

**BULLETIN N° 245**  
**ACADÉMIE EUROPEENNE**  
**INTERDISCIPLINAIRE**  
**DES SCIENCES**  
**INTERDISCIPLINARY EUROPEAN ACADEMY OF SCIENCES**



**La dernière séance a eu lieu Lundi 1<sup>er</sup> mars 2021 de 16h à 18h  
à distance via le compte Zoom de l'AEIS.**

- 1. Exposé de notre Collègue Jean-Pierre TREUIL :  
« 1930-1940, le débat autour de la réalité de la récession des galaxies  
et de son interprétation »**
- 2. Proposition de notre collègue Gilles COHEN-TANNOUDJI d'un colloque  
exceptionnel sur le thème « *Face aux problèmes interdépendance / résilience,  
faire appel aux ressources de l'interdisciplinarité dans les sciences* »**

**Notre prochaine séance aura lieu Lundi 12 avril 2021 de 16h à 18h  
à distance via le compte Zoom de l'AEIS.**

**L'ordre du jour sera le suivant :**

- 1. Examen de trois dossiers de candidatures :**
  - Anne BURBAN,**
  - Jacques FLEURET,**
  - Christian LATRÉMOUILLE.**
- 2. Intervention de notre collègue Jean SCHMETS, président de la Commission  
« Thèmes et colloques »**
- 3. Exposé d'Eric CHENIN : « Structures et contraintes :  
une approche systémique du développement et de la sénescence »**

# ACADÉMIE EUROPÉENNE INTERDISCIPLINAIRE DES SCIENCES

## INTERDISCIPLINARY EUROPEAN ACADEMY OF SCIENCES

**PRÉSIDENT** : Pr Victor MASTRANGELO  
**VICE PRÉSIDENTE** : Dr Edith PERRIER  
**VICE PRÉSIDENT BELGIQUE**(Liège): Pr Jean SCHMETS  
**VICE PRÉSIDENT ITALIE**(Rome): Pr Ernesto DI MAURO  
**VICE PRÉSIDENT Grèce** (Athènes): Anastassios METAXAS

**SECRÉTAIRE GÉNÉRAL**: Eric CHENIN  
**SECRÉTAIRE GÉNÉRALE adjointe**: Irène HERPE-LITWIN  
**TRÉSORIÈRE GÉNÉRALE**: Françoise DUTHEIL

**MEMBRES CONSULTATIFS DU CA** :  
 Gilbert BELAUBRE  
 Michel GONDRAN

**PRÉSIDENT FONDATEUR** : Dr. Lucien LÉVY (†)  
**PRÉSIDENT D'HONNEUR** : Gilbert BELAUBRE

**CONSEILLERS SCIENTIFIQUES** :  
**SCIENCES DE LA MATIÈRE** : Pr. Gilles COHEN-TANNOUJJI  
**SCIENCES DE LA VIE ET BIOTECHNIQUES** : Pr Ernesto DI MAURO

**CONSEILLERS SPÉCIAUX**:  
**ÉDITION**: Pr Robert FRANCK  
**RELATIONS EUROPÉENNES** :Pr Jean SCHMETS  
**RELATIONS avec AX**: Gilbert BELAUBRE  
**RELATIONS VILLE DE PARIS et IDF**:  
 Michel GONDRAN et Claude MAURY  
**MOYENS MULTIMÉDIA et UNIVERSITÉS**: Pr Alain CORDIER  
**RECRUTEMENTS**: Pr. Sylvie DERENNE, Jean BERBINAU, Jean-Pierre FRANÇOISE, Christian GORINI, Jacques PRINTZ  
**SYNTHÈSES SCIENTIFIQUES**: Jean-Pierre TREUIL, Marie Françoise PASSINI  
**MÉCENAT**: Pr Jean Félix DURASTANTI  
**GRANDS ORGANISMES DE RECHERCHE NATIONAUX ET INTERNATIONAUX**: Pr Michel SPIRO  
**THÈMES ET PROGRAMMES DE COLLOQUES**: Pr Jean SCHMETS

