

Le journal de l'expo...

Galerie Eurêka - Centre de Culture Scientifique et Technique
de la Ville de Chambéry

CLOCK, LES HORLOGES DU VIVANT

Une exposition conçue par ART'M Créateurs associés

Du 21 septembre 2019 au 28 mars 2020 à la Galerie Eurêka

Pourquoi certaines personnes sont-elles « lève-tôt » et d'autres « couche-tard » ? Pour quelle raison nos nuits sont-elles perturbées par un décalage horaire ? Quel est le déclencheur de la migration des animaux ? Pourquoi le tournesol suit-il le Soleil ? Toutes ces interrogations, et beaucoup d'autres encore, trouvent leur explication dans l'existence des horloges biologiques qui rythment la vie de tous les êtres vivants. À la lumière des découvertes les plus récentes dans ce domaine, l'exposition Clock, les horloges du vivant invite ainsi à explorer les rythmes chez les végétaux, chez les animaux et dans le corps humain, et à comprendre les mécanismes d'horloges internes qui en sont à l'origine.

UN MONDE TOUT EN RYTHMES ...

Le monde dans lequel nous vivons est rythmé par la succession des jours et des nuits, ainsi que par le cycle des saisons. Être adapté aux rythmes de son environnement et aux variations associées constitue pour toutes les espèces un enjeu majeur, dont dépendent leur survie et leur succès reproductif.

Les recherches menées ces dernières décennies ont permis de mieux comprendre les mécanismes biologiques, s'apparentant à des horloges, qui permettent de mesurer le temps, de contrôler les rythmes et les synchroniser entre eux. Elles ont aussi

révéle que tous les êtres vivants en sont dotés, des formes les plus simples aux organismes les plus complexes, qu'ils soient animaux, végétaux, champignons ou bactéries. C'est grâce à ces mécanismes, baptisés « horloges biologiques », que l'organisme de chaque espèce anticipe et s'adapte aux changements périodiques de l'environnement, au fil des cycles immuables des jours et des saisons. Ces horloges internes contribuent à expliquer de nombreux phénomènes tels que les migrations ou le déclenchement de la période de reproduction chez les animaux, le déclenchement de la floraison chez les végétaux, mais aussi les multiples processus naturels au caractère rythmique qui se produisent dans notre corps.

Les horloges biologiques se situent à l'échelle cellulaire. Sous leur contrôle, les rythmes de tous les êtres vivants sont génétiquement programmés. Ils constituent une dimension essentielle et universelle du vivant, mais sont très variables d'une espèce à l'autre.

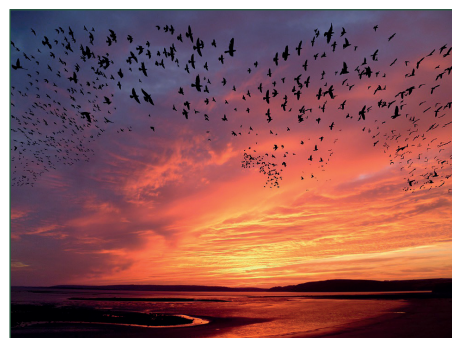
Chronobiologie ?

Les rythmes biologiques sont l'objet d'étude d'une science très récente, appelée chronobiologie. Celle-ci porte à la fois sur leur organisation dans le temps et dans l'organisme, sur leurs mécanismes de régulation et sur leurs éventuels dérèglements.

LES RYTHMES DANS LE MONDE VÉGÉTAL

Les végétaux ont été l'objet des premières études sur les rythmes. Et c'est aussi grâce à des recherches en biologie végétale que l'existence des horloges internes a été révélée, ouvrant une voie vers de nombreuses autres découvertes dans ce domaine.

Les rythmes des végétaux s'observent au fil des différentes échelles de temps : journées, saisons, années, voire décennies !



Le phénomène migratoire chez les oiseaux



ULTRA, CIRCA, INFRA !

D'une manière générale, les rythmes sont classés en trois grandes catégories en fonction de leur période, c'est-à-dire le temps s'écoulant entre deux actions :

- **Les rythmes circadiens**, les plus nombreux, se reproduisent environ une fois toutes les 24 heures. Dans le corps humain, divers mécanismes biologiques et physiologiques sont calés sur ce rythme : l'alternance veille-sommeil, la température de notre corps, la production de certaines hormones ou encore l'état de vigilance.
- **Les rythmes ultradiens** se reproduisent sur une durée inférieure à 24 heures. Ce sont par exemple les rythmes cardiaque et respiratoire. Au cours de la journée, des facteurs tels qu'un effort physique ou un stress peuvent néanmoins agir sur ces rythmes et les modifier.
- **Les rythmes infradiens** couvrent des périodes supérieures à 24 heures. Ils peuvent être hebdomadaires, mensuels, annuels, etc. Le cycle menstruel fait par exemple partie de ces rythmes, de même que les changements saisonniers observés chez certains animaux : hibernation, changement de couleur de pelage, etc., ou encore la floraison chez les végétaux.

