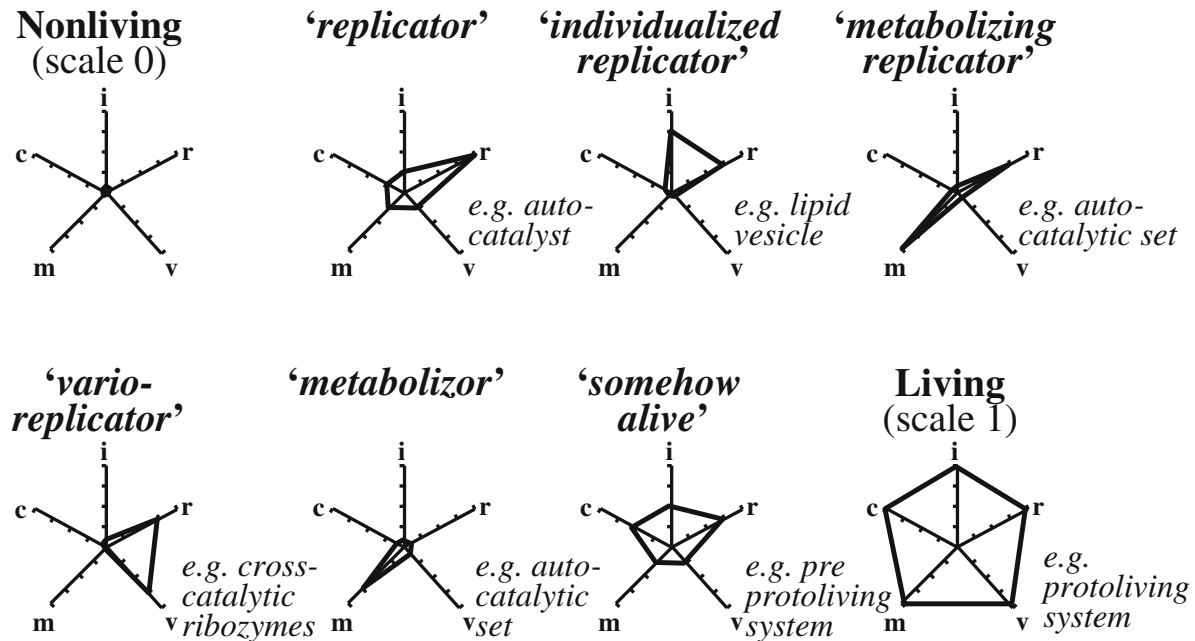
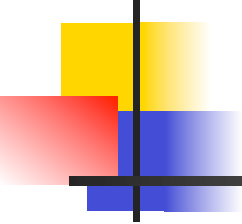
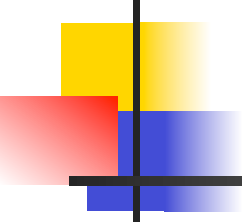


Fig. 2 Lifeness signatures for systems in between non-living and living matter. The 'lifeness signature' of a given system is represented by a polygon joining the performance scores of this system along each one of the relevant functional dimensions. In the cases depicted here, 'i' represents individuation, 'r' replication, 'v' variation, 'm' metabolism and 'c' coupling. Each scale goes from the center (value zero) to the periphery (value one)



3) Essai de typologie des définitions théoriques de la vie aujourd'hui

- **Définitions fondées sur une liste *vs.* définitions fondées sur un modèle**
 - ✓ Définitions fondées sur une liste. Elles énoncent un ensemble de conditions nécessaires et suffisantes pour qu'un système soit vivant. Elles procèdent d'une démarche inductive plus ou moins élaborée. Par exemple:
 - Croissance
 - Reproduction
 - Capacité d'autoréparation
 - Variabilité
 - Existence d'un métabolisme capable de synthétiser des molécules
 - Présence de macromolécules complexes telles qu'acides nucléiques et protéines
 - Individualisation par une membrane
 -
 - ✓ Excellente discussion des problèmes soulevés par ce genre de définition dans Michel Morange, *La vie expliquée*, Paris, Éd. Odile Jacob, 2003, chap. 3.

