

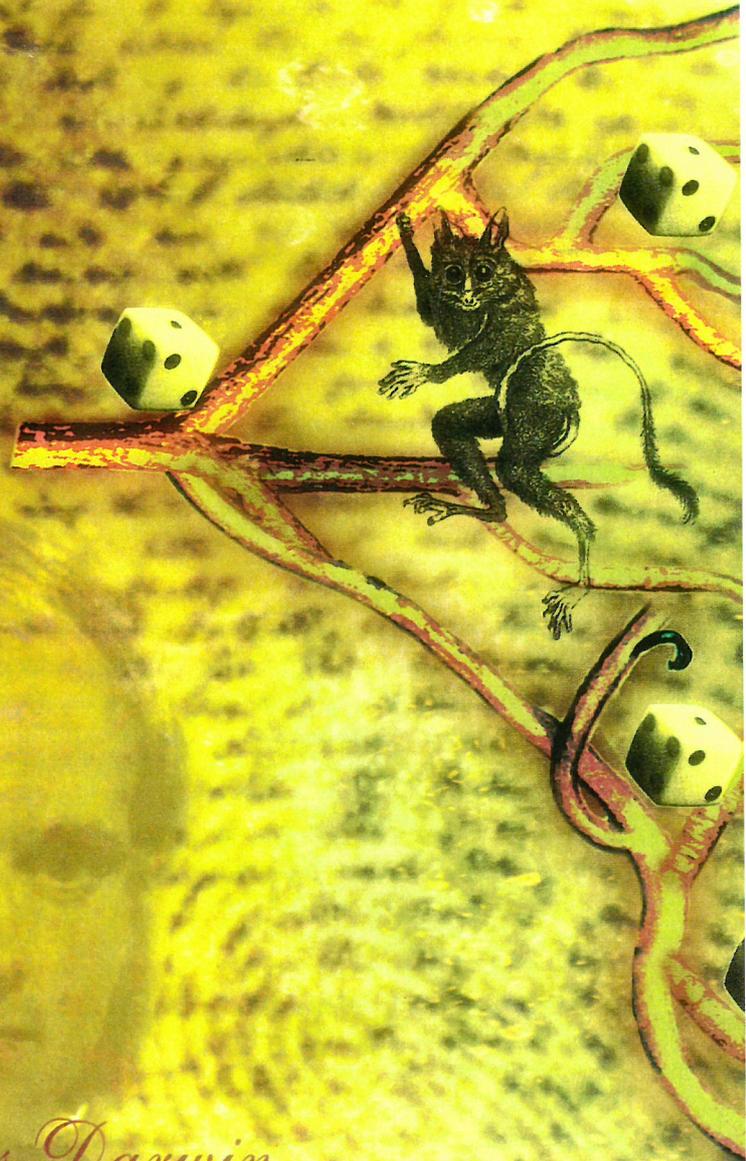
DARWINISME

Le bricolage de l'évolution

La théorie darwinienne de l'adaptation par sélection naturelle a permis de remplacer la finalité qui semble guider l'évolution du monde par un système de causalité physique. Mais Darwin n'a-t-il pas au fond conservé une place pour la finalité à l'intérieur même du schéma de la sélection naturelle ?

PAR GUSTAVO CAPONI, PROFESSEUR D'HISTOIRE DES SCIENCES
À L'UNIVERSITÉ FÉDÉRALE DE SANTA-CATARINA (BRÉSIL)

*Charles Darwin
(1809-1882)*



Le bricolage de l'évolution

Aborder les organismes comme des êtres vivants, et pas seulement comme des systèmes physiques hautement complexes, c'est les considérer comme des structures résolvant des problèmes qui, même dans le cas d'une seule espèce, peuvent être aussi divers et hétérogènes que devoir s'alimenter, fuir devant les prédateurs, protéger sa progéniture ou avoir une activité sexuelle. Cette diversité, cependant, peut se résumer dans toutes les formes vivantes à un seul problème fondamental : celui de la survie, entendue non seulement comme préservation de soi mais aussi comme celle des caractéristiques propres à l'espèce à travers la reproduction. Tous les problèmes du vivant ne sont, finalement, que les différentes formes de ce problème de survie, et la capacité à les résoudre s'appelle adaptation.

