



HAL
open science

Culture cumulative, apprentissage social et réseaux sociaux

Claude Meidinger

► **To cite this version:**

Claude Meidinger. Culture cumulative, apprentissage social et réseaux sociaux. 2018. halshs-01896572

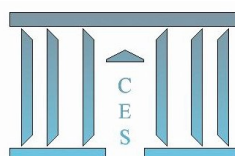
HAL Id: halshs-01896572

<https://shs.hal.science/halshs-01896572>

Submitted on 16 Oct 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



**Culture cumulative, apprentissage social
et réseaux sociaux**

Claude MEIDINGER

2018.23



Culture cumulative, apprentissage social et réseaux sociaux

*Claude Meidinger**

Résumé.

Les discussions concernant l'existence d'une culture chez les espèces non humaines ont eu tendance à se focaliser sur la question de savoir si, en dehors de l'espèce humaine, les espèces animales disposent d'une complexité cognitive suffisante pour imiter autrui. Imiter, chez beaucoup d'auteurs, est réservé à un processus cognitivement sophistiqué, dépendant d'une représentation fonctionnelle abstraite d'un problème et de sa solution, ce dont les espèces animales non humaines ne semblent pas disposer. Cependant, l'évolution rapide de performances cognitives et d'inventions complexes chez les êtres humains caractérisant une évolution culturelle cumulative ne saurait s'expliquer uniquement par une amélioration du taux d'innovation de l'apprentissage individuel et (ou) de l'efficacité d'un processus d'imitation. Une telle évolution cumulative dépend également d'une organisation sociale plus étendue au sein de groupes d'individus se traduisant par une augmentation de la taille des réseaux sociaux. Les simulations présentées ici illustrent en quoi la prise en compte de la taille des réseaux sociaux jointe à celle de la diversité des modes d'apprentissage permettent de mieux comprendre les transitions majeures susceptibles de s'être produites lors de l'évolution culturelle des primates et des humains.

Mots clés : processus d'apprentissage, évolution culturelle cumulative, réseaux sociaux, simulations

Summary.

Discussions about the existence of a culture in non-human species is often concerned by the question whether these species could possess a cognitive complexity sufficient to allow them to imitate others. According to many authors, to imitate is a cognitively sophisticated process that depends on a functionally abstract representation of a problem and its solution, something that non human species do not seem to possess. However, the fast evolution of cognitive performances and of complex inventions in human beings could not be explained only by the improvement of the rate of innovation in individual learning and (or) the improvement of the process of imitation. Such a cumulative evolution depends also on a wider social organization characterized by an increase in the size of the social networks. The simulations displayed here show how such an increase, jointly considered with the diversity of learning processes, allow to better understand the major transitions noted in the cultural evolution of primates and human beings.

Keywords: learning processes, cumulative cultural evolution, social networks, simulations

JEL Classification: Z1, C63, C92

() Professeur émérite, CES Université Paris I.
E-mail : claudemeidinger@gmail.com*

Introduction

L'apparition rapide, jugée sur une échelle de temps évolutionnaire, de performances cognitives et d'inventions complexes chez les êtres humains modernes est attribuée communément à une évolution culturelle cumulative. Par ce terme de "cumulatif", on entend désigner non pas tant une accumulation simplement quantitative de traits culturels au cours du temps mais bien plutôt le fait d'une augmentation progressive de la complexité des solutions apportées aux problèmes. Dans ce cadre, remarquent Enquist, Ghirlanda et Eriksson (2011), si l'on désire conceptualiser une notion de culture cumulative de manière à en permettre une formalisation mathématique, les éléments clé renvoient aux notions de traits culturels d'une part et de dépendances entre ceux-ci d'autre part. Un trait culturel se réfère à toute chose (instrument ou artefact, méthode, idée, élément de connaissance) qui peut être présente ou non dans une société à un instant donné. Les dépendances concernent les relations existant entre ces traits et conduisent à ce que la présence d'un ou de plusieurs traits culturels est susceptible d'affecter la probabilité d'apparition ou de disparition d'autres traits. Pradhan, Tennie et Van Schaik pour leur part, constatant qu'il faut une métrique pour le degré d'accumulation d'une technique ou d'une habileté acquise, proposent d'adopter comme critère "le nombre d'actions distinctes intégrées en tant qu'étapes d'une séquence fonctionnelle unique pour atteindre un objectif général"¹. Ils utilisent ce critère pour illustrer dans un tableau les premiers niveaux croissant de technologie dont on retiendra ici les trois premiers niveaux dans le tableau 1.