Ne pouvant se déplacer, les végétaux sont particulièrement sensibles aux variations des conditions du milieu dans lequel ils se trouvent : lumière, température, humidité, etc. Les rythmes des espèces végétales sont donc conditionnés par la rythmicité de l'environnement. Cependant ce sont les horloges internes qui les gouvernent. Les rythmes sont produits de manière innée et autonome grâce à celles-ci, au cœur même des végétaux. C'est le couplage entre les stimuli extérieurs et ces horloges biologiques qui va entraîner divers processus physiologiques, circadiens ou saisonniers.

AU FIL DES JOURS ET DES NUITS

Chez un certain nombre de plantes, les pétales ou les feuilles sont ouvertes durant la journée et se ferment la nuit. Ce mouvement qui répond au cycle du jour et de la nuit est appelé nyctinastie. Même maintenue dans l'obscurité constante, une plante conserve ce rythme. Celui-ci est donc bien gouverné par une horloge endogène. L'influence de la lumière sur ces mouvements rythmiques est de régler précisément l'horloge sur une période de 24h.

AU FIL DES SAISONS

Invariablement, les végétaux suivent un cycle, propre à chaque espèce, qui revient d'une année sur l'autre, et qui déroule ses étapes au fil des saisons : germination, croissance, fécondation, floraison, fructification, etc. L'interdépendance existant entre les végétaux et leur milieu rend fondamental, pour la reproduction

À VOIR DANS L'EXPO...

« Oxalis décalée »

Lorsque chez nous les plantes sont ouvertes, ailleurs dans le monde où la nuit est tombée, elles sont fermées. Sur la table « Chut ! Je dors... » observez un plant d'Oxalis à l'heure de Paris et un autre à celle de Sydney ! Pour obtenir ce résultat, ce dernier a été soumis durant plusieurs jours à un rythme jour/nuit inversé : il a été exposé à un éclairage nocturne et maintenu dans l'obscurité durant la journée.



Et au fil de la course du Soleil ?

Le jeune plant de tournesol (*Helianthus annuus*) est bien connu pour suivre la course apparente du Soleil dans le ciel, de l'aube au crépuscule.

Ce mouvement est sous l'influence de la lumière, mais contrôlé par une horloge interne. Mis dans l'obscurité, le tournesol conserve en effet un mouvement. Cette variation de l'orientation d'une plante en fonction d'une source de lumière est appelée phototropisme. Lorsqu'il s'agit spécifiquement de la lumière du Soleil, le phénomène est dénommé héliotropisme. Suivre l'astre du jour tout au long de la journée permet au tournesol de capter un maximum d'énergie. Une fois que sa fleur s'ouvre, il s'immobilise, orienté dans la direction du Soleil levant.



et la survie de l'espèce, le moment où se produisent ces phénomènes physiologiques. Au cours de l'évolution, la sélection naturelle a ainsi favorisé les plantes qui fleurissent au moment le plus favorable.

Deux mécanismes permettent aux végétaux de prévoir l'arrivée d'une nouvelle saison :

- la capacité à mesurer la durée de la période froide, à l'issue de laquelle la période pourra être favorable à la floraison ;
- la présence d'une horloge interne permettant de mesurer l'allongement des jours au printemps ou leur raccourcissement à l'automne. Celle-ci permet d'éviter que des stimuli environnementaux, telle qu'une journée très ensoleillée en hiver, ne donnent de faux signaux et ne déclenchent une floraison précoce. Ce rapport entre la durée du jour et de la nuit est appelé photopériodisme. Il conditionne les diverses activités physiologiques des plantes. C'est ainsi la durée du jour qui détermine la saison de floraison de la plupart des plantes.