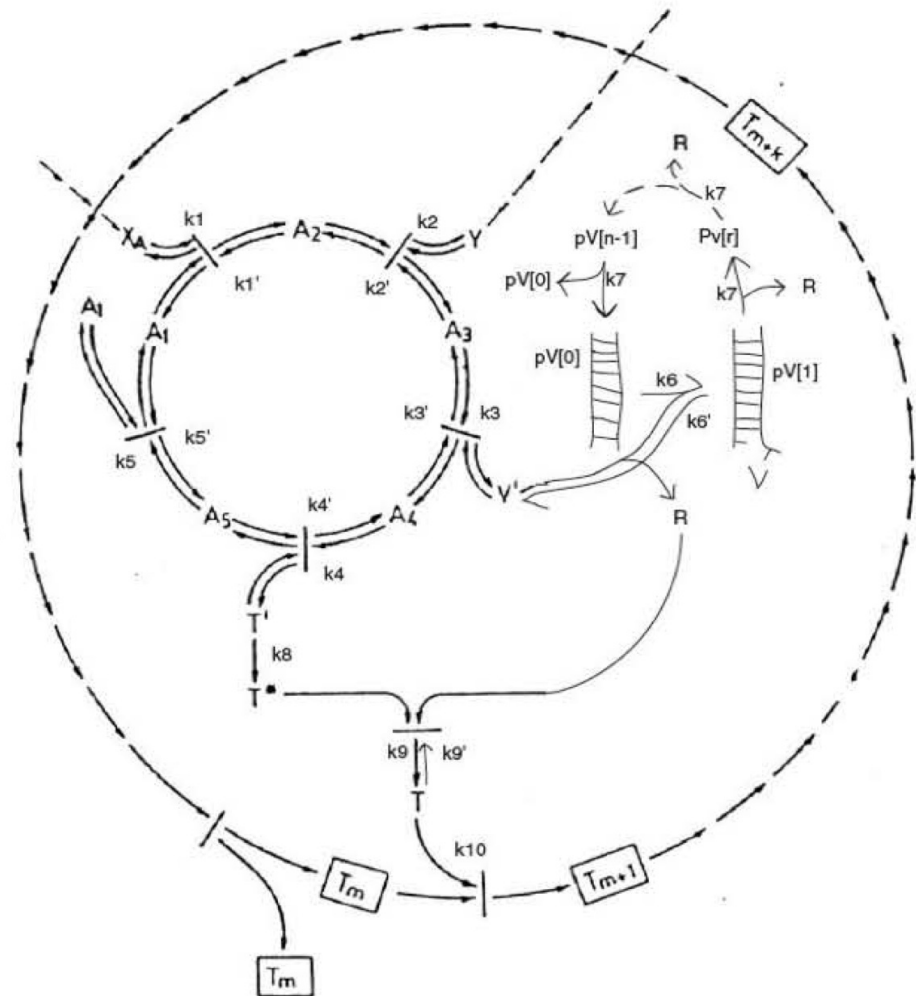


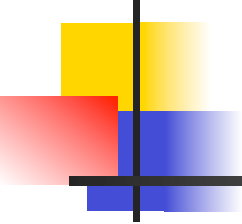
3) Essai de typologie des définitions théoriques de la vie aujourd'hui

- **Définitions fondées sur un modèle**
 - ✓ Elles définissent les systèmes vivants sur la base d'un modèle qui décrit le fonctionnement typique d'un tel système. Le modèle est plus ou moins formalisé, et est souvent résumé par un schéma qui résume les processus fondamentaux qui produisent le résultat attendu.
 - ❑ Ex.: le “chemoton” de Gánti (1952): constitué de trois sous-systèmes catalytiques interdépendants (constituant un système métabolique), et d'une membrane qui enveloppe l'ensemble des constituants.
 - ✓ Dans les définitions fondées sur un modèle, un système physico-chimique est dit vivant si son fonctionnement peut être représenté par un modèle homologue du modèle proposé dans la définition.
 - ✓ De telles définitions sont dans l'esprit d'une démarche scientifique hypothétique. C'est aujourd'hui l'objet d'une quasi-discipline.

3) Essai de typologie des définitions théoriques de la vie aujourd'hui

Tibor Gánti
Chemoton
1952

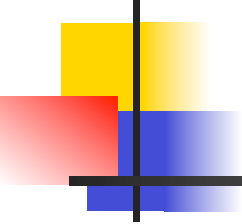


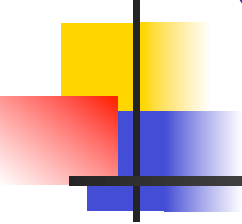


3) Essai de typologie des définitions théoriques de la vie aujourd'hui

- Quatre définitions théoriques de la vie (analyse fondée sur le colloque *Defining life* (publié dans *OLEB*, 40, 2009))

Quatre définitions théoriques ontemporaines de la vie

- 
- (1) “[Life is] a complex network of self-reproducing autonomous agents whose basic organization is instructed by material records generated through the open-ended, historical process in which that collective network evolves.” (Ruiz-Mirazo and Moreno 2009).
 - (2) “Life is a self-sustained chemical system capable of undergoing Darwinian evolution.” (definition given in the NASA program of exobiology).
 - (3) “Living entities are self-maintained systems, capable of adaptive evolution, individually, collectively or as a line of descent... Life is a concept indicating that the capacity to express these attributes is either virtually or actually present.” (Popa 2009).
 - (4) “A living system is a system which is capable of self-production and self-maintenance through a network of regenerative process from within a boundary of its own making.” (Damiano & Luisi 2009, summarizing Maturana & Varela 1980)

