



Chromosomes X (à gauche) et Y (à droite).

Science, vol. 312, pp. 1653-1655, 2006

SEXE À REBONDISSEMENTS

Les mécanismes d'inactivation du chromosome X seraient apparus deux fois.

Chez les reptiles, le sexe est déterminé par la température d'incubation des œufs, les oiseaux ont des chromosomes W et Z, certains poissons changent de sexe au cours de leur vie... Pas de doute, le monde animal fait preuve d'imagination dès qu'il s'agit de sexe, même au niveau génétique. Chez les humains, les femmes ont deux chromosomes X tandis que l'homme a un X et un Y, ce dernier étant dégénéré : il ne contient qu'une trentaine de gènes contre un millier pour le X. Puisque la plupart des gènes s'expriment (sauf dans le cas d'un gène récessif), les femmes auraient deux fois plus de protéines codées par le chromosome X que les hommes ? Non, nos cellules disposent d'un mécanisme qui réduit au silence, chez les femmes, l'un des chromosomes X, rétablissant l'équilibre dans la quantité de protéines intracellulaires : la parité est sauve. Ce mécanisme requiert, chez les mammifères placentaires, une molécule, l'ARN *Xist*, qui, s'associant étroitement au chromosome X, l'inactive : ses gènes ne s'expriment pas. L'ARN *Xist* est un ARN non codant, c'est-à-dire qu'il n'est pas traduit en protéines, à l'inverse des ARN messagers. Laurent Duret, du Laboratoire de biométrie et biologie évolutive, à Lyon, et Philip Avner, de l'Unité de Génétique moléculaire murine, de l'Institut Pasteur, ont voulu savoir d'où venait cet ARN atypique.

Pour ce faire, ils ont comparé le génome de différents mammifères placentaires (humain, bovins, souris...) avec celui d'autres animaux plus éloignés évolutivement (mammifères non placentaires, tels les opossums – marsupiaux – et les ornithorynques – monotrèmes –, mais aussi oiseaux, amphibiens, poissons, etc.). Ils ont profité du fait que le gène *Xist* est flanqué de gènes de protéines classiques bien conservés chez tous les vertébrés : à l'aide de ces balises, on pouvait reconstituer l'histoire du gène *Xist* en retrouvant sa trace chez tous les animaux étudiés. À la place de ce gène, toutes les espèces (sauf les mammifères placentaires) ont cinq gènes protéiques dont un serait l'homologue (un cousin) du gène *Xist*. Ce gène code une protéine, *Lnx3*, qui participe à des voies de signalisation intracellulaire. Ainsi, chez l'ancêtre des mammifères placentaires, le gène *Lnx3* aurait muté, serait devenu un pseudogène (non fonctionnel) et aurait été récupéré – c'est le bricolage de l'évolution –, ou détourné, pour coder au final, non plus une protéine, mais un ARN non codant, l'ARN *Xist*.

Ce résultat bouleverse ce que l'on croyait acquis, à savoir que l'inactivation du chromosome X était apparue chez l'ancêtre de tous les mammifères. Or puisque seuls les placentaires disposent d'un ARN *Xist*, ce mécanisme serait plus récent. Qui plus est, il serait apparu une deuxième fois, car si ses modalités sont différentes, l'inactivation du X existe aussi chez les marsupiaux. Les monotrèmes sont à part, chacune de leurs cellules ayant cinq Y et cinq X !

L. M

UN ALTERNATEUR À MARÉE

Des tubes contenant des turbines reliées à un alternateur et placées dans un courant de marée produiraient de l'électricité dans les deux sens du courant.



Que se passe-t-il quand on fait tourner l'axe d'un moteur électrique ? Il produit de l'électricité. C'est cette idée que Steve Turnock et Suleiman Abu-Sharkh, de l'Université de Southampton, ont mis en œuvre pour inventer un générateur électrique exploitant l'énergie des marées.

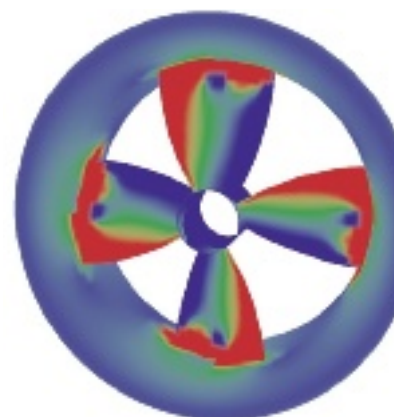
Tout est parti du moteur pour ROV (de l'anglais *Remote Operated Vehicle*), c'est-à-dire pour un robot plongeur alimenté et dirigé par câble, que les deux ingénieurs avaient développé ensemble. Une bobine intégrée dans le carénage de la nacelle est parcourue par un courant alternatif. Un champ magnétique y naît, qui fait tourner un rotor portant des aimants, lequel est solidaire de la turbine. Très utilisés par les pétroliers pour la maintenance des installations sous-marines, les ROV plongent à plusieurs milliers de mètres sous la surface, et doivent être robustes. Pour limiter le nombre de panes, S. Turnock et S. Abu-Sharkh ont réduit à une dizaine le nombre de pièces composant leur propulseur, en évitant en particulier l'emploi

de transmissions. Par ailleurs, il fallait que leur ROV puisse avancer et reculer, donc que la turbine soit hydrodynamiquement efficace dans les deux sens.