Tableau 1 : définition et exemples de niveaux technologiques

<i>Niveau technologique</i>	<i>Description</i>	<i>Exemples</i>
<i>niveau 0</i>	<i>Une seule action (utiliser un objet comme instrument)</i>	<i>Utiliser une pierre trouvée à proximité pour casser une noix</i>
<i>niveau 1</i>	<i>Une seule action sur un objet dont le résultat est utilisé comme instrument</i>	<i>Frapper une pierre sur une surface dure et utiliser un éclat comme instrument</i>
<i>niveau 2</i>	<i>Deux actions intégrées sur deux objets, chacun dans une main</i>	<i>Utiliser une pierre comme marteau pour façonner sur une autre pierre un éclat biface</i>
<i>niveau 3</i>	<i>Utiliser un instrument fabriqué pour en modifier un autre</i>	<i>Utiliser un éclat biface pour affûter l'extrémité d'un bâton</i>

Pour ces auteurs, au vu de ces définitions, il existe des exemples d'une technologie cumulative chez certaines espèces animales, en particulier chez les chimpanzés dans la vie sauvage et chez certains orangs outans encouragés en captivité à le faire. Cependant, la technologie cumulative observée dans ces espèces est majoritairement de niveau 1 et ne dépasse pas le niveau 2 alors que chez les hominidés des périodes de l'Oldowayen et de l'Acheuléen il y a plus d'un million d'année, la technologie du biface et des hachereaux atteint finalement le niveau 3 et même plus.

Il est certain que, parmi les espèces animales, les humains ont une culture complexe unique, Boyd et Richerson (1996), Galef (1992), Laland et Hoppitt (2003). Mais l'évidence

¹ Pradhan, Tennie et Van Schaik, 2012, p.181

d'une certaine technologie cumulative dans la vie sauvage ou en captivité conduit à s'interroger de manière plus précise sur les éléments susceptibles d'expliquer ce caractère unique. Pour beaucoup d'auteurs, l'évolution d'une culture humaine cumulative complexe ne peut se comprendre en l'absence de mécanismes de transmission sociale haute-fidélité. Il y a un certain paradoxe, remarquent Boesch et Tomasello (1998) à constater que la culture cumulative dépend de deux processus, l'innovation et l'apprentissage imitatif, le premier étant typiquement une entreprise individuelle et le second limitant toute velléité d'appréciation individuelle et de modification susceptible de menacer la fidélité de la transmission. Imiter, chez beaucoup d'auteurs, est réservé à un processus de reproduction dans le cadre duquel le comportement observé est perçu et compris en termes intentionnels, particulier aux humains qui "comprennent un comportement sous la forme *nettoyer une vitre* plutôt que *déplacer sa main de façon circulaire sur la surface d'une vitre en tenant un chiffon*", Boesch et Tomasello (1998, 599). C'est donc un processus cognitivement sophistiqué, dépendant d'une représentation fonctionnelle abstraite d'un problème et de sa solution, dont les espèces animales non humaines ne semblent pas disposer. De manière générale, soutient Heys (1993), un processus d'apprentissage social permettant d'apprendre à partir de l'observation du comportement de congénères, qu'il soit imitatif ou autre, et les processus psychologiques qui l'accompagnent, ne peuvent supporter une culture cumulative que s'ils protègent l'information socialement transmise de modifications éventuelles et découragent les individus au cours de ce processus de tester l'information acquise.

Dans toutes ces analyses, constatent cependant Pradhan et al. (2012), un facteur clé est cependant étrangement ignoré. Si des processus d'apprentissage social sont manifestement importants pour le développement d'une culture cumulative, alors le nombre de voisins à partir desquels un individu est susceptible d'apprendre par observation sociale ne saurait être négligé. Développant un modèle de population d'individus susceptibles d'acquérir par apprentissage individuel ou social différents niveaux technologiques, ces auteurs montrent à partir de simulations que les premières étapes d'une accumulation technologique n'exigent pas nécessairement une augmentation des capacités cognitives (à innover ou à apprendre socialement). Ces premières étapes dépendraient plutôt de l'émergence d'une organisation sociale qui augmente la taille des réseaux sociaux dans le cadre desquels se déroule l'apprentissage social. Dans ce modèle, chaque individu est représenté par un sommet dans un graphe régulier de degré $2k$ représentant le nombre de voisins avec lesquels un individu est susceptible d'interagir socialement. On envisage ici de vérifier ce résultat dans une approche par simulation qui, tout en conservant les caractéristiques générales du modèle de Pradhan et al. (2012), formalisent des relations sociales beaucoup plus générales obtenues dans le cadre d'un modèle d'automates cellulaires. La première section présente ainsi les caractéristiques du modèle d'organisation sociale retenue ainsi que celles concernant les modalités d'évolution de la population. La seconde section analyse les résultats des simulations, corroborant ceux obtenus par Pradhan et al. (2012). La troisième section enfin prolonge cette approche sur deux points en montrant en quoi celle-ci est susceptible d'illustrer d'une part l'importance du teaching et d'autre part des phénomènes observés d'évolution culturelle mal adaptative.

I - Organisation sociale et modalités d'évolution.