**SECTION DE NANCY** :  
**PRÉSIDENT** : Pr Pierre NABET

Mars 2021  
**N°245**

### TABLE DES MATIÈRES

p.03 : Compte-rendu de la séance du 1<sup>er</sup> Mars 2021

p.09 : Annexe : résumé de l'exposé du 12 Avril

**Prochaine séance : lundi 12 avril 2021 de 16h à 18h**  
**à distance via le compte Zoom de l'AEIS**

- 1. Examen de trois dossiers de candidatures :**
  - Anne BURBAN,
  - Jacques FLEURET,
  - Christian LATRÉMOUILLE.
- 2. Intervention de notre collègue Jean SCHMETS, président de la Commission « Thèmes et colloques »**
- 3. Exposé d'Eric CHENIN : « Structures et contraintes : une approche systémique du développement et de la sénescence »**

## Compte-rendu de la séance du 1<sup>er</sup> mars 2021

La séance s'est tenue de 16h à 18h, à distance via le compte Zoom de l'AEIS.

L'ordre du jour était le suivant :

- 1. Exposé de notre Collègue Jean-Pierre TREUIL :**  
« 1930-1940, le débat autour de la réalité de la récession des galaxies et de son interprétation »
- 2. Proposition de notre collègue Gilles COHEN-TANNOUDJI d'un colloque exceptionnel sur le thème « *Face aux problèmes interdépendance / résilience, faire appel aux ressources de l'interdisciplinarité dans les sciences* »**

Ont participé à la réunion :

Nb	NOM Prénom	AEIS Paris	AEIS Nancy	AEIS Reims	AEIS correspondant	Invité
1	BELAUBRE Gilbert	*				
2	BERBINAU Jean	*				
3	BURBAN Anne					*
4	CHENIN, Eric	*				
5	COHEN-TANNOUDJI Gilles	*				
6	DI MAURO Ernesto	*				
7	DURASTANTI Jean-Félix	*				
8	DUTHEIL française	*				
9	GONDRAN Michel	*				
10	GORINI Christian	*				
11	HENRION-LATCHE Johanna			*		
12	HERPE-LITWIN Irène	*				
13	KENOUI Abdel				*	
14	LONG Antoine	*				
15	MASTRANGELO Victor	*				
16	MAURY Claude	*				
17	NABET Pierre		*			
18	PASSINI Marie-Françoise	*				
19	PERRIER Edith	*				
20	PRINTZ Jacques	*				
21	SCHMETS Jean	*				
22	TREUIL Jean-Pierre	*				

## I. PRÉSENTATION DE LA SÉANCE ZOOM PAR NOTRE PRÉSIDENT Victor MASTRANGELO

Victor MASTRANGELO a introduit la séance :

Je vous souhaite la bienvenue chères et chers collègues. J'espère que tout se déroule normalement pour vous et les vôtres en cette période de pandémie.

Pour cette deuxième séance mensuelle à distance, nous avons le plaisir d'accueillir nos collègues de Reims et de Nancy.

Je voudrais saluer la dynamique présidente de notre jeune section de Reims en la personne de Johanna HENRION-LATCHE et tous les collègues de cette section.

J'ai le plaisir aussi de saluer nos collègues de Nancy et en particulier leur président Pierre NABET. Pierre est très actif dans l'animation de celle-ci, dans la participation à nos travaux, dans ses contacts avec des collègues du Luxembourg, d'Allemagne et de Belgique. Il a contribué à la création de la section de Reims. Lors de mes visites à Nancy, j'ai pu apprécier la qualité des travaux de nos collègues et les remercie à nouveau pour leur accueil chaleureux.

Je n'oublie pas de saluer nos collègues de Rome représentés aujourd'hui par Ernesto di Mauro, je les remercie pour leur fidélité et leur implication dans nos travaux.

Je voudrais aussi, suite à l'initiative de notre collègue Jean BERBINAU, souhaiter la bienvenue à nos deux invités de ce jour Madame Anne BURBAN professeure de mathématiques et Inspectrice générale de l'Education Nationale, et Monsieur Jacques FLEURET ingénieur et physicien (Monsieur FLEURET a une contrainte d'emploi du temps qui l'empêche d'être avec nous aujourd'hui, mais il participera à la séance du 12 Avril)..

Notre secrétaire général Eric CHENIN vous a diffusé l'annonce de la sortie de notre troisième ouvrage « Les signatures neurobiologiques de la conscience ».

Comme vous le savez, cet ouvrage est actuellement disponible en libre-service au format PDF sur le site de notre éditeur EDP-Sciences :

<https://www.edp-open.org/books/edp-open-books/421-les-signatures-neurobiologiques-de-la-conscience>

Une centaine d'exemplaires papier seront prochainement mis en vente. Un bon de commande vous sera adressé en vue d'en acquérir -si vous le souhaitez - un ou plusieurs exemplaires.

