

# Et si nos cerveaux étaient forgés par le hasard ?

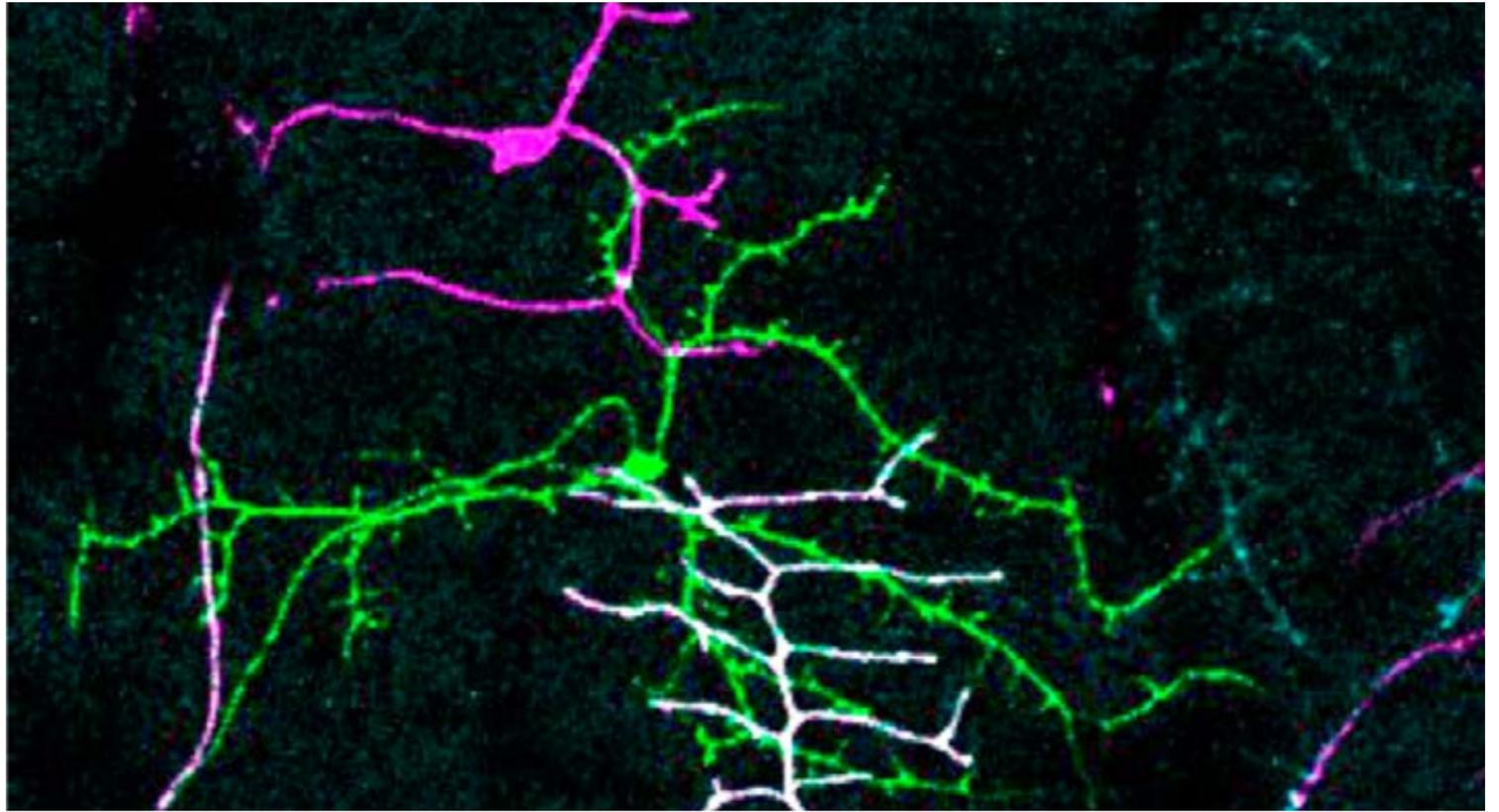
## BIOPHYSIQUE

Et si le développement des êtres n'était pas seulement conditionné par les gènes ? C'est tout le travail mené par une équipe marseillaise du Centre Turing.

Pile ou face ? Est-ce à ce petit jeu de hasard que s'en remettent nos neurones lorsqu'ils décident d'allonger dans une direction ou dans une autre leurs ramifications afin de se connecter à leurs voisins ? Mais comment ce « pari » hasardeux pourrait-il garantir que nos neurones se structurent d'une manière à la fois dirigée par notre expérience et par nos propres gènes ? Autrement dit, par notre vécu et notre héritage génétique.

Les biologistes du développement parlent plus techniquement d'« environnement » et de « génome ». Le développement de toute cellule, neurone ou autre, humaine ou non-humaine, est censé suivre la vallée tracée par les gènes, faisant çà et là de petits détours selon les aléas de l'environnement. Mais cette vision, majoritaire depuis plus d'un siècle chez les biologistes, est justement en train de changer. Plusieurs études ont récemment levé le voile sur un nouvel acteur demeuré jusque-là dans l'ombre des grands mécanismes de développement des êtres : le hasard !