Organisation sociale. Un automate cellulaire est une représentation discrète dans l'espace et dans le temps d'un système dynamique d'objets susceptibles d'interagir avec d'autres objets du système, Gaylord et Nishidate (1996). L'espace est représenté par un treillis régulier, chaque site ou cellule du treillis correspondant à un individu de la population doté de certaines caractéristiques. Des relations de voisinage structurent spatialement ce treillis et l'automate cellulaire évolue dans le temps de manière discrète, le statut des individus et leurs caractéristiques évoluant en fonction de la nature des relations sociales existantes et des conséquences qui en résultent. On a représenté ci-dessous un treillis 3×3 sur lequel figurent 9 cellules contenant chacune un triplet {individu, réseau social, caractéristiques}. Ainsi, dans la première cellule figure l'individu 1 dont le réseau social est composé des individus 2, 3, 5 et 6 et dont les caractéristiques sont son âge AG et son niveau de technologie NT à la période 0.

$$\left[\begin{array}{ccc} \{1, (2, 3, 5, 6), (AG_0, NT_0)\} & \{2, (1, 6, 7), (AG_0, NT_0)\} & \{3, (1, 4, 7), (AG_0, NT_0)\} \\ \{4, (3, 6, 8, 9), (AG_0, NT_0)\} & \{5, (1, 6, 7), (AG_0, NT_0)\} & \{6, (1, 2, 4, 5), (AG_0, NT_0)\} \\ \{7, (2, 3, 5), (AG_0, NT_0)\} & \{8, (4, 9), (AG_0, NT_0)\} & \{9, (4, 8), (AG_0, NT_0)\} \end{array} \right]$$

Les voisinages sont définis de telle manière que tout individu faisant partie du réseau social d'un autre individu possède cet autre individu dans son réseau social². Ainsi par exemple, l'individu 3 fait partie du réseau social de l'individu 1 et cet individu 1 fait alors également partie du réseau de l'individu 3. La taille moyenne des réseaux sociaux est ici de 3,11.

Evolution de la population. L'évolution dépend des paramètres suivants précisés dans le tableau 3.

Tableau 3: paramètres

Paramètres	Description
M	Age maximum possible.
μ	Taux annuel de mortalité. Probabilité de décès d'un individu avant M .
β	Efficacité de l'apprentissage individuel. Probabilité d'acquérir un niveau de technologie par AI.
α	Efficacité de l'apprentissage social. Probabilité d'acquérir un niveau de technologie par AS.
$\lambda < M$	Age marquant la fin des possibilités d'apprentissage L'individu reste cependant disponible comme modèle pour les autres.
Γ	Taille moyenne des réseaux sociaux.

Cette évolution se déroule par ailleurs pour chaque individu à chaque période (année) selon le schéma temporel suivant:

- **survie** : en début de période t , tout individu de caractéristiques AG et NT ayant atteint l'âge M meurt et est remplacé par un nouvel individu d'âge $AG_t = 0$ et de niveau technologique $NT_t = 0$. Tout autre individu est susceptible de mourir avec une probabilité μ et d'être ainsi

² Pour chaque individu, on tire de manière aléatoire une liste de k individus susceptibles d'être membre de son réseau social. Ces listes sont ensuite recomposées de manière à rendre symétriques les réseaux sociaux ainsi constitués. De la sorte, la taille des réseaux individuels est susceptible d'être variable et c'est la taille moyenne de ces derniers qui est ici prise en considération.

également remplacé par un nouvel individu d'âge $AGt = 0$ et de niveau technologique $NTt = 0$. Ceux qui survivent en début de période ont un âge $AGt = AG + 1$.

- **apprentissage AIS** : Différents niveaux technologiques sont susceptibles d'être acquis soit par apprentissage individuel ou par apprentissage social au sein des différents réseaux. Conformément au processus d'apprentissage AIS, l'individu commence par de l'apprentissage individuel et en cas d'échec, passe à de l'apprentissage social. Dans ces deux modalités d'apprentissage, l'acquisition d'un niveau technologique supérieur ne peut se faire que si l'individu a au préalable acquis les niveaux technologiques inférieurs. Enfin, l'apprentissage social s'effectue sur une population dont les niveaux technologiques ont été au préalable modifiés par l'apprentissage individuel. Le tableau 4 détaille le protocole d'apprentissage suivi et les résultats susceptibles d'être obtenus en début de période $t + 1$. Une contrainte sur le niveau maximum de technologie $NTmax$ peut par ailleurs être prise en considération.

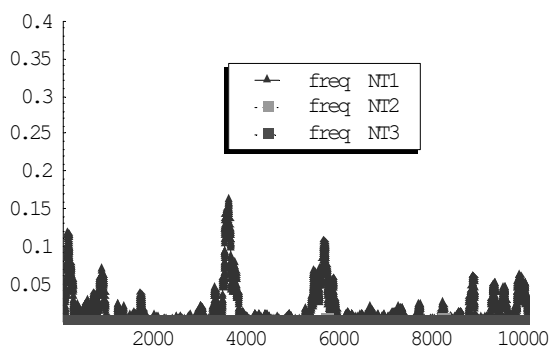
Tableau 4: schéma du protocole d'apprentissage

	Période t	Période $t + 1$
$AGt \geq \lambda$:	\implies Cessation d'apprentissage	(AGt, NT)
$AGt < \lambda$:	\implies Probabilité β d'acquérir un niveau technologique $NT + 1$ par apprentissage individuel	
	- Succès	$(AGt, NT + 1)$
	- Echec	
	\Downarrow	
	Possibilité d'acquérir un niveau technologique $NT + 1$ par apprentissage social avec une probabilité α	
	\implies Pas de présence dans le réseau social d'au moins un individu de niveau technologique $NT + 1$	(AGt, NT)
	\implies Présence dans le réseau social d'au moins un individu de niveau technologique $NT + 1$ et	
	- Succès	$(AGt, NT + 1)$
	- Echec	(AGt, NT)