La théorie darwinienne de la sélection naturelle a permis d'étudier l'élaboration de cette capacité sans avoir recours à l'anthropomorphisme. Sa principale contribution a été de répondre au problème que Newton formula dans la vingt-huitième question de son *Optique* : « *Comment les corps des animaux arrivent-ils à être dessinés avec autant d'art et dans quel but furent faites leurs différentes parties ?* »

Avant d'être une théorie de l'évolution, le darwinisme constitue une théorie de l'adaptation, c'est-à-dire de la capacité des structures organiques à se maintenir et à se diffuser dans un milieu déterminé par le biais de la reproduction. Pour Darwin, la sélection naturelle est avant tout et fondamentalement un mécanisme producteur d'adaptation ; son fonctionnement suppose qu'il existe une population d'or-

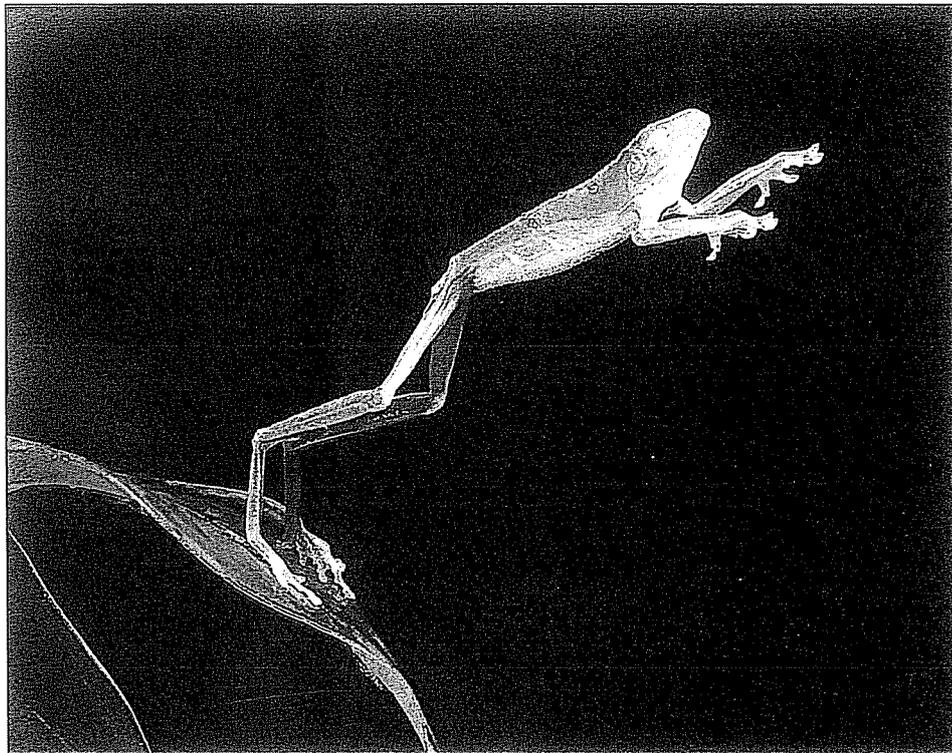
ganismes présentant des aptitudes différentes à la reproduction, aptitudes qui varient avec des caractéristiques transmises héréditairement. Etant donné cette différence entre organismes dans la capacité à se reproduire, les caractéristiques héréditaires de certains d'eux tendront à se diffuser plus que d'autres dans la population. C'est là, dans toute sa banalité, la survie des plus aptes. Ainsi, pour Darwin, il ne s'agit pas d'expliquer l'existence d'une structure adaptée pour répondre à Newton, mais de faire appel à la capacité adaptative comme unique explication plausible de cette existence. S'il s'agit simplement de subsister (et non, par

exemple, d'être plus complexe, plus intelligent ou plus beau) et si l'adaptation n'est que cette aptitude à perdurer, alors il suffit d'un mécanisme producteur de formes alternatives totalement involontaire pour que la propre viabilité ou la non-viabilité de ces formes alternatives mène à leur élimination ou à leur conservation. C'est le rôle des mutations aléatoires et de la sélection naturelle.