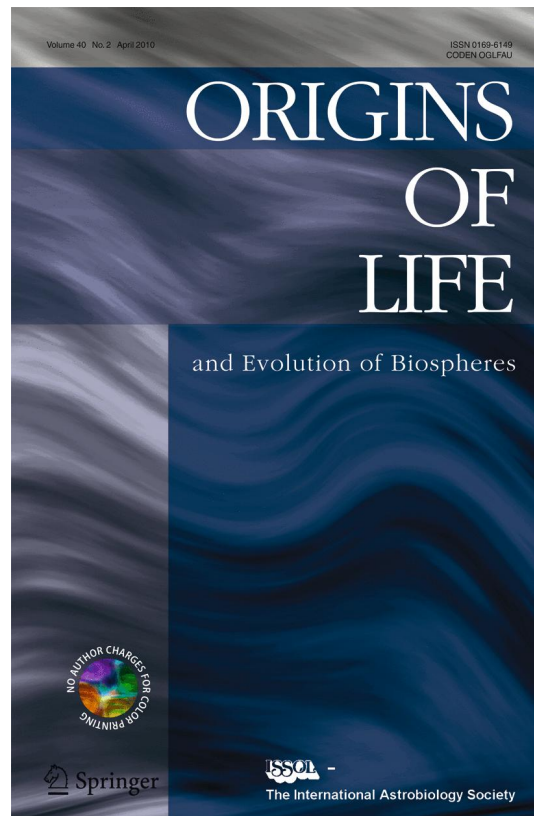


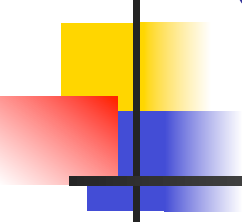
Quatre familles de définitions théoriques de la vie

- (1) “[La vie est] un réseau complexe d’agents autonomes et auto-reproducteurs dont l’organisation de base résulte d’archives matérielles engendrées par le processus historique ouvert dans lequel ce réseau évolue” (Ruiz-Mirazo and Moreno 2009).
- (2) “La vie est un système chimique auto-entenu capable d’évolution darwinienne” (définition utilisée par la NASA dans son programme d’exobiologie, 1992).
- (3) “Les entités vivantes sont des systèmes auto-entenus, capables d’évolution adaptative, soit individuellement, soit collectivement, soit en tant que lignées évolutives (...) La vie est un concept dénotant la capacité d’exprimer ces attributs de manière virtuelle ou réelle.” (Popa 2009).
- (4) “Un système vivant est un système capable d’auto-production et d’auto-entretien grâce à un réseau de processus régénératifs, opérant à l’intérieur d’une frontière marquant sa propre production.” (Damiano & Luisi 2009, résumant Maturana & Varela 1980).

Remerciements

ISSN 0169-6149, Volume 40, Number 2

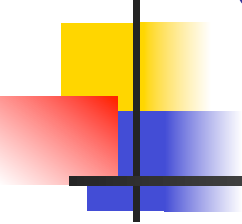




Quatre familles de définitions théoriques de la vie

Ces quatre définitions n'épuisent pas le champ des définitions proposées, mais elle donnent une idée de la structure du débat.

Elles ressemblent collectivement à ce que les botanistes appellent une « famille par enchaînement » (par ex. les rosacées, 95 genres et 20900 espèces): on ne peut pas reconnaître un membre de la famille sur un critère simple. Il y en a plusieurs; les genres composant la famille manifestent une transition graduelle qui permet de parcourir la famille avec la conviction d'un air de ressemblance.



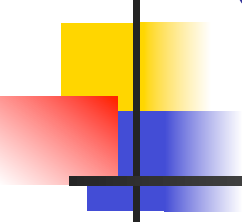
Quatre familles de définitions théoriques de la vie

Ces quatre définitions n'épuisent pas le champ des définitions proposées (pour une 5^e, peut-être, demander à Matteo Mossio)

Elles ressemblent collectivement à ce que les botanistes appellent une « famille par enchaînement » (par ex. les rosacées, 95 genres et 20900 espèces): on ne peut pas reconnaître un membre de la famille sur un critère simple. Il y en a plusieurs; les genres composant la famille manifestent une transition graduelle qui permet de parcourir la famille avec la conviction d'un air de ressemblance.