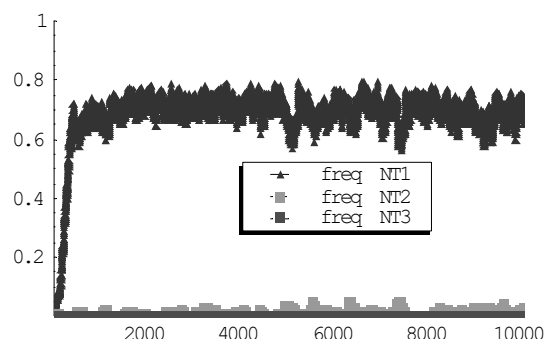
II – Niveaux technologiques et taille des réseaux sociaux.

Considérons avec Pradhan et al. (2012) les paramètres suivants caractéristiques d'une population de grands singes : $n = 20$ soit une population de 400 individus avec $M = 50$, $\mu = 0,05$, $\beta = 0,0001$, $\alpha = 0,2$ et $\lambda = 15$. Dans de telles populations, comme les jeunes en particulier ne sont associés qu'avec leur mère sur environ 60% de leur temps, la taille des réseaux sociaux est petite, d'où Γ tournant autour de deux individus. Les simulations partent d'une situation initiale dans laquelle tous les individus ont un âge $AG = 0$ et un niveau

technologique $NT = 0$ et elles envisagent l'évolution sur 10 000 périodes de la distribution des niveaux technologiques dans la population. Avec uniquement trois niveaux technologiques possibles, $NT1$, $NT2$ et $NT3$, les graphiques 25 et 26 représentent des résultats caractéristiques obtenus respectivement avec une taille moyenne des réseaux sociaux³ $\Gamma = 1$ et $\Gamma = 1,975$.

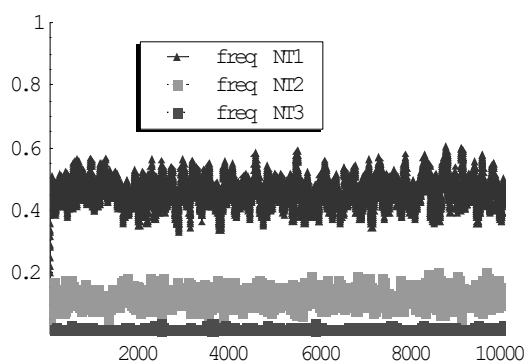


Graphique 25 : $\Gamma = 1$

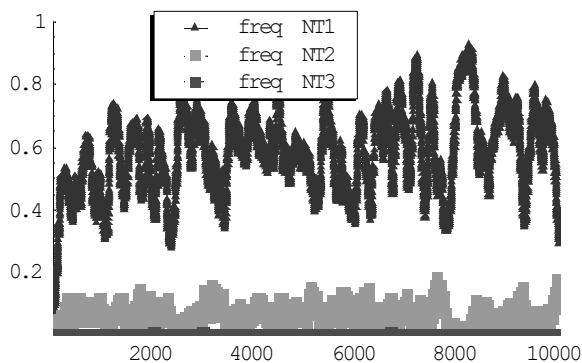


Graphique 26 : $\Gamma = 1,975$

Il est clair que lorsque les réseaux sociaux se limitent tous à un seul individu, la majorité des individus restent fixés au niveau 0 de technologie et le niveau 1 n'arrive pas à s'établir dans la population. Lorsqu'on autorise des voisinages de plus d'un individu avec une moyenne de voisinage autour de 2, seul le niveau 1 de technologie s'établit dans la population. Il est également évident, comme le montrent les graphiques suivants 27 et 28 que, lorsqu'on augmente dans ce même cadre soit l'efficacité β de l'apprentissage individuel (passant de 0,0001 à 0,01) ou l'efficacité α de l'apprentissage social (passant de 0,2 à 0,4), un effet limité essentiellement au niveau 2 de technologie se produit.



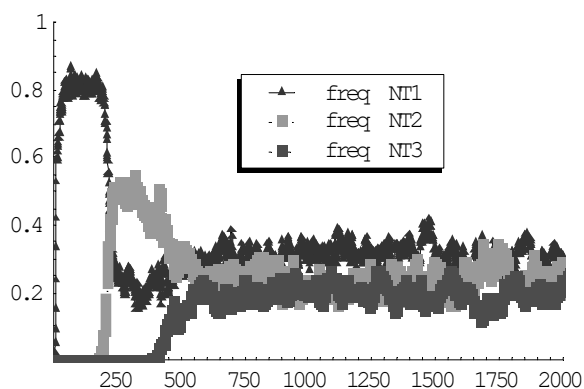
Graphique 27 : $\beta = 0,01$



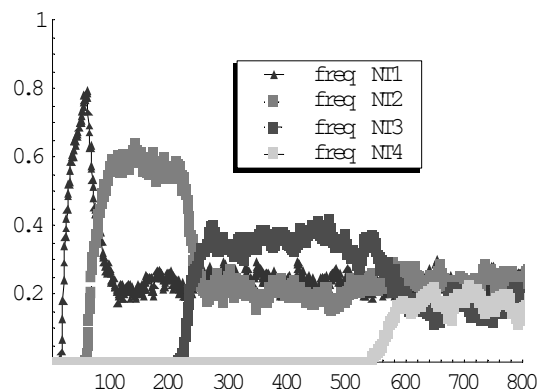
Graphique 28 : $\alpha = 0,4$

Envisageons maintenant, avec l'ensemble des paramètres restant fixés aux niveaux de ceux d'une population de grands singes, d'accroître la taille des réseaux sociaux. Les graphiques 29 et 30 montrent respectivement ce qu'il en résulte avec 5 niveaux technologiques possibles pour des tailles moyennes de réseau égales à 5,96 et 15,69.