Ce processus peut avoir un effet transformateur ou bien conservateur. A un moment donné, les variantes favorisées peuvent être différentes de celles qui l'étaient le plus jusque-là ; mais si, durant un laps de temps déterminé, apparaissent tou-

jours plus ou moins les mêmes variations ou surgissent seulement quelques alternatives nouvelles, les caractéristiques favorisées demeurent celles qui ont jusqu'alors prédominé. Dans le cas de la stabilité comme dans celui de la transformation, l'effet de la sélection naturelle est, dans une certaine mesure, le même : les formes qui restent sont celles qui confèrent à ceux qui en sont porteurs une capacité supérieure qui se transmet à leurs descendants ; ce qui peut aussi s'énoncer : les formes qui perdurent sont celles qui permettent une meilleure résolution des problèmes de survie qui se présentent dans l'environnement. On peut donc dire que, dans le profil des organismes, est inscrite l'histoire des problèmes qu'ils ont dû affronter pour survivre.

La conception darwinienne du vivant se fonde sur la supposition que chaque aspect morphologique, physiologique et éthologique d'un organisme a été modelé par la sélection naturelle, tantôt



STEPHEN DALTON/NHPA

« Comment les corps
des animaux arrivent-ils
à être dessinés
avec autant d'art ? »

comme solution à un problème présenté par l'environnement, tantôt comme effet secondaire de cette solution ; à partir d'une telle perspective, on tente de déterminer quels ont été les problèmes, en montrant aussi comment de telles structures sont ou ont été concernées par leur solution.

L'affirmation que les structures organiques sont adaptées (ou associées d'une certaine manière à des structures qui sont adaptées) semble en appeler à la laborieuse reconstruction de la trame des pressions sélectives auxquelles la population a été soumise et auxquelles elle a répondu en s'adaptant. Il ne s'agit pas d'affirmer alors que tous les traits possèdent une valeur adaptative, mais que toute structure organique doit être pensée dans le contexte de la lutte pour l'existence. C'est le cas, par exemple, de la permanence dans certaines populations humaines d'Afrique du gène responsable de l'anémie falciforme, qui s'explique de la manière suivante : les individus homozygotes pour ce gène meurent avant de se reproduire, puisqu'ils sont inmanquablement atteints par cette anémie mortelle ; mais il se trouve que ceux qui sont hétérozygotes sont immunisés contre la malaria, dont ils ne sont donc pas victimes, et gardent, à l'état de gène létal, le gène de l'anémie falciforme. Celui-ci reste ainsi présent dans le génome de ces populations.

Il faut donc distinguer un certain darwinisme (ou adaptationnisme) naïf – selon lequel il existerait une explication adaptative particulière pour chaque trait organique – et un darwinisme (ou adaptationnisme) strict ou minimal – selon lequel chaque structure vivante doit être pensée dans le contexte d'une analyse analogue à celle qui vient d'être mentionnée : une struc-

ture X génétiquement associée à une structure Y peut ne pas avoir de valeur adaptative ou peut même avoir une valeur négative ; mais nous l'expliquons également en termes darwiniens quand on montre la valeur positive de Y. Ainsi, au lieu de considérer que le darwinisme est fondé sur la supposition – fautive – que chaque trait d'un organisme est une réponse à

existe en effet des facteurs physiologiques et morphologiques – c'est-à-dire non adaptatifs – liés à la structure et à la constitution des organismes, qui limitent sérieusement le pouvoir de la sélection naturelle. Ainsi, et pour reprendre un exemple proposé par Stephen Jay Gould, bien que les roues fonctionnent comme moyen de locomotion, les animaux se voient

ponse adéquate à une pression sélective impose aujourd'hui une limite à l'action de la sélection naturelle.