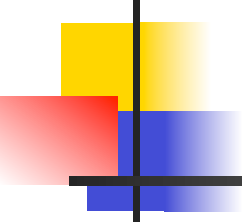
En glissant d'une définition à l'autre, on reconnaît quelques alternatives qui opèrent dans les transitions:

- Définitions exclusivement centrées sur l'individu, ou exclusivement sur l'évolution, ou incluant les deux comme capacités nécessaires de la vie
- Du pt de vue des processus: Auto-maintien vs. reproduction
- Définition spéculative vs. définition opérationnelle (pragmatique)
- Plus ou moins grande généralité (4 plus générale que les autres)



Quatre familles de définitions théoriques de la vie

- (1) “[La vie est] un réseau complexe d’agents autonomes et auto-reproducteurs dont l’organisation de base résulte d’archives matérielles engendrées par le processus historique ouvert dans lequel ce réseau évolue” (Ruiz-Mirazo and Moreno 2009).
- (2) “La vie est un système chimique auto-entenu capable d’évolution darwinienne” (définition utilisée par la NASA dans son programme d’exobiologie, 1992).
- (3) “Les entités vivantes sont des systèmes auto-entenus, capables d’évolution adaptative, soit individuellement, soit collectivement, soit en tant que lignées évolutives (...) La vie est un concept dénotant la capacité d’exprimer ces attributs de manière virtuelle ou réelle.” (Popa 2009).
- (4) “Un système vivant est un système capable d’auto-production et d’auto-entretien grâce à un réseau de processus régénératifs, opérant à l’intérieur d’une frontière marquant sa propre production.” (Damiano & Luisi 2009, résumant Maturana & Varela 1980)

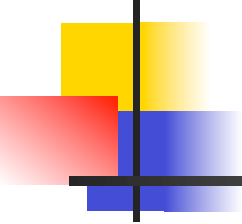


3) Typologie des définitions théoriques de la vie aujourd'hui

Variante de la définition 4

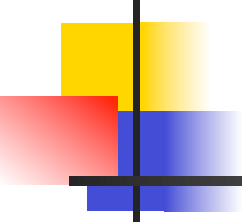
- (4) “Un système vivant est un système capable d’auto-production et d’auto-maintenance grâce à un réseau de processus régénératifs opérant à l’intérieur d’une frontière marquant sa propre production.” (Damiano & Luisi 2009, résumant Maturana & Varela 1980)

- (4bis) “Un système A est vivant quand [il] s’auto-entretient grâce à un réseau de processus régénératifs opérant à l’intérieur d’une frontière marquant sa propre production, and quand il est en interaction adaptative *cognitive* avec le milieu.” (Damiano & Luisi 2009)



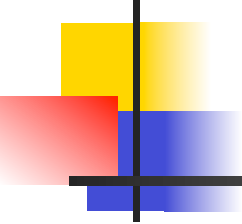
4) Définitions philosophiques de la vie

- Dans les grandes lignes, toutes ont *préexisté* à la “biologie” (elles sont antérieures à 1800). Cf. l’article légendaire de Canguilhem, “Vie”, in *Encyclopedia Universalis*, 1968.



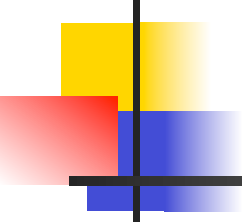
4) Définitions philosophiques de la vie

- Trois concepts de la vie (animation, mécanisme, organisation), valant comme trois ‘explications’; trois interprétations et dénominations du vivant (être animé, machine organique, organisme); trois philosophes de premier plan: Aristote, Descartes, Kant.
- Chacun de ces concepts philosophiques de la vie prend parti sur la nature de la distinction vivant/non vivant
 - Animation: distinction ontologique
 - Mécanisme: non distinction en nature, distinction en degré (complexité)
 - Organisation: distinction épistémologique (1. Inévitabilité de la téléologie comme principe régulateur; 2. clôture fonctionnelle reposant sur des boucles causales)
- Rapport avec les définitions ‘scientifiques’ de la vie.



Conclusions

- Qu'est-ce que la vie? Question scientifique ou philosophique?
- Dans la biologie contemporaine, le terme 'vie' n'intervient guère comme un terme théorique entrant dans des hypothèses ou modèles.
-
- Noter néanmoins l'existence d'une tradition théorique, non restreinte à la biologie, et visant à définir la vie sur la base de modèles (*model-based definitions*)
- Dans la science comme dans l'expérience ordinaire, la reconnaissance de la vie reste fondée sur un processus intuitif, lui-même enraciné dans une capacité cognitive qui est le résultat d'une longue évolution.



Conclusions

- Les définitions théoriques contemporaines de la vie se rangent en deux catégories: — celles fondées sur l'auto-maintien, l'auto-production, le métabolisme et l'individualité; — celles qui mettent en avant la reproduction et les collectifs qui en résultent.
- Cette alternative est sans doute trop simple. La vie peut très bien avoir émergé selon des chemins variés, l'évolution prébiotique ressemblant alors à l'évolution biotique. Mais nous n'en savons rien.