Leur propulseur terminé, les deux ingénieurs ont entrepris de le transformer en générateur électrique. Dans le principe, rien de plus simple : au lieu de faire passer un courant électrique dans le moteur, on y fait passer un courant... d'eau. Le flux traversant la nacelle fait tourner la turbine et donc le rotor et ses aimants, lesquels produisent un courant alternatif dans la bobine. Un prototype, construit à partir de la nacelle de 25 centimètres de diamètre du propulseur de ROV et d'un contrôle électronique prévu pour exploiter au mieux sa puissance variable en fonction du courant, est encourageant. Ils espèrent qu'un modèle de série sera en vente d'ici cinq ans. Ils envisagent que des alignements de nacelles soient fixés sur des fonds rocheux parcourus deux fois par jour par la marée. Plusieurs autres principes sont déjà mis en œuvre pour exploi-

ter l'énergie de la marée : outre les barrages classiques à retenue (usine marémotrice de la Rance), on exploite des « éoliennes sous-marines », dont la structure est relativement complexe puisque leurs hélices doivent être réorientées deux fois par jour face au « vent marin ».

F. S.



Simulation du dispositif en activité.

S. Turnock, University of Southampton

UNE AIRE CÉRÉBRALE MULTI-USAGE

En 1861, le neurologue français Paul Broca découvrit une zone du cerveau associée au langage et qui porte aujourd'hui son nom : l'aire de Broca. Or, d'après des données obtenues par imagerie cérébrale, cette région serait aussi activée lors de la réalisation de certains actes moteurs. Quel est le lien entre action et langage ? Verbalise-t-on intérieurement nos actions ? L'aire de Broca n'est-elle pas exclusivement dédiée au langage ? L'équipe d'Étienne Koechlin de l'INSERM U742 Action-neuro-imagerie-modélisation, à Paris, a montré que l'aire de Broca est sollicitée par nos activités motrices, sans qu'il y ait verbalisation interne.

L'aire de Broca correspond aux aires dites 44 et 45 de l'hémisphère gauche. Le cerveau étant quasi symétrique, l'hémisphère droit du cortex présente une zone homologue de l'aire de Broca. Quand on parle, ces deux régions ne sont pas activées de la même façon : l'aire de Broca permet de construire les phrases tandis que son homologue traite les connotations du langage.

L'équipe d'É. Koechlin a observé par imagerie par résonance magnétique l'activité des deux aires de Broca chez 16 personnes effectuant des séries de mouvements de doigts sur les touches d'un clavier. Les sujets devaient réaliser plusieurs types de séries : appuyer sur une touche (acte moteur simple), taper une séquence de touches (séquence d'actes moteurs simples) et réaliser un plan comportant plusieurs séquences de frappe (un plan d'action). Les aires 44 droite et gauche s'activent lors de la transition entre deux séquences d'actes moteurs simples (quand les sujets ont fini de taper une séquence de touches et qu'ils en commencent une autre), et les deux aires 45 lors de la transition entre deux plans d'action (quand les sujets ont fini un plan comportant plusieurs séquences et qu'ils en commencent un autre). Ainsi, ces deux régions interviennent dans l'organisation des actes moteurs, sans qu'il y ait verbalisation, puisque ces acti-

vations sont observées à des moments très précis correspondant aux transitions entre séquences ou plans.

Des études antérieures avaient montré que l'aire 44 de Broca s'active lorsque nous émettons une syllabe et l'aire 45, lorsque nous prononçons une phrase. Par conséquent, l'activation présente également une hiérarchisation pour le langage, qui apparaît similaire à celle de l'organisation des actes moteurs.

Ces résultats montrent que le langage et l'organisation de comportements simples reposent sur des zones communes du cerveau. Aussi pourrait-on envisager de traiter des troubles du langage par des protocoles de rééducation comportementale. Par ailleurs, cette aire est présente chez les singes qui ne parlent pas : au fil de l'évolution, elle aurait donc d'abord été dédiée à la mise en place de plans d'action simples. Et l'on s'interroge : à quel moment et comment ses attributions se sont-elles multipliées ?