³ Pour $\Gamma = 1$, les réseaux sont définis sans la contrainte que tout individu faisant partie du réseau social d'un autre individu possède cet autre individu dans son réseau social.



Graphique 29 : $\Gamma = 5,96$

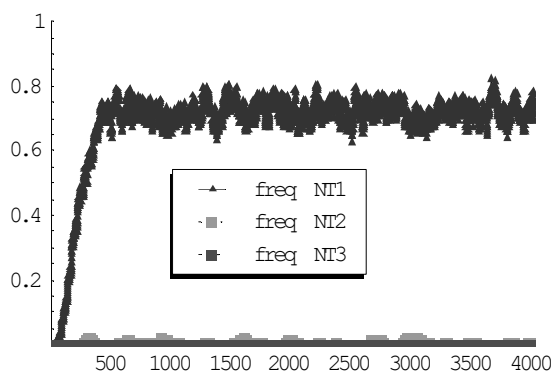


Graphique 30 : $\Gamma = 15,69$

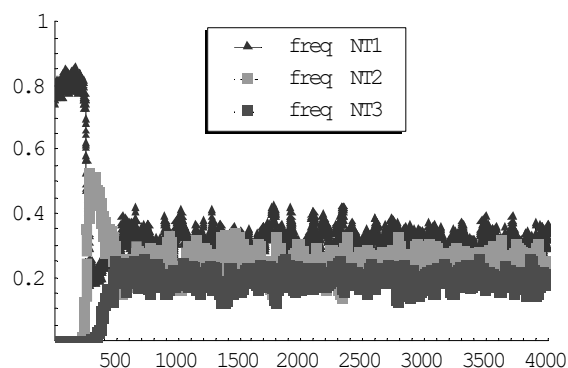
Ces graphiques illustrent de manière frappante la possibilité d'avoir une accumulation technologique en l'absence de toute amélioration du taux d'innovation β et (ou) de l'efficacité α du processus d'imitation lorsque l'organisation sociale au sein de groupes d'individus se traduit par une augmentation de la taille des réseaux. Cette accumulation technologique se développe d'ailleurs selon un processus d'encliquetage cher à Tomasello (1999), *NT1* se développant d'abord, passant par un maximum pour ensuite décroître et laisser la place à *NT2* qui suivra une évolution similaire pour permettre l'apparition de *NT3* pour une taille moyenne des voisinages autour de 6. Pour une taille moyenne autour de 15, une évolution similaire permet l'émergence et l'établissement de *NT4* sur un laps de temps relativement court.

Selon Pradhan et al. (2012), un ensemble de transformations ayant commencé il y a 2,5 millions d'années témoigne d'une augmentation significative de la sociabilité chez les hominidés. Le passage chez les primates à une vie systématiquement au sol a favorisé une plus grande proximité sociale et l'émergence de processus coopératifs nécessaires au succès de la chasse et au dépeçage de carcasses de grands animaux. Le développement corrélatif des soins prodigués par les mères à leur progéniture ainsi que celui d'une activité nutritionnelle coopérative ont contribué ensuite à améliorer l'efficacité de l'apprentissage social, notamment par teaching, et ont permis l'accès à des niveaux technologiques supérieurs.

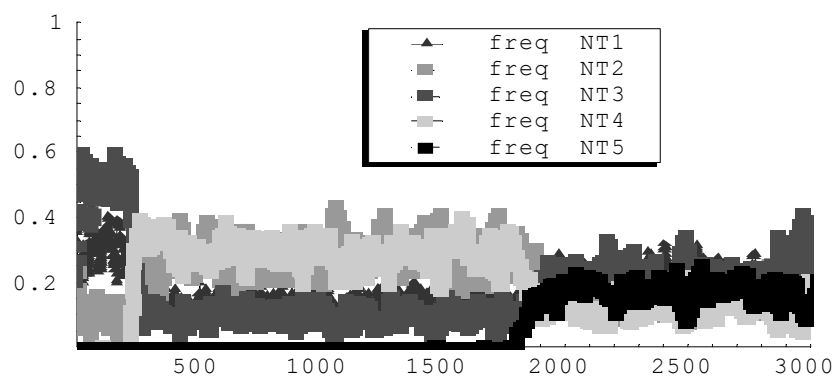
Ce processus de développement est susceptible d'être illustré par les graphiques 31, 32 et 33. A partir des valeurs suivantes $M = 50$, $\mu = 0,05$, $\beta = 0,0001$, $\alpha = 0,2$, $\lambda = 15$ et d'une société initiale de taille moyenne de voisinages $\Gamma = 1,98$ dans laquelle tous les individus ont un niveau 0 de technologie, le graphique 31 représente une première phase d'évolution sur 4000 périodes durant laquelle seule *NT1* s'établit. A la période 4001 se produit une réorganisation sociale faisant passer la taille moyenne des voisinages à 5,94 et une deuxième phase d'évolution sur 4000 périodes est représentée sur le graphique 32 illustrant l'émergence et l'établissement de *NT2* et *NT3*. Enfin, sur le graphique 33, la troisième phase sur 3000 périodes résulte d'une amélioration de l'efficacité de l'apprentissage social avec $\alpha = 0,5$ et rend compte de l'établissement des niveaux technologiques 4 et 5.