Je veux à nouveau remercier en votre nom notre collègue Jean-Pierre TREUIL ainsi que les membres du comité de lecture : Gilbert BELAUBRE, Eric CHENIN, Pierre NABET, Alberto OLIVERIO, Jacques PRINTZ et Jean SCHMETS.

Grâce à leurs efforts et à la maîtrise des techniques de l'édition, l'AEIS est dorénavant en mesure de produire la maquette d'un ouvrage sans aide extérieure. C'est une expertise fort intéressante. Les délais entre la tenue d'un colloque et l'édition de l'ouvrage correspondant devraient à l'avenir en être réduits !

\*\*

Passons à présent à l'ordre du jour avec les interventions de nos collègues Jean-Pierre TREUIL et Gilles COHEN-TANNOUDJI

Jean-Pierre TREUIL nous fait un exposé sur le thème : « 1930-1940, le débat autour de la réalité de la récession des galaxies et de son interprétation ».

Son exposé a bien entendu tout son intérêt au plan de l'histoire des idées scientifiques. Les travaux de l'astrophysicien et mathématicien. Edward Milne – que Jean-Pierre va nous présenter – associés à ceux du physicien et prix Nobel Paul Dirac sur l'antimatière constituent le modèle dit de Milne-Dirac. Celui-ci connaît un regain d'intérêt de la part quelques physiciens car ce modèle peut se passer des notions de matière noire et d'énergie sombre du modèle standard de la cosmologie.

Ces mêmes physiciens pensent qu'il serait ainsi possible de résoudre d'un coup la double énigme de la matière noire et de l'énergie sombre mais cela suppose qu'il reste dans notre univers de l'antimatière.....vaste programme.

## II. Exposé de notre collègue Jean Pierre TREUIL :

### Résumé de l'exposé

#### **"1930-1940, le débat autour de la réalité de la récession des galaxies et de son interprétation »**

Entre 1930 et 1940, et même jusqu'aux années 1950, la convergence entre analyse théorique et observations, entre modèles d'univers (Friedmann-Lemaître) et "récession" des galaxies (Hubble, Humason..), pourraient nous laisser croire que pour les contemporains de ces années là le "problème cosmologique" était sur le point d'être résolu : un univers en expansion, avec une dynamique globale contrôlée par les équations de la relativité générale et celles de Friedmann, dont il ne restait plus qu'à préciser les paramètres. Il semble bien que cette vision soit erronée. De vifs débats ont en effet eu lieu : sur l'interprétation du redshift des galaxies : correspond-t-il bien à un éloignement des galaxies, ou bien à une toute autre cause de nature inconnue, les distances restant de fait constantes et l'univers étant donc stationnaire ; sur la validité de l'hypothèse d'homogénéité globale de l'univers ; enfin sur la validité même de la relativité générale, du moins la validité de son application aux grandes échelles, au cosmos entier.

Deux de ces interrogations, notamment, ont attiré mon attention : celle de la nature du redshift, qui a hanté Hubble, et lui a fait argumenter, en s'appuyant sur les observations de l'époque, que l'univers pouvait être stationnaire. Avec, en contrepoint, les critiques de McVittie. Celle de l'interprétation de la fuite des galaxies (admise comme une réalité) par une expansion de l'espace, mise en cause par Ed. Milne avec une interprétation alternative dans le cadre de la relativité restreinte. Avec, en contre point, les analyses de McCrea, Walker, Robertson ...

L'exposé porte spécifiquement sur la théorie de Milne et ses répercussions.

Quatre références sur lesquelles l'exposé s'appuie, parmi d'autres :

--

E.A. Milne. World Structure and the expansion of the Universe, *Zeitschrift für Astrophysic* 6:1, Jan 1933

E.A. Milne. *Relativity, gravitation and World Structure*. The International Series Of Monographs on Physics (General editors Fowler and Kapitza) Oxford University Press, 1935

H.P. Robertson. On E.A. Milne's Theory of World Structure, *Zeitschrift für Astrophysic*, 7: 153, 1933

H.P. Robertson. Kinematics and World-Structure, *Astrophysical Journal*, 82:284, 1935

Un riche échange s'en est suivi, avec notamment les questions de nos collègues Jean-Felix DURASTANTI, Jean BERBINAU, Michel GONDRAN, Pierre NABET, Gilles COHEN-TANNOUDJI, et Jacques PRINTZ.