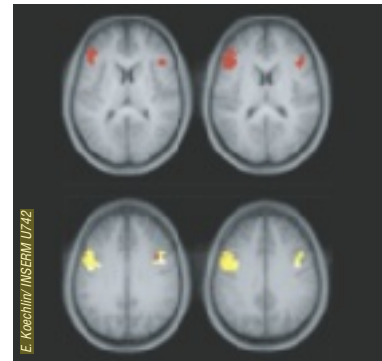
Laurence André

Neuron, vol. 50, pp. 963-974, 2006



Aire de Broca

Delphine Bailly



E. Koechlin / INSERM U742

Dans l'aire de Broca, certaines régions sont activées au début et à la fin de séquences d'actes moteurs simples, puis par les transitions entre ces séquences (*en jaune-orange*), et au début ou à la fin de plans d'action comportant plusieurs séquences ou lors du passage d'un de ces plans au suivant (*en rouge*).

Le deuxième disque de *Bêta Pictoris*

Bêta Pictoris est la première étoile autour de laquelle a été découvert, en 1984, un disque de poussière. C'est désormais la première étoile accompagnée d'un deuxième disque circumstellaire, comme le montrent les observations de David Golimowski, de l'Université de Baltimore, dans le Maryland, à l'aide du télescope spatial *Hubble*.

Un gauchissement du disque circumstellaire principal avait déjà mis la puce à l'oreille des astronomes ; les nouvelles images révèlent que cette distorsion résulte de la superposition de deux disques distincts. Le second disque s'étend sur une centaine d'unités astronomiques (100 fois la distance de la Terre au Soleil), contre plus de 300 pour le disque principal. Il est incliné d'environ quatre degrés par rapport à ce dernier.

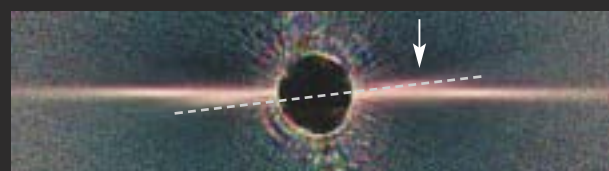
Le disque secondaire aurait été formé par une planète plus massive que Jupiter. Écartée du disque principal, elle aurait entraîné dans son sillage une foule de petits corps réduits par la suite en poussière au fil des collisions. L'analyse du spectre lumineux de ce disque suggère qu'il est composé de grains de silicates ou de gra-

phite compacts et très fins (jusqu'à 0,15 micromètre de diamètre). La poussière fine étant rapidement soufflée loin de l'étoile, sa présence implique que sa régénération, par les collisions de petits corps ou par les comètes plongeant sur *Bêta Pictoris*, est rapide.

Le Système solaire, avec des orbites planétaires inclinées jusqu'à sept degrés l'une par rapport à l'autre, se serait-il formé dans plusieurs plans différents ?

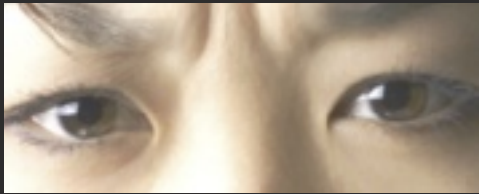
Ph. R.-G

D. Golimowski, *Astronomical Journal*, vol. 131, pp. 3109-3130, juin 2006



Le second disque de poussière de l'étoile *Bêta Pictoris* : il est légèrement incliné par rapport au disque principal.

NASA/ESA/D. Golimowski et al./IPAC/JHU
GO/KeckAOs Science Team



Attention, on vous surveille !

Payeriez-vous votre café si on vous donnait le choix de ne pas le faire ? Tout dépend de la situation ! Melissa Bateson et ses collègues, de l'Université de Newcastle, ont montré que nous sommes plus honnêtes et plus altruistes si nous nous sentons observés. Dans l'expérience imaginée par M. Bateson, les 50 personnes qui prennent leur café tous les jours doivent payer spontanément leur consommation et mettre la monnaie dans une boîte. Chaque semaine, une image grand format représentant soit des fleurs, soit des yeux qui regardent le consommateur, est installée au-dessus du tableau où sont affichés les prix. Les semaines où l'image est celle des yeux, les consommateurs payent en moyenne trois fois plus leurs cafés que quand il y a les fleurs. La simple sensation d'être observé pousse à un comportement plus honnête, plus généreux, car notre cerveau serait programmé pour réagir à un visage et à des yeux, même si c'est un leurre.

