

LES RYTHMES DU VIVANT

BIORYTHMES / CHRONOBIOLOGIE

- **Retour, à des intervalles réguliers dans le temps, d'un fait, d'un phénomène; cadence à laquelle s'effectue une action, un processus** (Dictionnaire Larousse)
- Le **rythme** est la caractéristique d'un **phénomène périodique** induite par la perception d'une structure dans sa **répétition**.
- Le **rythme** n'est pas le signal lui-même, ni même sa répétition, mais la notion de «mouvement» que produit la répétition sur la perception et l'entendement (Wikipédia)
- Du latin *rhythmus*, lui-même emprunté au grec ancien *ῥυθμός*, *rhuthmós* (« mouvement réglé et mesuré » d'où « **mesure, cadence, rythme, nombre** ») (Wiktionnaire)

Expériences de Erwin Bünning sur la sensitive :

Figure 1. Une expérience de de Mairan. Enregistrement kymographique du mouvement des pétales chez *Kalanchoe blossfeldiana* maintenue en obscurité totale à partir du 8 XII, 20 heures. Notons l'atténuation du mouvement à partir du 11 XII (d'après E. Bünning, 1973).

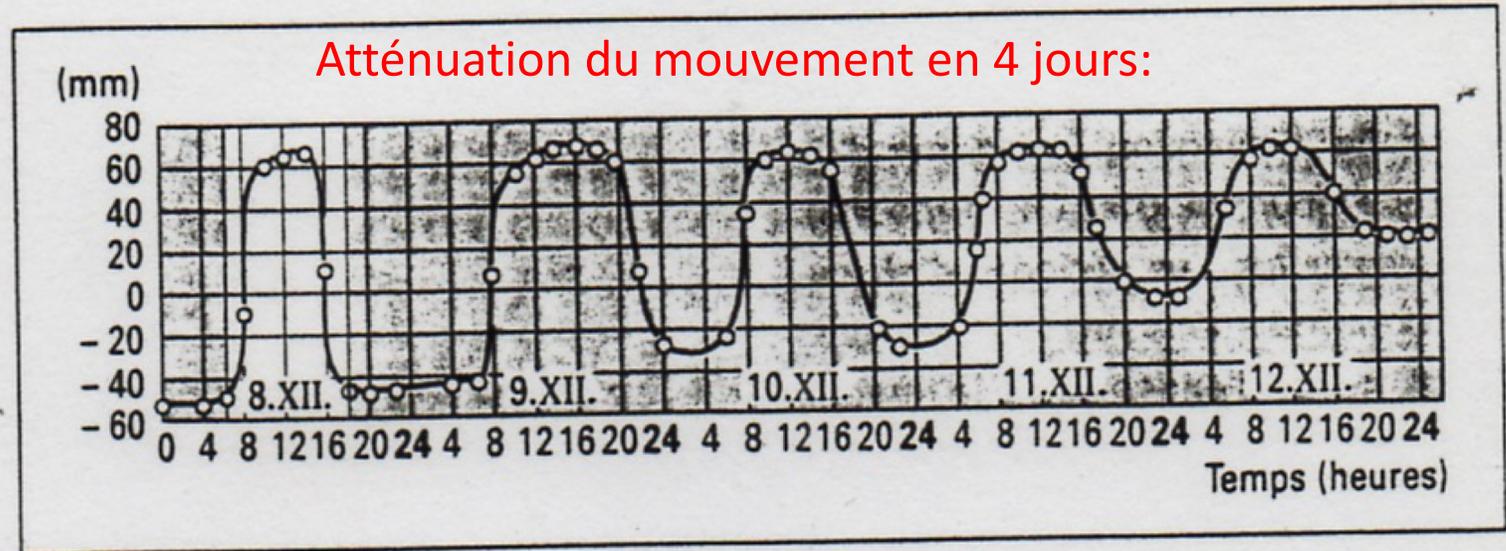
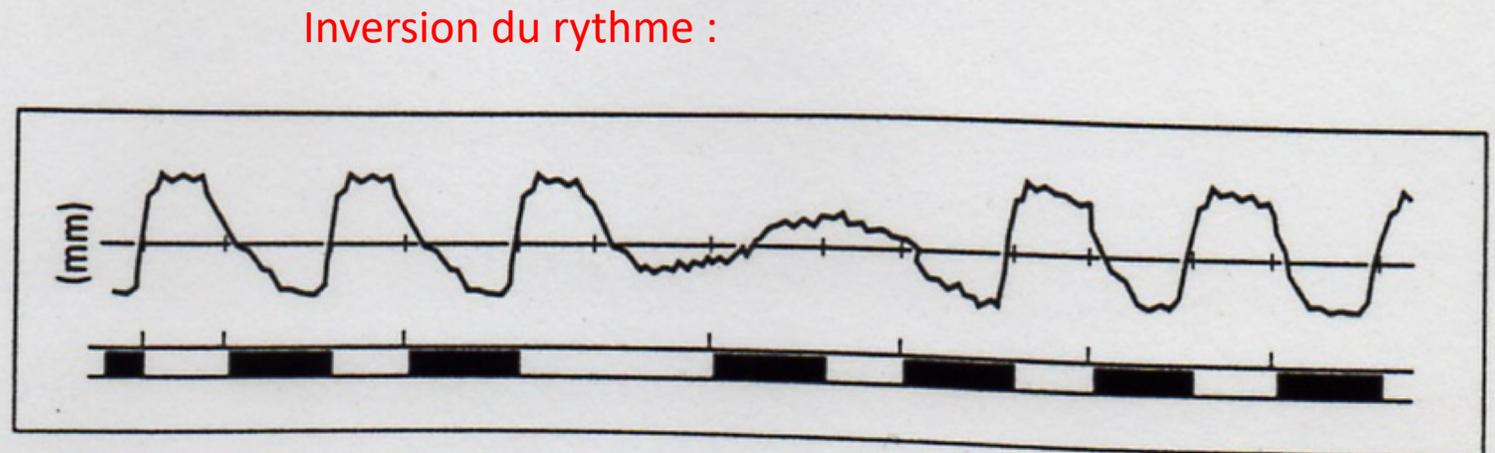