LES RYTHMES DANS LE MONDE ANIMAL

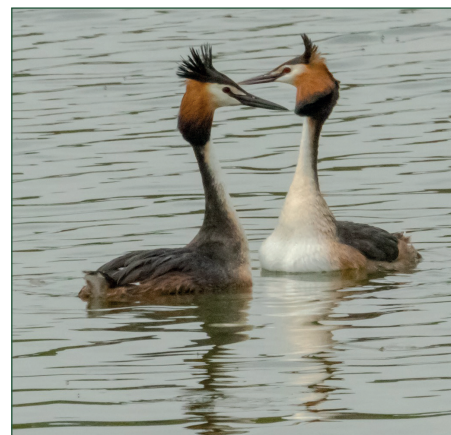
Tout comme chez les végétaux, les rythmes des animaux sont à la fois influencés par l'environnement et contrôlés par l'horloge interne. Chez les espèces animales, ils apparaissent tout particulièrement dans les comportements et se calent sur les rythmes environnementaux.

UNE VIE RÉGLÉE SUR UN RYTHME CIRCADIEN

Le rythme des animaux suit tout d'abord celui de l'alternance entre le jour et la nuit. La lumière constitue le premier synchroniseur du rythme circadien. Chaque lever et chaque coucher de soleil constituent des repères permettant de régler l'horloge biologique sur 24h. Les phases d'éveil et de sommeil sont basées sur ce rythme circadien, et inversées selon que l'animal est diurne ou nocturne. Quel que soit le mode de vie, les études ont montré que le mécanisme cellulaire de l'horloge interne reste le même.

DES RYTHMES SAISONNIERS

La dimension cyclique des comportements apparaît tout particulièrement dans la reproduction. Chez la plupart des espèces, la période où elle se produit est adaptée aux variations saisonnières. Elle a lieu de manière à ce que les naissances surviennent au moment où les conditions environnementales sont les plus favorables. Presque tous les animaux mettent ainsi au monde leurs petits au printemps ou en début d'été. Le déclenchement de la période de reproduction est sous le contrôle de l'horloge interne, et implique là aussi une mesure de la variation des durées du jour et de la nuit. Par ailleurs, certaines parades nuptiales qui précèdent la reproduction sont marquées par une double rythmicité : celle du cycle saisonnier, mais aussi celle qui apparaît dans leur expression : chant, danse, vibrations, signaux lumineux, etc. Le rythme de ces signaux adressés par le mâle à la femelle va permettre à celle-ci d'identifier si celui qui lui fait la cour est un bon reproducteur. Il s'agit pour cela qu'il soit au bon tempo !



Parade nuptiale chez le Grèbe huppé

À VOIR DANS L'EXPO...

« Migrator »

Vivez les incroyables voyages de divers animaux migrateurs en expérimentant le jeu Migrator !

Les phénomènes migratoires constituent un autre comportement hautement marqué par la saisonnalité, et dont le déclenchement est également sous le contrôle de l'horloge biologique. Migrer permet aux animaux de trouver des conditions plus favorables à leur survie.

LES RYTHMES DANS LE CORPS HUMAIN

UNE QUESTION DE BON TEMPO

Sous l'influence de nos horloges internes, les sécrétions hormonales, la température du corps ou encore l'activité des cellules de nos différents organes fluctuent quotidiennement. Ces variations conditionnent nos activités et notre état physiologique qui évoluent donc au fil de la journée. Ainsi, nos capacités physiques ou intellectuelles, notre état de concentration et de vigilance, nos capacités de digestion ou d'absorption de tel ou tel nutriment, etc. sont variables elles aussi en fonction du moment. À chaque heure son activité ! Suivre au plus près les rythmes biologiques naturels aide ainsi à améliorer ou préserver sa santé, ou encore à optimiser ses performances dans le cadre d'une activité donnée.

Même si notre horloge biologique est de nature génétique, des stimuli extérieurs sont nécessaires à une bonne synchronisation. Ce sont eux qui permettent de la régler précisément. L'alternance entre la luminosité ambiante et l'obscurité constitue le premier facteur de synchronisation. Différents facteurs comportementaux sont également impliqués, en particulier l'heure des repas, et les horaires du lever et du coucher. S'ils sont en phase avec l'horloge biologique, ces différents éléments participent au bon fonctionnement de l'organisme. En revanche, s'ils ne sont pas en phase, ils peuvent provoquer tout l'effet inverse et devenir désynchroniseurs. Or, une désynchronisation avec le rythme circadien peut être à l'origine de troubles divers pouvant porter sur le sommeil, le système cardiovasculaire, l'humeur, la mémoire, le système immunitaire, etc. Cette situation devient fréquente dans nos sociétés actuelles où les modes de vie sont parfois en grand décalage avec les rythmes naturels.