B. S.-L.

Biology Letters, 28 juin 2006

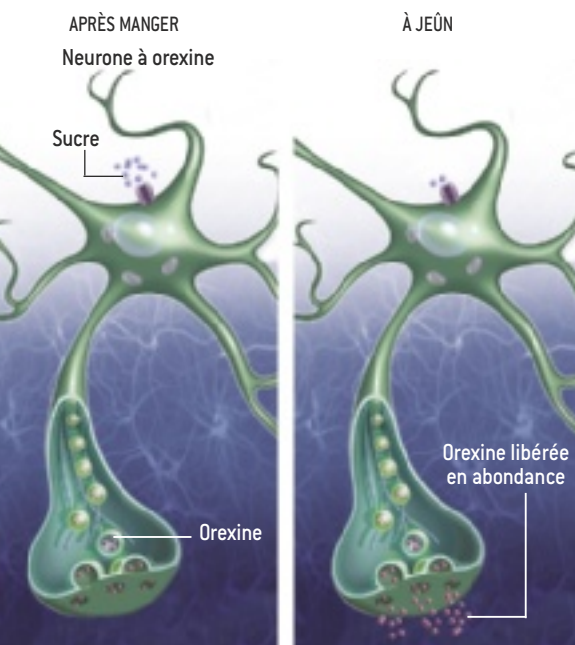
Antigènes et acidité

La taille des antigènes dépend de l'acidité qui règne dans les compartiments cellulaires où ils sont préparés.

Les cellules dendritiques sont parmi les premières cellules en contact avec les intrus que le système immunitaire est chargé d'éliminer. Pour activer les défenses, elles présentent à leur surface des antigènes (des fragments des intrus) dont les autres cellules immunitaires prennent connaissance avant de partir à l'attaque. Les voies de présentation diffèrent selon la source des antigènes : ceux qui sont élaborés à l'intérieur des cellules dendritiques, telles des protéines d'un virus, sont présentés par des molécules du complexe majeur d'histocompatibilité de classe I (CMH I) ; les antigènes extracellulaires, par exemple ceux d'une bactérie, le sont par les molécules du CMH II. Enfin, outre ces deux voies dites classiques, certains antigènes extracellulaires, tels ceux d'une cellule tumorale, sont présentés par des molécules du CMH I : c'est le mécanisme de présentation croisée des antigènes. Quand l'antigène est extracellulaire, l'intrus est phagocyté par la cellule dendritique et découpé en morceaux (les antigènes).

Toutefois, les macrophages, d'autres cellules immunitaires, phagocytent aussi des éléments étrangers, mais ils les découpent en fragments trop petits pour qu'ils puissent être reconnus

Inutile de lutter contre... l'envie de sieste



Certains neurones libèrent de l'orexine, un médiateur de l'éveil. Après un repas, le sucre est abondant dans le sang et dans le cerveau, et peu d'orexine est libérée (à gauche). Au contraire, en l'absence de sucre, l'orexine est libérée en abondance (à droite).

Delphine Bailly

Comme tous les jours, après le déjeuner, de retour au bureau, vous vous sentez las et feriez bien une petite sieste... Denis Burdakov, de l'Université de Manchester, et ses collègues ont montré comment le sucre absorbé pendant les repas inhibe certains neurones – les neurones à orexine – responsables de notre état d'éveil.

Les neurones à orexine sont présents dans une petite région du cerveau – l'hypothalamus postérieur – et émettent des prolongements dans la quasi-totalité du cerveau. À quoi sert l'orexine libérée ? Elle active des zones impliquées dans le maintien de l'éveil, tels les noyaux du raphé ou le locus coeruleus. Un dysfonctionnement de ces neurones serait responsable de la narcolepsie, une maladie caractérisée notamment par des épisodes de somnolence diurnes imprévisibles. Qui plus est, l'orexine, libérée dans le cortex, régulerait l'appétit et le métabolisme énergétique. Par conséquent, l'orexine stimule à la fois l'éveil et l'appétit : un déficit alimentaire active les neurones à orexine, entraînant une mobilisation des réserves énergétiques et gardant l'individu éveillé afin qu'il s'alimente pour reconstituer ses réserves. Et la cascade inverse

existe aussi : la consommation d'aliments, et donc de sucre, bloque les neurones à orexine, aboutissant à un endormissement des personnes repues...

Dans des neurones à orexine en culture, les biologistes anglais ont montré que le sucre active un canal potassium, nommé K_{2P} , qui diminue l'activité électrique des neurones ; ces neurones libèrent alors moins d'orexine. Comme l'orexine est une molécule de l'éveil, sa diminution stimule l'endormissement. En outre, le canal K_{2P} est très sensible aux variations de la concentration en sucre, puisqu'une augmentation correspondant à celle observée dans le cerveau après un repas normal suffit à l'activer. La régulation des neurones à orexine par le sucre via les canaux K_{2P} devrait permettre aux neurobiologistes de préciser les mécanismes de l'éveil, de la satiété, voire de l'obésité. Toutefois, les neurones à orexine ne sont pas les seuls à contrôler ces fonctions physiologiques : des neurones dits MCH, situés également dans l'hypothalamus et impliqués dans l'obésité, seraient activés par le sucre et favoriseraient le sommeil.

B. S.-L.

Neuron, vol. 50, pp. 711-722, juin 2006