Graphique 31 : $\Gamma = 1,98$, $\alpha = 0$



Graphique 32 : $\Gamma = 5,94$, $\alpha = 0,2$



Graphique 33 : $\Gamma = 5,94$, $\alpha = 0,5$

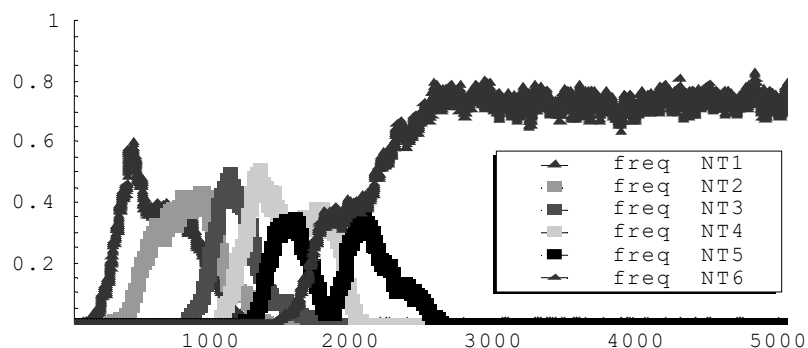
III - Réseaux sociaux, teaching et évolution culturelle mal adaptative

Toutes ces considérations dessinent finalement une nouvelle perspective concernant les transitions majeures susceptibles de s'être produites lors de l'évolution culturelle des primates et des humains. Pradhan et al. (2012) proposent ainsi de distinguer trois phases importantes de cette évolution. La première débute avec des technologies simples culturellement transmissibles de recherche de nourriture ne demandant que des capacités cognitives permettant de l'innovation et un apprentissage social limités. Un tel niveau est atteint chez la plupart des grands singes de même que dans des lignées non primates de mammifères et d'oiseaux. La seconde phase se produit avec l'émergence d'une technologie avec effet de cliquet, chaque niveau technologique précédent servant de support au niveau technologique suivant. Dans cette phase sont entrées en vertu d'une sociabilité plus étendue liée à une vie au sol les populations de chimpanzés et celles d'hominidés dès la fin du Pliocène ou du début du Pléistocène Mais dans ce cadre, si pour accéder à une technologie complexe, chaque individu doit avoir au préalable acquis les niveaux technologiques précédents, l'évolution technologique se trouve contrainte par la difficulté d'apprendre successivement tout un ensemble de techniques et (ou) par le temps consacré à un tel apprentissage social sur une durée de vie. La troisième phase alors, celle qui permet de dépasser ces contraintes, est celle d'une culture technologique de transfert et de spécialisation se développant principalement par teaching.

Teaching. Il y a une différence fondamentale entre un apprentissage social dans le cadre duquel le démonstrateur expose par inadvertance l'observateur à des particularités

environnementales ou comportementales permettant à ce dernier d'apprendre et celui dans le cadre duquel le comportement du démonstrateur est spécifiquement orienté vers la fonction de transmettre une information. Pour distinguer cet apprentissage actif de la part du démonstrateur de l'imitation dans le cadre de laquelle ce dernier est passif, on retiendra ici le terme de teaching. Avec le développement du teaching, les individus naïfs acquièrent au cours de leur apprentissage des artefacts et concepts qu'ils n'ont pas eux-mêmes inventés et qu'ils ne pourraient d'ailleurs pas eux-mêmes inventés. Ils accèdent ainsi directement à des niveaux techniques plus complexes sans passer par tous les niveaux précédents et à une connaissance spécialisée qui favorise les innovations ultérieures, Fogarty, Strimling et Laland (2011), Hoppitt J. et al. (2008), Caro et Hauser (1992).

L'importance d'une activité de teaching pour l'émergence d'une véritable culture cumulative peut s'appréhender dans le cadre du modèle précédent lorsqu'on relâche la contrainte exigeant que l'acquisition d'un niveau technologique supérieur ne puisse se faire que si l'individu a au préalable acquis les niveaux technologiques inférieurs. En cas d'échec de l'apprentissage individuel, dans ce cas l'apprentissage social conduit un individu à pouvoir acquérir directement par enseignement le niveau technologique maximum observé dans son réseau social si celui-ci est supérieur à celui qu'il possède. Partant d'une situation initiale de niveau technologique 0, avec les paramètres $M = 50$, $\mu = 0,05$, $\beta = 0,0001$, $\alpha = 0,2$, $\lambda = 15$ et une sociabilité limitée par une taille moyenne des voisinages $\Gamma = 1,98$, le graphique 34 simule l'évolution d'une population de 400 individus sur 5000 périodes sous contrainte d'un niveau technologique $NT_{max} = 6$.