Figure 2. Une expérience de de Candolle. L'inversion du rythme d'alternance jour-nuit chez *Chemopodium amaranticolor*. Les périodes d'obscurité sont indiquées par les rectangles bleus, celles d'exposition à la lumière par les rectangles clairs (d'après E. Bünning, 1973).



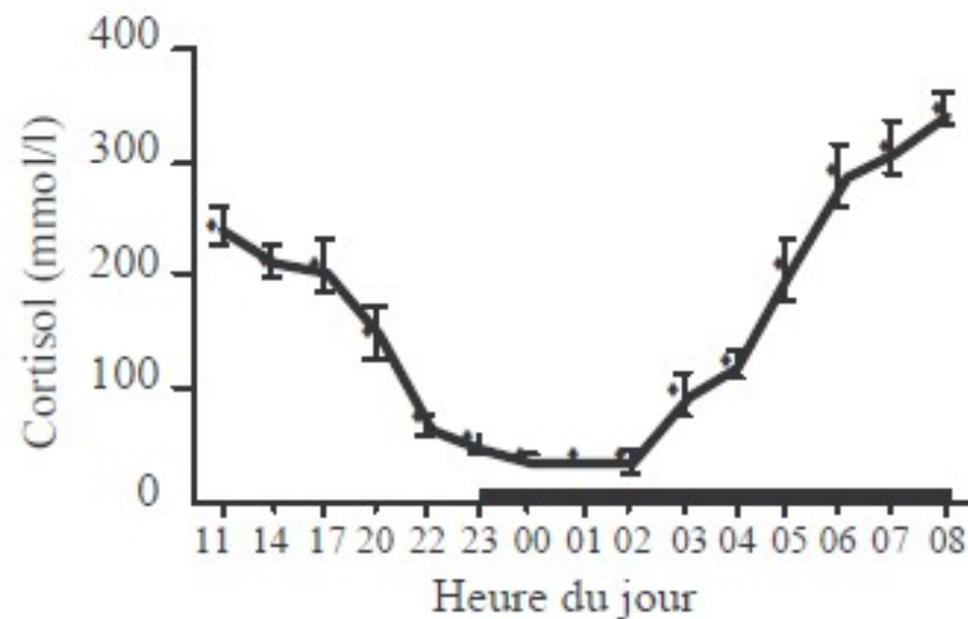
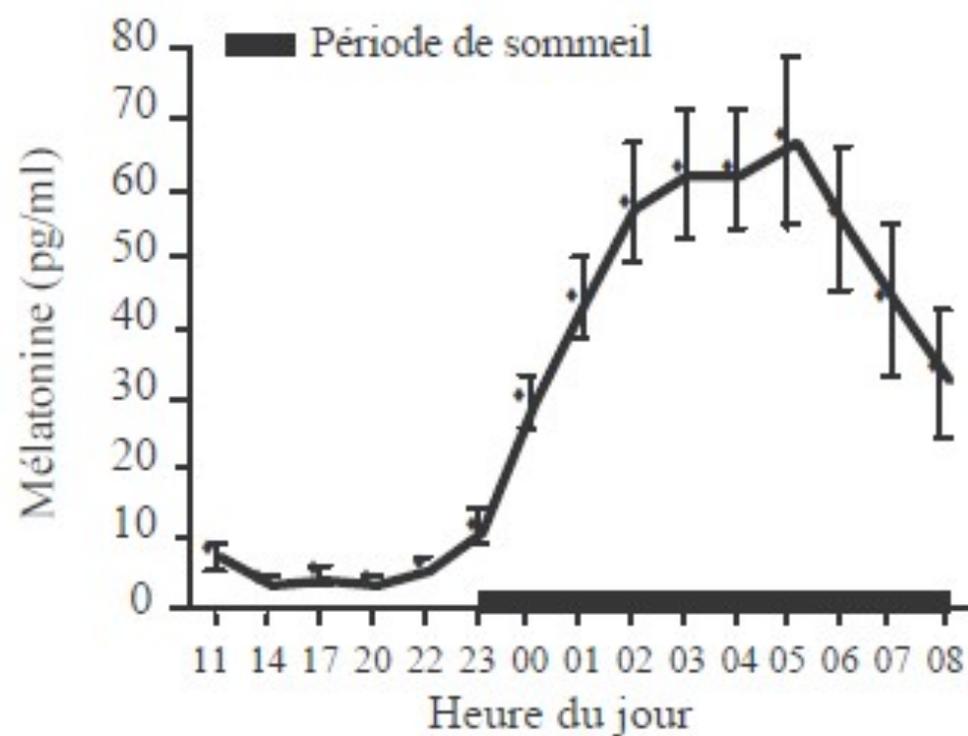
Mots clés :