LES RYTHMES DU SOMMEIL

Notre sommeil présente lui aussi un rythme. Il est constitué d'une succession de plusieurs cycles d'une durée de 90 minutes environ. Ils sont eux-mêmes constitués de plusieurs phases de sommeil dont la proportion varie selon le cycle. Parmi ces phases peuvent être distingués :

Rythme biologique et décalage horaire

Les voyages vers des destinations éloignées impliquent de traverser plusieurs fuseaux horaires avec un décalage à l'arrivée. L'organisme encore réglé sur son rythme habituel doit alors se recalibrer sur les nouveaux horaires. Le *jet-lag* ou syndrome du décalage horaire, est la conséquence d'un décalage des rythmes circadiens dans ces conditions. S'il peut provoquer une désynchronisation transitoire il n'engendre pas de conséquences à long terme, excepté pour des personnes voyageant tout le temps. Selon les individus, les effets de ce décalage sont très variables : insomnie, fatigue, maux de tête, troubles digestifs, etc.



- le sommeil lent léger, caractérisé par une baisse de l'activité cérébrale, du rythme cardiaque et du rythme respiratoire ;

- le sommeil lent profond durant lequel la diminution de l'activité cérébrale et des rythmes cardiaque et respiratoire se poursuit ;

- le sommeil paradoxal, caractérisé par une augmentation de l'activité cérébrale, du rythme cardiaque et du rythme respiratoire, ainsi que par des mouvements oculaires. Il s'agit de la phase durant laquelle se produisent les rêves.

En tant qu'espèce diurne, l'Homme dort la nuit. Cette période de récupération est importante pour notre organisme et notre santé. Sous le contrôle de l'horloge biologique, des changements dans l'organisme vont entraîner l'endormissement. Tout d'abord, la

À VOIR DANS L'EXPO...

« Les rythmes dans le corps humain »

Observez le rythme des battements de votre cœur, mais aussi celui de votre activité cérébrale !

UN TEMPS POUR TOUT...



Sortir le jour et dormir la nuit

L'alternance entre l'exposition à la lumière du Soleil durant la journée et l'obscurité nocturne, permet de synchroniser l'horloge biologique à la journée de 24h et de maintenir le rythme de veille et de sommeil. La lumière artificielle pendant la nuit est donc déconseillée, au risque de perturber le sommeil.

Des repas réguliers et au bon moment

La régularité des repas participe à l'équilibre des rythmes circadiens. Le contenu de l'assiette en fonction de l'heure est également un facteur essentiel. En effet, un même nutriment ne sera pas assimilé de la même manière par l'organisme selon le moment de la journée où il est absorbé. Par ailleurs, le corps est davantage apte à digérer au cours de la journée que le soir. Le grignotage la nuit quant à lui n'est pas de mise, au risque de débousser les horloges internes !



L'activité physique l'après-midi

Les capacités physiques sont à leur maximum aux alentours de 18h, sous l'influence d'un important pic de cortisol. C'est d'ailleurs entre 17h et 19h qu'est enregistré le plus grand nombre de records sportifs ! Faire un effort physique intense le soir en revanche a tendance à retarder l'horloge centrale. Fréquence cardiaque, pression artérielle et température corporelle s'abaissent le soir, réactiver ces fonctions avant de se coucher risquerait de perturber l'endormissement.

Des moments plus favorables à la concentration

Les capacités de concentration sont à leur maximum entre 9h et 11h et en milieu d'après-midi. Ce sont les moments à privilégier pour les activités intellectuelles, le traitement de dossiers complexes, les prises de décisions, les tâches demandant particulièrement d'attention et de mémoire, etc.



À VOIR DANS L'EXPO...

Sur la table " La ronde de la nuit "

Reconstituez les phases composant nos différents cycles de sommeil.

production de mélatonine, l'hormone du sommeil, augmente dès que la lumière baisse. À cela s'ajoute une petite baisse de la température corporelle en fin de journée. Ces variations conduisent à des conditions favorisant l'endormissement.

Couche-tard ou lève-tôt ?

On ne décide pas d'être « couche-tard » ou « lève-tôt », cela dépend du réglage de l'horloge biologique. Environ une personne sur deux est prédisposée génétiquement à être soit couche-tard, soit lève-tôt, l'autre moitié a un profil intermédiaire. Pour éviter d'être trop en décalage, il s'agit donc de connaître son propre rythme afin de le suivre au mieux.



Bien dormir commence par un bon endormissement, or celui-ci peut être perturbé par une exposition le soir à la lumière bleue issue des écrans. En faisant croire à notre cerveau qu'il fait encore jour, celle-ci empêche la production de mélatonine, ce qui peut donc conduire à des difficultés d'endormissement. C'est pourquoi il est recommandé d'éteindre les écrans au moins une heure avant le coucher. Actuellement, de nombreux troubles du sommeil observés dans la population sont liés à une perturbation de nos rythmes biologiques.