Le support de présentation, ainsi que le texte de l'exposé, sont joints au courriel de diffusion de ce bulletin.

En outre, comme lors de toutes nos séances à distance, l'exposé a été enregistré ainsi que les échanges qui l'ont suivi. Je tiens à votre disposition ces deux enregistrements, au format .mp4, de même que le support de présentation et le texte complet de l'exposé. N'hésitez pas à me les demander par courriel ou téléphone : [eric.chenin@science-inter.com](mailto:eric.chenin@science-inter.com) ou +33 6 69 70 65 43.

Victor MASTRANGELO a ensuite introduit la proposition de notre collègue Gilles COHEN-TANNOUDJI et les échanges à suivre :

Nous passons à la proposition de notre collègue Gilles COHEN-TANNOUDJI d'un colloque exceptionnel sur le thème « Face aux problèmes interdépendance / résilience, faire appel aux ressources de l'interdisciplinarité dans les sciences ».

Gilles nous propose d'examiner comment l'articulation du triptyque interdépendance / résilience / interdisciplinarité pourrait nous permettre de mieux appréhender le monde d'après la Covid et mieux nous préparer à affronter de potentielles pandémies et catastrophes dans le futur.

Je souhaite que cet exposé suscite un large débat.

### **III. Proposition de notre collègue Gilles COHEN-TANNOUDJI d'un colloque exceptionnel sur le thème « *Face aux problèmes interdépendance/résilience, faire appel aux ressources de l'interdisciplinarité dans les sciences* »**

#### **Rappel du résumé de la contribution de Gilles Cohen-Tanoudji à la réflexion sur l'orientation thématique du futur colloque :**

Je pense qu'il serait bon de prévoir après le colloque prévu sur le *mésoscopique*, un colloque dont nous ne sommes pas encore sûrs de la date, ni même s'il pourra jamais se tenir, un colloque exceptionnel qui serait consacré à tirer les leçons de la crise sanitaire actuelle, dans la perspective de l'autre crise mondiale qui commence, celle du réchauffement climatique.

Ce qui m'apparaît, mais je ne pense pas être le seul, c'est que le monde est confronté à une conjonction de problèmes articulant *l'interdépendance* et la *résilience*, dont la solution nécessite le recours incontournable à la *science*, ou plus précisément à l'ensemble des sciences, y compris les sciences humaines et sociales, à considérer dans leur *interdisciplinarité*.

C'est pourquoi, ma proposition serait celle de tenir un colloque exceptionnel ou une conférence exceptionnelle, pas trop longtemps (pas plus qu'un an) après le colloque sur le *mésoscopique*, ou à sa place s'il s'avère annulé, sur un thème qui pourrait s'intituler : « *face aux problèmes interdépendance/résilience, faire appel aux ressources de l'interdisciplinarité dans les sciences* ». Je pense qu'avec tous les acquis de nos précédents congrès (2014, 2016 et 2018) en termes de liens avec de prestigieux intervenants, et grâce à la publication de nos ouvrages, nous pouvons viser une initiative de très grande ampleur.

Notre Collègue Gilles COHEN-TANNOUDJI veut tirer leçon de la pandémie et en particulier des interdépendances : entre les efficacités des gestions, des industries, de la recherche scientifique (notamment pharmaceutiques dans le domaine de la vaccination ou tout au début pour le problème des masques).

Il se demande également si une crise climatique imminente ne nous menace pas plus encore que celle de la COVID-19.

- 1) Comme la date du Colloque en présentiel sur le mésoscopique n'a pas encore pu être fixée il se demande notamment si l'on ne pourrait pas traiter le caractère mésoscopique des chaînes de virus. Il suggère par exemple que l'on ajoute 1 journée au colloque sur le mésoscopique dédiée au traitement de la crise sanitaire actuelle et aux leçons que l'on peut en tirer.
- 2) Il pense aussi que tous les scientifiques qui ont participé à nos précédents colloques des années 2014, 2016 et 2018 seraient ravis de participer à un colloque très interdisciplinaire " INTERDEPENDANCE, RÉSILIENCE et INTERDISCIPLINARITÉ"

Pour lui, la crise est celle de la **complexité** et elle fait donc appel à l'**interdisciplinarité**. Ceci nécessite de réfléchir à des attitudes politiques...et implique donc une collaboration internationale. Elle a entraîné une **crise de crédibilité de la science** qu'il faut aborder y compris d'un point de vue philosophique...: il faut **chercher, créer** et déterminer la **responsabilité**...On note ainsi l'émergence de la notion de **fiabilité** ( basée sur la confiance que l'on peut accorder à la parole scientifique) . Il insiste sur le lien entre la fiabilité et l'interdisciplinarité du travail scientifique. A ce sujet, il se réfère aux travaux du philosophe mathématicien suisse Ferdinand GONSETH, qui a travaillé sur la notion d'"**idoïneté**" (*fait d'être idoïne*).