Cette conception est exprimée par Darwin dans *De l'origine des espèces* : « Chaque détail de structure de toute créature vivante [...] peut être considéré comme ayant eu une utilité spécifique pour une certaine forme ancestrale ou une utilité spécifique dans l'actualité pour les descendants de cette forme, directement ou indirectement, à travers de complexes lois de développement. » Et sur la base de cette hypothèse, qui peut être une conséquence du principe de sélection naturelle, on peut considérer que l'explication darwinienne des structures organiques obéit au schéma suivant, dont la première prémisse (A) est : la population P est (ou était) soumise à un ensemble S de pressions sélectives ; la seconde prémisse (B) : la structure organique E, présente dans P, constitue (ou constituait) une réponse adéquate à S, ou était associée causalement à cette réponse ; la conclusion (C) : E se diffuse (ou persiste) dans P. Nous pouvons remarquer que cet argument ne constitue pas, au

« Toute structure organique doit être pensée dans le contexte de la lutte pour l'existence »

une pression sélective spécifique, nous pouvons faire l'hypothèse, beaucoup plus difficile à mettre en doute, que la présence d'un trait héréditaire dans une population est toujours le résultat direct ou indirect d'un certain processus sélectif.

Il faut admettre pourtant que ce processus sélectif ne peut opérer que sur les possibilités offertes dans des conditions déterminées. Il

dans l'impossibilité de les développer en raison des limitations de leurs structures dues à l'évolution. Sans aller aussi loin, on peut évoquer les quatre extrémités des vertébrés terrestres et convenir que cette structure, héritée des poissons, impose des limites précises aux possibilités d'évolution : à partir de là, il est ainsi impossible que surgisse un centaure. Ce qui a constitué autrefois une ré-

Les fossiles vivants

Depuis 500 millions d'années, un certain branchiopode, la lingula, se trouve soumis à des pressions sélectives si conservatrices – ou à des mutations si malheureuses – qu'une variation quelconque à partir du modèle connu est toujours non viable. Quelque chose de similaire s'est produit avec le coelacanthé. Ces faits ne constituent cependant pas une difficulté pour le darwinisme. Celui-ci n'affirme pas le caractère « inévitable » de l'évolution mais simplement qu'elle peut être un des

résultats possibles, pas le plus probable, du processus de sélection naturelle. Le darwinisme n'est pas une forme d'évolutionnisme ; l'évolution et le progrès ne constituent pas les buts de la sélection naturelle. Pour cette raison, même si l'on peut dire que la sélection tend à produire une adaptation, on ne peut pas dire qu'elle tend à produire une évolution. Nous pouvons seulement dire que la sélection naturelle la favorisera dans la mesure où, étant donné les pressions

sélectives à laquelle la population est soumise, des formes divergentes et innovatrices peuvent se révéler plus adaptées que les formes préexistantes. L'évolution est, dans tous les cas, un effet ou un moyen possible mais non nécessaire de l'incessant processus d'adaptation auquel la vie doit se soumettre. Les fossiles vivants pourront toujours susciter curiosité et sympathie, mais ils ne pourront jamais être utilisés comme argument contre le darwinisme.

sens strict, une explication de type causal dans laquelle les pressions sélectives que subit une population sont considérées comme les causes des structures adaptatives présentes : les faits décrits dans les prémisses (A) et (B) du syllogisme ne sont pas présentés comme la cause du fait décrit par la conclusion (C). L'analyse darwinienne, plutôt que de démontrer une relation de cause à effet entre la pression sélective et la structure adaptative, établit entre les deux un lien de type solution à un problème, c'est-à-dire un lien téléologique et non pas une connexion causale.