L'heure de la sieste !

En début d'après-midi, l'organisme connaît une baisse d'énergie. L'envie de dormir souvent ressentie à cette heure n'est causée ni par la digestion ni par un manque de sommeil, mais est liée directement aux fluctuations des sécrétions hormonales. Une sieste après le déjeuner peut se révéler très bénéfique, et est garante d'un après-midi plus efficace. Une vingtaine de minutes de sieste constitue une bonne moyenne. Elle ne doit cependant pas dépasser 30 minutes.



LES HORLOGES DU VIVANT

En chaque être vivant il n'existe pas une seule horloge mais plusieurs qui impulsent le rythme des différentes fonctions de l'organisme. Ainsi, dans notre corps, ces horloges sont présentes dans les cellules et dans tous les organes et tissus aux fonctions essentielles : cœur, poumons, foie, muscles, reins, etc. Elles commandent les rythmes circadiens de tout l'organisme. Chaque fonction biologique importante est régie par son horloge, destinée à optimiser son efficacité en fonction de l'environnement.

Tous ces rythmes ne sont pas indépendants, c'est pourquoi une synchronisation de l'ensemble de ces horloges est essentielle. Cette coordination est effectuée grâce à une horloge centrale, dont le rôle s'apparente à celui d'un chef d'orchestre. Celle-ci est située au cœur du cerveau dans l'hypothalamus, au niveau de deux formations appelées noyaux suprachiasmatiques ou NSC. Sous l'action de l'alternance entre la lumière et l'obscurité, les NSC organisent le tempo de notre corps. Les messages transmis par les NSC sont de deux types : certains passent par la voie neuronale, et d'autres par l'intermédiaire d'hormones produites cycliquement. Les NSC ajustent constamment leur activité en fonction de la luminosité ambiante. Celle-ci est captée au niveau de la rétine par des cellules photoréceptrices qui transmettent au cerveau les informations reçues. L'horloge centrale possède aussi son propre rythme. Elle montre un cycle d'une durée variant entre 23h30 et 24h30 selon les individus.

Les recherches scientifiques en chronobiologie ont connu un grand essor cette dernière décennie. Les avancées

Une expérience hors du temps !

C'est grâce à une expérience menée en 1962 qu'il a pu être démontré que le corps humain renferme une horloge autonome. Pour cela, le scientifique et spéléologue français Michel Siffre est allé vivre durant deux mois au fond d'un gouffre, sans aucun repère temporel, se couchant, se levant et mangeant quand il en ressentait le besoin. Tout au long de l'expérience, son rythme circadien s'est maintenu, en s'allongeant juste un peu à 24h30.



dans ce domaine ont valu en 2017 un prix Nobel à trois généticiens américains. Les connaissances d'aujourd'hui et celles à venir devraient mener à des résultats prometteurs, notamment dans le domaine de la santé. En chronothérapie, les médicaments pourraient être administrés à une heure adaptée à l'horloge de chacun pour une efficacité optimale et moins d'effets secondaires. En chrononutrition, les aliments pourraient être pris à l'heure où digestion et assimilation sont les meilleures pour notre organisme.

La récente discipline de la **Chronobiologie** et les expérimentations portant sur les rythmes qui l'ont précédé ont permis de révéler l'existence d'une horloge biologique, son rôle fondamental et sa dimension universelle dans le monde vivant. La vie de tous les organismes est rythmée par ce mécanisme interne. Le fonctionnement de celui-ci est de mieux en mieux connu, mais il reste encore beaucoup de secrets à percer. Les découvertes issues de ce champ d'étude en plein développement pourraient mener à des applications très prometteuses.

À VOIR DANS L'EXPO...

« Hors du temps »

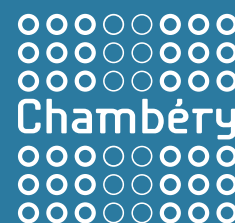
Vivez l'incroyable expérience de Michel Siffre en écoutant un récit issu de son carnet de bord.

Document réalisé par l'équipe médiation de la Galerie Eurêka

Galerie Eurêka - C.C.S.T.I. de la Ville de Chambéry
Hôtel de Ville BP 11 105
73 011 CHAMBERY cedex
tel : 04 79 60 04 25

e-mail : galerie.eureka@ccsti-chambery.org

Site Internet : www.chambery.fr/galerie.eureka



GALERIE EURÊKA