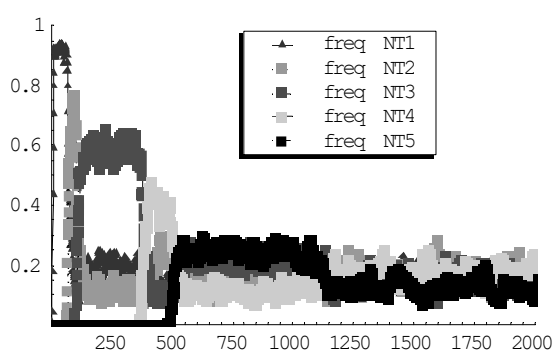
Graphique 34: Evolution cumulative par teaching

On constate que dans ce cadre d'une sociabilité limitée, la majorité des individus a rapidement accès au niveau technologique maximum $NT6$. De nombreux faits conduisent cependant à considérer que le développement de capacités cognitives élaborées nécessaires au teaching n'a été constaté qu'après un accroissement préalable de la sociabilité.

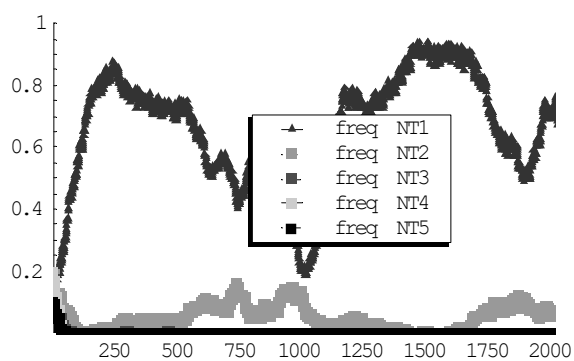
Culture cumulative et évolution mal adaptative. Si comme on vient de le montrer, un accroissement de la sociabilité est susceptible de contribuer à une évolution culturelle cumulative, on peut également penser qu'une dégradation des relations sociales au sein d'une population peut être un facteur conduisant à une perte de connaissance technologique. Henrich (2004) constate qu'un ensemble de faits archéologiques et ethno-historiques indiquent que sur une période d'environ huit mille ans, du début de l'Holocène jusqu'à l'arrivée des explorateurs

européens au dix-huitième siècle, les sociétés de Tasmanie ont perdu toute une série d'habiletés et de technologies utiles: outils en os, vêtements contre le froid, filets, harpons, lanceurs de harpons et boomerangs en particulier. Non seulement ces sociétés ne possédaient alors que la technologie la plus simple de toutes celles existant dans les groupes humains contemporains, comparée en particulier à celles de groupes 200 kilomètres plus au nord en Australie, mais également cette technologie était remarquablement simple comparée à celles de leurs propres ancêtres de la fin du Pléistocène. Il est par ailleurs remarquable, constate cet auteur, que la perte importante de niveau technologique se soit produite après que la Tasmanie se soit isolée de l'Australie par la montée des eaux résultant de la fin de la dernière période glaciaire. Or si l'apprentissage culturel peut devenir cumulativement adaptatif quand la sélection du plus habile dans un grand nombre de modèles compense les désavantages d'une imitation imparfaite, celui-ci peut devenir cumulativement mal adaptatif lorsque des événements conduisent à restreindre la grandeur des réseaux sociaux existants. Ces constatations ont conduit Henrich à proposer un modèle formel d'évolution culturelle dont les résultats analytiques permettent d'identifier différents régimes d'évolution dont certains, consécutifs à une réduction de la population diminuant la taille des réseaux sociaux, produisent une régression technologique.

La formalisation ici retenue d'une organisation sociale en réseaux met également en évidence de manière frappante l'effet qu'une réduction de la taille des réseaux peut avoir sur l'accumulation culturelle. Cet effet est illustré par les graphiques 35 et 36. Partant d'une situation initiale de niveau technologique 0, avec les paramètres $M = 50$, $\mu = 0,05$, $\beta = 0,0001$, $\alpha = 0,4$, $\lambda = 15$, $NTmax = 10$ et une sociabilité caractérisée par une taille moyenne des voisinages $\Gamma = 9,86$, le graphique 35 illustre une première phase de l'évolution sur 2000 périodes montrant une accumulation technologique permettant d'atteindre de manière stable le niveau 5. A la fin de cette phase, un événement conduit à restreindre les réseaux sociaux dont la taille moyenne devient $\Gamma = 1,98$. Le graphique 36 présentant l'évolution résultante sur les 2000 périodes suivantes montre la perte rapide de niveau technologique réduisant la connaissance technologique principalement au niveau 1.