Quand nous disons que la couleur spécifique des ailes d'un certain papillon est un moyen mimétique utilisé en réponse à la pression exercée par ses prédateurs, nous n'exprimons pas et ne pouvons pas exprimer de loi naturelle qui établisse la connexion entre pression sélective et réponse comme s'il s'agissait d'une relation causale; mais nous signalons, comme l'avait dit Robert Brandon, le « pour quoi » (*what for*) de cette caractéristique. Ainsi, face à une structure organique quelconque, le darwinisme nous amène à opérer, en utilisant le langage de Daniel Dennett, une sorte de rétro-ingénierie, ou demande inverse (*reverse engineering*), une herméneutique du vivant, dont la logique est similaire à celle d'un archéologue ou d'un historien qui tente de reconstruire la finalité et le fonctionnement d'un outil ou d'une machine ancienne. La question est la même : quel problème tentait de résoudre cette structure ?

Le darwinisme montre qu'il faut distinguer deux modalités différentes d'interrogation du vivant : l'une est causale, l'autre téléologique. Dans le premier cas, la recherche est guidée par la décision méthodologique qui exige que les phénomènes



STEPHEN DALTON/NHPA

« Loin d'exclure la finalité de la biologie, Darwin a inventé une nouvelle façon de demander pour quoi »

vivants soient pensés en des termes que Claude Bernard appelait « *causes proches* », à savoir comme résultantes d'une conjonction de lois et de conditions initiales. C'est précisément la stratégie de recherche adoptée par des disciplines expérimentales telles que la physiologie et la biologie moléculaire. Dans le deuxième cas, en revanche, on affirme que les structures organiques doivent être considérées soit comme solutions de problèmes qui restent à déterminer, soit comme parties ou effets de telles solutions. Si la première règle méthodologique peut être

appelée principe de causalité, la deuxième peut être appelée principe d'adaptation ou, si l'on préfère, principe de sélection naturelle.

En effet, le pour quoi des biologistes de l'évolution est celui que, depuis Claude Bernard, les biologistes expérimentaux ne se permettent plus de formuler. Il s'agit d'une question sur la « *raison d'être* » (comme l'a dit en français Daniel Dennett), non plus d'une élection mais bien d'une sélection. Le darwinisme nous a fait comprendre que, quels que soient la structure, la fonction ou le processus biologique, il est légitime

de se demander pour quoi cela existe. Quel avantage sélectif cela avait-il quand cela a été acquis ? Darwin ne met pas en question l'assertion fondamentale de la théologie naturelle, à savoir que le monde organique est à comprendre en fonction des adaptations et de la finalité (téléologie) dans laquelle il se manifeste ; mais sa perspective a permis d'envisager cette finalité sans recourir à l'artifice théologique suprême.

Darwin n'était pas le Newton du brin d'herbe : loin d'exclure la finalité de la biologie, il a démontré comment celle-ci peut devenir intelligible dans une perspective naturaliste. Là où il semblait n'y avoir qu'une réponse théologique, Darwin a ouvert la voie à un nouveau type de recherche scientifique, à une nouvelle façon de demander pour quoi et à une nouvelle façon de répondre qui, clairement, est différente des précédentes. Nous pouvons alors convenir, avec Wittgenstein, que le vrai mérite de Darwin fut moins la découverte d'une théorie vraie que cette nouvelle façon de formuler nos interrogations sur le vivant. Ce qui était jusqu'à présent réservé à la théologie devenait affaire de science. □

POUR EN SAVOIR PLUS

- Darwin's Dangerous Idea*, de Daniel Dennett, Penguin, Londres, 1995.
- Adaptation et Environnement*, de Robert Brandon, Princeton University Press, Princeton, 1990.
- Philosophy of Biology*, d'Elliot Sober, Oxford University Press, Oxford, 1993.
- La Téléologie dans les systèmes à organisation naturelle*, de Robert Brandon, in *Auto-organisation et émergence dans les sciences de la vie*, de Bernard Feltz, Marc Crommelinck et Philippe Goujon, Editions Ousia, Bruxelles, 1999.