Il cite des exemples:

- le CERN créé juste après la seconde guerre mondiale qui a permis à une Europe scientifique de se développer dans le domaine de la recherche fondamentale. Le web aurait en partie été inventé au CERN... et de plus sans l'obstacle des brevets que l'on trouve dans la recherche privée ( voir le problème des brevets qui freinerait la rapidité de production des vaccins..). Le CERN a créé une infrastructure mise à disposition des états membres qui financent le CERN proportionnellement à leur produit intérieur brut. Le CERN a ainsi un rôle capital dans la recherche mondiale sur les particules. Il participe à de nombreuses universités de recherche mondiales dans lesquelles est exigée une fiabilité de chaque organisme participatif.

Il en résulte que le CERN est un outil d'excellence pour la formation et la recherche scientifique dans un contexte de collaboration internationale.

- le CEA qui fête ses 70 ans cette année.....Il a été créé au lendemain de la 2ème guerre mondiale pour effectuer de la recherche en physique nucléaire. Il s'attaque autant à de la recherche fondamentale qu'à de la recherche appliquée. Il est pluridisciplinaire, interdisciplinaire. Sa structure sociale est remarquable: par exemple il existe un statut égal entre un ingénieur et un chercheur....l'ingénieur signe l'article scientifique auquel il a contribué et il existe une grande possibilité de mobilité disciplinaire. il en résulte une absence de précarité dans le monde du travail du CEA. Le CEA de plus a fait de la France une référence dans l'électronucléaire.

L'AEIS accorde une importance exceptionnelle à l'interdisciplinarité, à la fiabilité en réalisant tous les deux ans des colloques interdisciplinaires de haut niveau scientifique. Elle gère l'écueil de l'interdisciplinarité qui ne dépend pas d'un seul individu mais d'un collectif de scientifiques : un spécialiste d'un domaine reconnaît ainsi les limites de ses connaissances. Elle peut ainsi se préparer à une initiative de grande ampleur pour tirer les leçons de la crise de la COVID 19.

L'intervention de notre Collègue Gilles COHEN-TANNOUDJI a été suivie de nombreuses questions et suggestions:

- Notre Collègue Jacques PRINTZ qui a beaucoup travaillé avec Daniel KROB (*président du Centre d'Excellence Sur l'Architecture, le Management et l'Economie des Systèmes. C'est un ancien mathématicien français qui a notamment été professeur de l'École polytechnique et directeur de recherche au CNRS.*), spécialiste de l'interdisciplinarité et qui a beaucoup suivi les travaux de Ferdinand GONSETH, suggère de lui proposer de participer au futur colloque.
- Notre Collègue Claude MAURY s'interroge sur la nécessité de créer un CERN des vaccins ou bien de laisser la main aux Start up... il constate d'autre part un désaccord du monde médical sur la crise du COVID.
- Notre Collègue Gilbert BELAUBRE considère que les réflexions de Claude MAURY peuvent faire partie du futur colloque. Il faut trouver des exemples dans d'autres domaines...En revanche, l'OMS devrait se doter d'une organisation voisine de celle du CERN.ou du CEA.
- Notre Collègue Pierre NABET réagit à l'intervention de Claude MAURY:
  - Effectivement la médecine est divisée; l'avenir nous montrera que la COVID 19 ne sera pas l'unique pandémie d'autant que le virus mute sans cesse ce qui est propice à de nouvelles zoonoses.
  - le vaccin à ARN messenger est le résultat d'une collaboration entre diverses puissances.
  - Il y aura probablement une création d'entités du type CERN ou CEA pour faire face à ces nouvelles pandémies
- Notre Collègue Jean-Félix DURASTANTI adhère à la proposition de Colloque de Gilles COHEN-TANNOUDJI très interdisciplinaire. Il suggère que l'on ne pourra pas faire l'économie de l'aspect sciences humaines, sciences sociales..
- Notre Collègue Johanna HENRION-LATCHE déclare qu'en fait la **résilience** est un problème de sciences humaines ce à quoi adhère Gilles COHEN-TANNOUDJI.
- Notre Collègue Christian GORINI rappelle que l'interdisciplinarité est une notion complexe et que le CNRS est par essence interdisciplinaire.
- Notre Collègue Ernesto DI MAURO déclare que les nouveaux vaccins seront désormais des vaccins à ARN , mais qu'il subsistera le problème des brevets.
- Notre Collègue Abdel KENOUIFI déclare qu'il faudra probablement accepter de prendre des risques
- Notre Collègue Irène HERPE-LITWIN rappelle qu'un colloque interdisciplinaire de l'AEIS faisant intervenir les sciences sociales a déjà eu lieu en 2011 (Théorie et modélisation en sciences sociales" .
- Notre Collègue Edith PERRIER nous rappelle qu'il est souvent difficile pour la carrière d'un jeune chercheur d'être à la fois pointu et interdisciplinaire. L'AEIS jouit donc d'un privilège dans ce domaine puisqu'il n'y a pas d'obligation de carrière.
- Notre Collègue Jean-Pierre TREUIL regrette que l'on n'ait pas mis en exergue le fait que la découverte des vaccins n'aurait pas pu avoir lieu sans de gros travaux de recherche fondamentale, il faudrait réfléchir à l'interaction entre les Start Up et la recherche académique.