Dernier résultat remarquable en date, celui d'une équipe marseillaise du Centre Turing des systèmes vivants (Centuri-Aix-Marseille Université, CNRS, Inserm), publié en décembre dans la revue *Current Biology* : « Nous avons démontré que la



Neurones sensoriels de la larve de la Drosophile : en blanc, l'arborescence des neurones de classe I doit beaucoup au hasard.

PHOTOS CLAIRE BERTET ET THOMAS LECUIT

structure en forme d'arbre des neurones impliqués dans la perception de la position des différentes parties du corps chez la Drosophile [mouche du vinaigre] était en partie le fruit d'un processus aléatoire», résume le biophysicien Jean-François Rupprecht qui a participé à cette étude menée par le biologiste du développement Thomas Lecuit, fondateur de l'institut Centuri et professeur au Collège de France.

### Réguler le hasard

Ces neurones, dits « VPDA de classe I » dans le jargon des biologistes, ont la particularité d'étendre généreusement sous

l'épiderme de l'insecte leurs dendrites – « branches » des neurones percevant ici par déformation les mouvements du corps – afin de couvrir la plus grande surface sensible possible. Pour y parvenir, les dendrites de ces neurones croissent dans un premier temps selon un axe principal – le tronc – le long duquel partent ensuite une multitude de « branches » : « La position et la fréquence d'apparition de ces branches sont le fait du hasard, explique Jean-François Rupprecht et ce processus aléatoire est essentiel pour obtenir la meilleure couverture possible. » Comment ? Grâce à un astucieux mécanisme de régulation du

« hasard » : si une branche s'en vient à toucher une autre branche au cours de sa croissance, elle se rétracte aussitôt : « La combinaison entre une croissance aléatoire des branches et un élagage des ramifications qui se croisent permet l'apparition d'une structure étonnamment régulière », souligne-t-il. Bref, le hasard fait bien les choses ! Les biologistes ne savent certes pas encore ce qu'il en est pour le cerveau humain. Mais, à l'instar de nos lointaines petites cousines volantes, il est fort probable qu'une bonne dose de hasard se soit aussi invitée sous notre peau... et entre nos deux oreilles !  
Jean-Baptiste Veyrieras

## REPÈRES

### Hasard & comportement

En mars 2020, l'équipe du neurobiologiste Bassem Hassan de l'Institut du cerveau et de la moelle épinière (Paris), publiait dans la prestigieuse revue *Science* une étude révélant la structuration aléatoire des axones des neurones visuels chez la même Drosophile. Mais surtout, ces scientifiques ont démontré que le comportement des mouches lors d'un test impliquant la vision dépendait alors du degré de symétrie de ces connexions. Le hasard aurait ainsi une incidence sur la « personnalité » des insectes.

1-3 juillet 2021

C'est la date d'un congrès scientifique mondial, ouvert au public, consacré au « Hasard » et à son importance dans les processus physiques et biologiques. Il se déroulera au Conservatoire national des arts et métiers, à Paris.

## « Comment le hasard peut-il créer de l'ordre ? »



**Jean-François Rupprecht, biophysicien, chercheur au CNRS et au Centre Turing des systèmes vivants (Aix-Marseille Université).**

**La Marseillaise :** La mise au jour de ce processus de croissance aléatoire a été rendue possible grâce à une prouesse expérimentale...

**Jean-François Rupprecht :** Oui, de tels

processus sont très difficiles à révéler sans une observation continue du développement des neurones, plus particulièrement ici chez l'embryon de la mouche. Or jusqu'à présent, cela était très difficile à réaliser. L'équipe de Thomas Lecuit a réalisé un véritable exploit en parvenant à filmer in vivo le développement de ces neurones. Il a fallu pour cela utiliser une drogue qui paralyse l'embryon sans en bloquer le développement.

Votre équipe, baptisée l'OM (acronyme anglais de « mécanique hors-équilibre »), est spécialisée en biophysique. La physique permet-elle de mieux penser les processus aléatoires au sein du vivant ?

**J.-F.R. :** Notre équipe s'intéresse en effet aux couplages entre les lois de la mécanique et celles de la biologie et plus spécifiquement à cette question, déjà présente de longue date en physique : comment le

hasard peut-il créer de l'ordre ? Il y a de nombreux phénomènes physiques où les processus aléatoires jouent un rôle clé, par exemple le mouvement brownien des molécules au sein d'un liquide. Nous savons que ce désordre à l'échelle moléculaire, couplé à des lois simples d'interactions entre molécules, peut aussi générer de l'ordre à des échelles supérieures. Nous cherchons justement en biologie ces lois, à l'instar de ce que nous avons découvert chez les neurones de la Drosophile.

Exit alors l'idée reine jusque-là des « gènes architectes » ?

**J.-F.R. :** Sans rien nier de l'importance de la génétique, je dirais plutôt qu'il n'est pas nécessaire que les gènes contrôlent tout pour que des structures complexes et ordonnées prennent forme au sein des êtres vivants.

Propos recueillis par J.-B.V.