La sélection de l'inutile

L'adaptationnisme strict est parfaitement illustré dans l'interprétation que Stephen Jay Gould propose du faux scrotum et du clitoris ayant l'apparence d'un pénis qui caractérise les hyènes tachetées adultes. Sans accepter la thèse selon laquelle l'apparence obéit à une pression sélective liée aux cérémonies de rencontre qui se font entre ces animaux, Gould rappelle que, dans le cas des hyènes tachetées, les femelles non seulement dirigent leurs

clans pendant la chasse et la défense du territoire, mais sont en général dominantes face aux mâles dans les rencontres individuelles. De plus, leur taille est toujours supérieure à celle des mâles. Cette supériorité de taille des femelles, très rare chez les mammifères et absente dans les autres espèces de la famille des Hyaenidae, a, en fait, son explication physiologique dans l'augmentation de la production des hormones androgènes qui, d'après Gould, ont

comme effet secondaire cette conformation des parties génitales externes qui a parfois fait penser que cet animal est hermaphrodite. Même si elle peut avoir une fonction de reconnaissance, cette caractéristique ne devrait pas être pensée comme une adaptation, mais plutôt comme une nécessité architectonique analogue aux tympanes des arcs de la basilique Saint-Marc de Venise. Gould ne doute pas, en revanche, que la taille

supérieure des femelles ainsi que leur domination soient des adaptations résultant de l'augmentation de la production d'hormones androgènes. Ainsi, sans proposer une analyse en termes d'adaptation du trait en question, Gould préserve la perspective adaptationniste. Comme dans le cas de l'anémie falciforme, s'il n'y a pas d'explication adaptative pour une caractéristique particulière, il doit y en avoir une pour quelque chose qui lui est associé.

Les limites de l'adaptationnisme

Sans aucun doute, il existe des restrictions physiques à l'action de la sélection naturelle : tout ce qui ne serait pas biologiquement optimum serait physiquement possible. De nombreux profils d'organismes obéissent à des limites ou plutôt résultent d'une transaction entre des limites et les exigences de la sélection naturelle. Le vivant n'est pas une argile indéfiniment malléable par l'action de la sélection naturelle, car celle-ci n'agit que dans les limites et les possibilités qu'offrent les structures préexistantes. Comme l'exprime la célèbre image de François Jacob, l'action de la sélection naturelle ressemble moins au procédé d'un ingénieur qu'à celui d'un bricoleur. Ou, selon les mots de Darwin : « *Dans la nature, presque toutes les parties de chaque être vivant ont probablement servi*

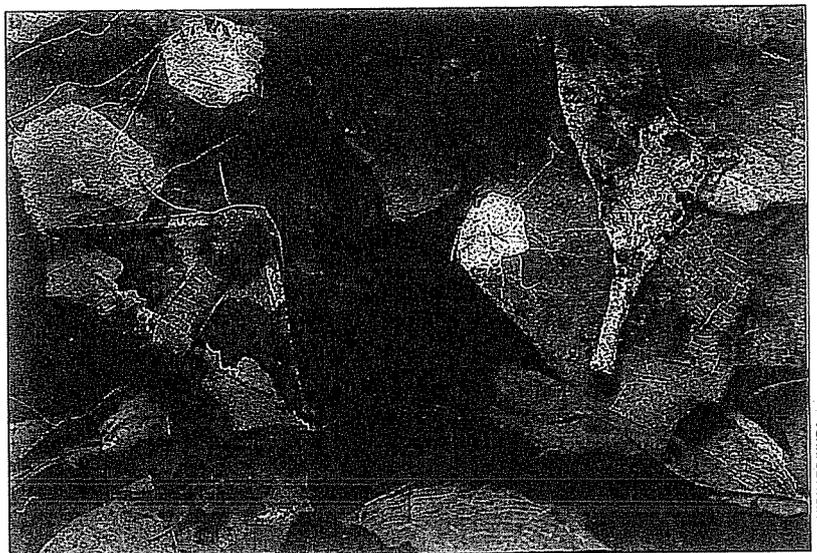
d'une façon légèrement différente selon les finalités et ont fonctionné dans le mécanisme vivant de beaucoup de formes spécifiques, anciennes et distinctes. » Mais, si nous expliquons l'émergence d'une structure adaptative en affirmant qu'elle dérive d'une structure préexistante, ou bien qu'elle avait une autre fonction, ou bien n'avait aucune fonction particulière, notre analyse n'est qu'un récit adaptatif.