Cette séance très interdisciplinaire s'est achevée ainsi.

Comme pour l'exposé de Jean-Pierre TREUIL, l'intervention de Gilles COHEN-TANNOUDJI, ainsi que les très riches échanges qui l'ont suivie, ont été enregistrés au format .mp4. Je tiens ces enregistrements à votre disposition. N'hésitez pas à me les demander par courriel ou téléphone : [eric.chenin@science-inter.com](mailto:eric.chenin@science-inter.com) ou +33 6 69 70 65 43.

Comme indiqué ci-dessus, le texte complet de l'exposé de Jean-Pierre TREUIL ainsi que son support de présentation en PDF, sont attachés au message de diffusion de ce bulletin. En annexe ci-après, voici le résumé de l'exposé que je proposerai lors de la séance du 12 Avril.



## Structures et contraintes : une approche systémique du développement et de la sénescence

Il s'agit d'une approche systémique<sup>1</sup> du développement et de la sénescence, applicable à tout système : minéral, vivant ou social. L'idée est que développement et sénescence forment un processus continu qui fonctionne par accumulation de contraintes.

Les contraintes jouent un rôle positif lors du développement, en édifiant la structure du système ; puis elles jouent un rôle négatif lorsque la structure a atteint sa maturité, en continuant à s'accumuler et en rigidifiant le système.

Au cours de ce processus continu, le système passe par trois états : malléable, élastique, puis rigide. On retrouve cette succession dans tout système, de toute nature : ressort, rivière, pain, plante, feuille, homme, jusqu'aux structures mentales et sociales.

La rigidité réduit le domaine de viabilité du système, et si ce domaine devient trop étroit, il y a menace de rupture.

Les systèmes à développement défini, comme la plupart des animaux, ou comme les plantes annuelles, ou les organes des plantes pérennes, voient ainsi leur structure se développer puis se rigidifier et cette rigidification est généralement fatale.

En revanche, les systèmes à développement indéfini, comme les communautés clonales, peuvent survivre sans fin. Une colonie clonale de peupliers au Canada, par exemple, a 80.000 ans : chaque clone est victime de la sénescence, mais la colonie reste vivante.

Et les systèmes qui peuvent remodeler leur structure, par exemple les systèmes sociaux, peuvent se maintenir dans la phase élastique s'ils se réorganisent régulièrement. On peut se demander comment une entreprise, par exemple, peut se maintenir au plus près de son maximum d'élasticité, c'est-à-dire de sa réactivité.