➤ **endogénie / innéité**

➤ **entraînement**

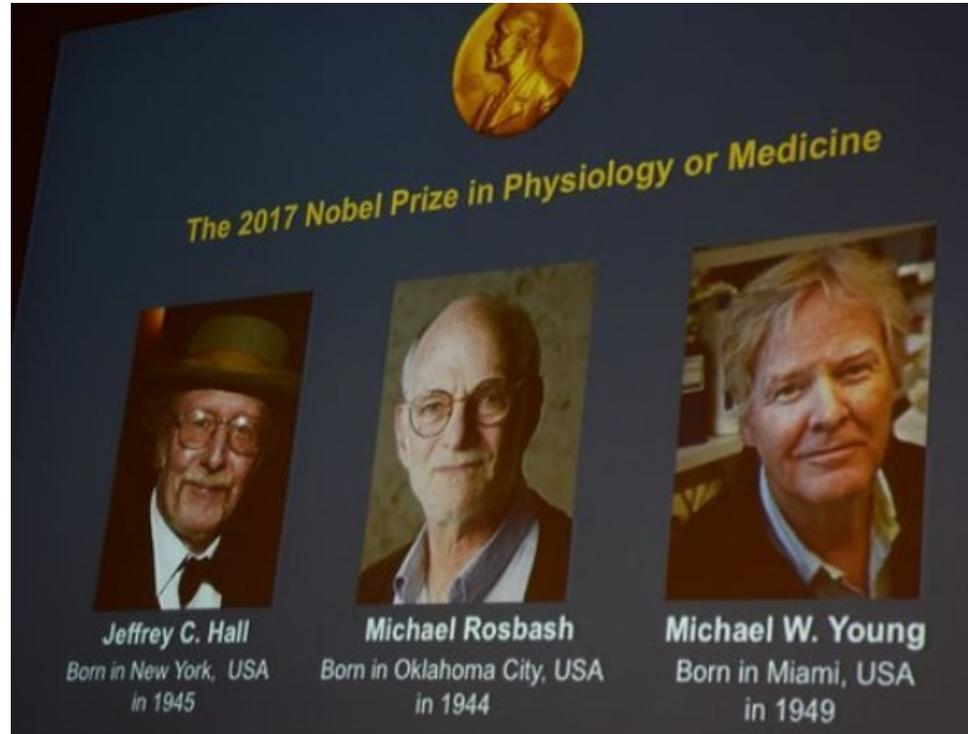
➤ **période biologique propre / horloge biologique / rythmicité**

- L'alternance jour / nuit ou lumière / obscurité synchronise l'activité rythmique.
- 2 signaux physiques / repères temporels : **crépuscule** (→ nuit) et **aube** (→ jour).