Graphique 35 : $\Gamma = 9,86$



Graphique 36 : $\Gamma = 1,98$

Conclusion

Les discussions concernant l'existence d'une culture chez les espèces non humaines ont eu tendance à se focaliser sur la question de savoir si, en dehors de l'espèce humaine, les espèces animales disposent d'une complexité cognitive suffisante pour imiter autrui. L'imitation est conçue comme un processus cognitivement sophistiqué, dépendant d'une représentation fonctionnelle abstraite d'un problème et de sa solution, dont les espèces animales non humaines ne semblent pas disposer. "Cent années de recherche n'ont pas permis de fournir une évidence non équivoque en faveur de l'imitation chez les animaux non humains. A chaque fois que les données ont prétendu mettre en évidence de l'imitation, il a été ensuite montré que celles-ci pouvaient être expliquées par le fait que les animaux observateurs se comportaient comme le démonstrateur parce qu'ils avaient appris quelque chose concernant l'environnement et non le comportement", Heys (1993, 1003).

Cependant, comme on vient de le voir, l'évolution rapide de performances cognitives et d'inventions complexes chez les êtres humains caractérisant une évolution culturelle cumulative ne saurait s'expliquer uniquement par une amélioration du taux d'innovation β de l'apprentissage individuel et (ou) de l'efficacité α du processus d'imitation. Elle dépend également d'une organisation sociale plus étendue au sein de groupes d'individus se traduisant par une augmentation de la taille des réseaux sociaux. Les simulations présentées ici montrent en quoi la prise en compte de l'importance des réseaux sociaux jointe à celle de la diversité des modes d'apprentissage offre une nouvelle perspective concernant les transitions majeures susceptibles de s'être produites lors de l'évolution culturelle des primates et des humains. L'importance de ces réseaux peut être à la fois un facteur favorisant une évolution culturelle cumulative comme elle peut être un facteur d'une évolution culturelle mal adaptative.

Références

- BOESCH C. et M. TOMASELLO, 1998. "Chimpanzee and Human Cultures", *Current Anthropology*, vol.39, pp.591-614.
- BOYD R. et P.J. RICHERSON, 1996. "Why culture is common, but cultural evolution is rare" *Proceedings of the British Academy*, vol.88, pp.77-93.
- CARO, T.M. et M.D. HAUSER, 1992. " Is there teaching in nonhuman animals? ", *Quarterly Review of Biology*, vol.67, pp.151–174.
- CALDWELL C.A. et A.E MILLEN, 2008. "Experimental models for testing hypotheses about cumulative cultural evolution", *Evolution and Human Behavior*, vol.29, pp.165-171.
- CALDWELL C.A. et A.E MILLEN, 2009. "Social learning mechanisms and cumulative cultural evolution: is imitation necessary? ", *Psychological Science*, vol.20, pp.1478-1483.
- EHN M. et K. LALAND, 2012. "Adaptive strategies for cumulative learning", *Journal of Theoretical Biology*, vol.301, pp.103-111.
- ENQUIST M., K. ERIKSSON et S. GHIRLANDA, 2007. "Critical social learning: a solution to Roger's paradox of nonadaptive culture", *American Anthropologist*, vol.109, pp.727-734.

- ENQUIST M., S. GHIRLANDA et K. ERIKSSON, 2011. "Modeling the evolution and diversity of cumulative culture", *Philosophical Transactions of the Royal Society*, B, vol.366, pp.412-423.
- FOGARTY L., P. STRIMLING et K.N. LALAND, 2011. "The evolution of teaching", *Evolution*, 65-10, pp.2760-2770.
- GALEF B.G., 1992. "The question of animal culture", *Human Nature*, vol.3, pp.157-178.
- GAYLORD R.J. et K. NISHIDATE, 1996. *Modeling Nature*, Springer-Verlag, Berlin.
- HENRICH J., 2004. "Demography and cultural evolution: how adaptive cultural processes can produce maladaptive losses - the Tasmanian case", *American Antiquity*, vol.69(2), pp.197-214.
- HEYS C.M., 1993. "Imitation, culture and cognition", *Animal Behaviour*, vol.46, pp.999-1010.
- HOPPITT J. E. et al., 2008. "Lessons from animal teaching", *Trends in Ecology and Evolution*, vol.23, 9, pp.-493.
- LALAND K.N. et W. HOPPITT, 2003. "Do animals have culture ?", *Evolutionary Anthropology*, vol.12, pp.150-159.
- MARSHALL-PESSCINI S.. et A. WHITEN, 2008. "Chimpanzees (*Pan troglodytes*) and the question of cumulative culture: an experimental approach", *Animal Cognition*, vol.11, pp.449-456.
- PRADHAN G.R., C. TENNIE et C.P. VAN SCHAIK, 2012. "Social organization and the evolution of cumulative technology in apes and hominids", *Journal of Human Evolution*, vol.63, pp.180-190.
- SCHILLINGER K., A. MESOUDI A. et S.J. LYCETT, 2015. "The impact of imitative versus emulative learning mechanisms on artifactual variation: implications for the evolution of material culture", *Evolution of Human behavior*, vol.36, pp.446-455.
- TOMASELLO M., 1999. *The Cultural Origin of Human Cognition*, Cambridge MA, Harvard University Press
- WASIELEWSKI H., 2014. "Imitation is necessary for cumulative cultural evolution in an unfamiliar opaque task", *Human Nature*, vol.25, pp.161-179.