\*

Cette réflexion essaie de proposer une explication du phénomène universel de la sénescence, plus satisfaisante que les trois grands modes de justification couramment proposés pour les organismes vivants :

- la dégradation de l'information (au fil des mitoses, les mutations s'accumulent et dégradent la fonctionnalité du génome : cette justification ne tient pas avec les colonies clonales, ni avec les espèces annuelles) ;
- la pléiotropie antagoniste (le même gène code pour un caractère positif au cours du développement, et pour un caractère négatif après le stade de la reproduction : cette justification semble peu réaliste étant donné l'universalité de la sénescence) ;
- le soma jetable (la sélection naturelle n'agit plus au-delà de la phase de reproduction : cela peut justifier que l'évolution n'ait pas favorisé l'immortalité, mais cela n'explique pas comment se produit la sénescence ni pourquoi elle est universellement inéluctable).

---

<sup>1</sup> « systémique » est ici entendu au sens de « générique » : applicable à tout système, c'est-à-dire à tout ensemble organisé de composants et de processus en interaction, quelle que soit la nature de ces composants, processus et interactions.

La réflexion en est au stade des intuitions appuyées sur une diversité d'observations. La formalisation reste à développer, qui pourrait permettre des démonstrations et des expérimentations.

A ce stade encore embryonnaire, on peut toutefois proposer quelques remarques génériques, outre la succession de trois phases -malléable, élastique et rigide- :

- l'accumulation de contraintes se fait de manière essentiellement endogène et incrémentale ; la levée des contraintes est en revanche plutôt d'origine exogène et par morceaux (exemple de la construction, puis de la démolition d'un bâtiment) ;
- l'élasticité repose sur l'homogénéité des contraintes ; elle diminue lorsque les contraintes deviennent plus hétérogènes (exemple d'un maillage de ressorts) ;
- le maximum d'élasticité correspond à un certain rapport entre le nombre de contraintes et la taille de la structure : s'il n'y a pas assez de contraintes, on retombe dans la phase malléable ; s'il y en a trop, on passe dans la phase rigide.

### Quelques références bibliographiques

Rando, T.A., Wyss-Coray, T. Asynchronous, contagious and digital aging. *Nat Aging* 1, 29–35 (2021). <https://doi.org/10.1038/s43587-020-00015-1>

Di Micco, R., Krizhanovsky, V., Baker, D. *et al.* Cellular senescence in ageing: from mechanisms to therapeutic opportunities. *Nat Rev Mol Cell Biol* 22, 75–95 (2021). <https://doi.org/10.1038/s41580-020-00314-w>

Spencer Farrell, Garrett Stubbings, Kenneth Rockwood, Arnold Mitnitski, Andrew Rutenberg, The potential for complex computational models of aging, *Mechanisms of Ageing and Development*, Volume 193, 2021, 111403, ISSN 0047-6374, <https://doi.org/10.1016/j.mad.2020.111403>.

Chen, L., Hänninen, H., Rossi, S. *et al.* Leaf senescence exhibits stronger climatic responses during warm than during cold autumns. *Nat. Clim. Chang.* 10, 777–780 (2020). <https://doi.org/10.1038/s41558-020-0820-2>

Kowald A, Kirkwood TBL. Can aging be programmed? A critical literature review. *Aging Cell*. 2016 Dec;15(6):986-998. Epub 2016 Aug 17. PMID: 27534524; PMCID: PMC6398523; <https://doi.org/10.1111/accel.12510>.

P.-O. Lang, J. Proust, T. Vogel, R. Aspinall, Saurons-nous jamais ce qui provoque le vieillissement ?, *NPG Neurologie - Psychiatrie - Gériatrie*, Volume 13, Issue 78, 2013, Pages 337-343, ISSN 1627-4830, <https://doi.org/10.1016/j.npg.2013.03.008>.

Wang, J., Michelitsch, T., Wunderlin, A. *et al.* Aging as a consequence of misrepair -- A novel theory of aging. *Nat Prec* (2009). <https://doi.org/10.1038/npre.2009.2988.2>

Fotios Drenos, Thomas B.L. Kirkwood, Modelling the disposable soma theory of ageing, *Mechanisms of Ageing and Development*, Volume 126, Issue 1, 2005, Pages 99-103, ISSN 0047-6374, <https://doi.org/10.1016/j.mad.2004.09.026>.

Leonid A. Gavrilov, Natalia S. Gavrilova, Chapter 1 - Reliability Theory of Aging and Longevity, Editor(s): Edward J. Masoro, Steven N. Austad, *In Handbooks of Aging, Handbook of the Biology of Aging* (Sixth Edition), Academic Press, 2005, Pages 3-42, ISBN 9780120883875, <https://doi.org/10.1016/B978-012088387-5/50004-2>.