Il faut cependant rappeler certaines règles de parcimonie dans l'utilisation de ces analyses : ne pas invoquer l'adaptation quand une explication de niveau inférieur est suffisante (physique, par exemple) ; ne pas invoquer l'adaptation quand une caractéristique est le résultat d'une restriction morphologique ; ne pas invoquer l'adaptation quand une caractéristique est le sous-produit

d'une autre adaptation. L'analyse adaptative, en somme, s'applique uniquement dans les cas et les contextes où une caractéristique peut être considérée comme contingente (ou optionnelle) en termes physiques, chimiques, physiologiques ou morphologiques. Une fois

acceptées ces restrictions, nous pouvons affirmer que, au lieu de persister dans ce type d'analyse, nous nous détachons de la stricte stratégie adaptationniste. Notre procédé pourrait être comparé à celui d'un physicien qui, n'arrivant pas à déterminer une connexion

causale entre deux états d'un système macroscopique supposé isolé, au lieu de revoir sa description de ces états ou même sa connaissance des lois qui pourraient les unir, se hâterait de déclarer et d'établir une nouvelle limite ou une simple exception au déterminisme.



Papillon de nuit de l'ordre des lépidoptères. Chez ces insectes, le mimétisme est une réponse à la pression exercée par les prédateurs.

G. I. BERNARD/NHPA

La finalité dans les sciences

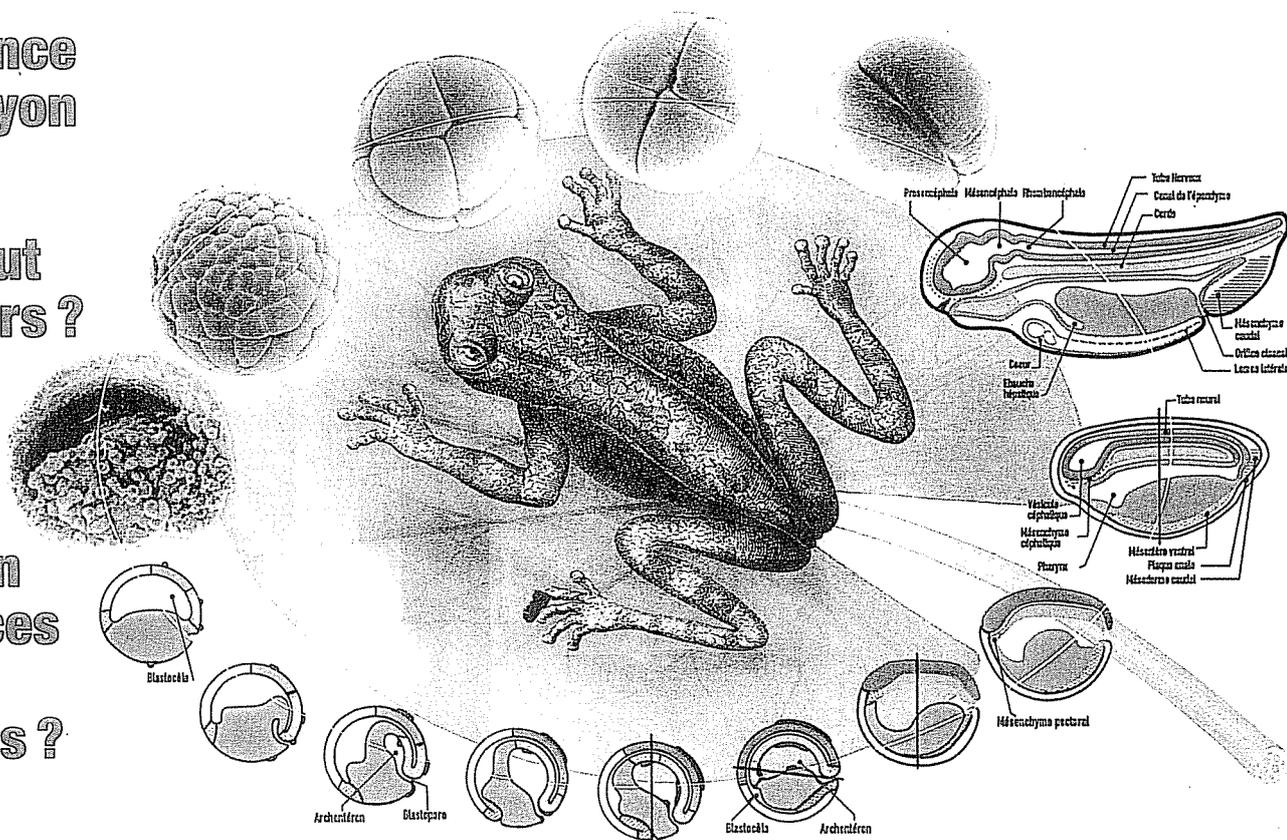
Le sens de la vie

L'intelligence
de l'embryon

L'homme
est-il le but
de l'Univers ?

La flèche
du temps

L'évolution
des espèces
est-elle
un progrès ?



M 2597 - 124 - 25,00 F - RD

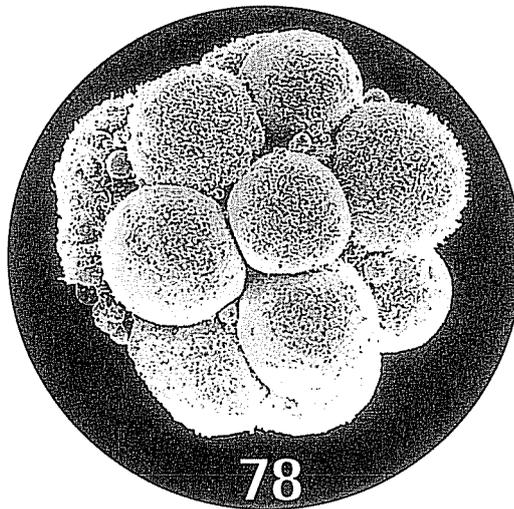




18

Le bricolage de l'évolution
La théorie darwinienne
a remplacé la finalité qui
semble guider l'évolution des
espèces par un système de
causalité physique

Les stratégies du vivant
La faculté d'un embryon
d'édifier l'organisme tout
entier ou d'en reconstituer
une région suggère l'existence
d'une finalité



78



32

Tout se passe comme si...
...la Nature poursuivait
intentionnellement des fins.
Chez Kant, le procédé
« comme si » qualifie un usage
régulateur de la finalité

La finalité aujourd'hui

Idées reçues	4	Le principe de simplicité	44
Olivier Néron de Surgy		Véronique Le Ru, philosophe	
Entretien avec	8	Le principe de moindre action	50
Henri Atlan, biologiste		Françoise Balibar, physicienne	
Penser la finalité	12	La finalité formelle	58
Philippe Descamps, philosophe		Alain Boutot, épistémologue	
Le bricolage de l'évolution	18	La finalité intentionnelle	64
Gustavo Caponi, historien des sciences		Joëlle Proust, épistémologue	
Le principe anthropique	24	« Ça se souvient en moi »	70
Dominique Lambert, physicien et philosophe		Paul-Laurent Assoun, psychanalyste	
Tout se passe comme si...	32	L'explication par les fins	72
Jean-Michel Besnier, philosophe		Gilles-Gaston Granger, philosophe	
La flexibilité biologique	38	Les stratégies du vivant	78
Roger Balian et Marcel Vénéroni, physiciens		Pierre-Henri Gouyon, biologiste	