Variations circadiennes des concentrations plasmatiques de la mélatonine et du cortisol (d'après Touitou et coll., 1984)

Prix Nobel pour la Chronobiologie : Rythmes Circadiens et Horloge Biologique influencent nos Comportements



Trois généticiens américains, **Jeffrey C. Hall, Michael Rosbash et Michael W. Young**, viennent de recevoir le prix Nobel de médecine pour leurs travaux sur les mécanismes moléculaires de l'horloge biologique et ses conséquences sur l'organisme, le sommeil et la santé.

The Nobel Assembly at Karolinska Institutet – Scientific Background Discoveries of Molecular Mechanisms Controlling the Circadian Rhythm https://www.nobelprize.org/nobel_prizes/medicine/laureates/2017/advanced-medicineprize2017.pdf

LE PRIX NOBEL DE MÉDECINE RÉCOMPENSE LE DÉCODAGE DE L'HORLOGE BIOLOGIQUE



Les chercheurs américains Jeffrey Hall, Michael Rosbash et Michael Young ont décodé sur la mouche drosophile les engrenages de l'horloge biologique, qui règle les rythmes circadiens de tous les organismes vivants.

Elle ne fait pas de bruit et pourtant, elle tourne. Ses engrenages ? Ce sont des gènes et des protéines. Ils fluctuent selon un rythme de 24 heures, donnant le tempo du jour et de la nuit à notre organisme. C'est [l'horloge biologique](#), qui aligne tous les organismes vivant sur la planète Terre sur le rythme astronomique de sa rotation. Un rythme dit circadien, du latin signifiant "[autour du jour](#)".

Pour ce cru 2017, le prix Nobel de physiologie et médecine est décerné aux trois chercheurs américains qui ont posé les jalons du décodage de cette horloge. [L'annonce a été donnée ce lundi 2 octobre](#) (2017) à 11h30 depuis l'Institut Karolinska, à Stockholm (Suède).

Feedback of the *Drosophila period* gene product on circadian cycling of its messenger RNA levels

Paul E. Hardin^{*†}, Jeffrey C. Hall^{*} & Michael Rosbash^{*†}

^{*} Howard Hughes Medical Institute and [†] Department of Biology, Brandeis University, Waltham, Massachusetts 02254, USA

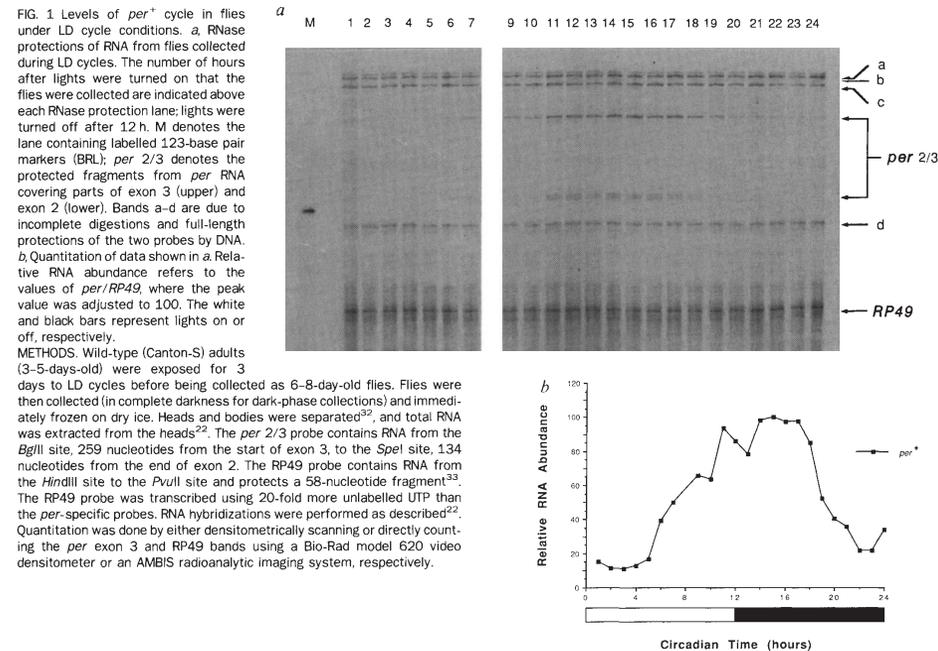
Mutations in the *period* (*per*) gene of *Drosophila melanogaster* affect both circadian and ultradian rhythms. Levels of *per* gene product undergo circadian oscillation, and it is now shown that there is an underlying oscillation in the level of *per* RNA. The observations indicate that the cycling of *per*-encoded protein could result from *per* RNA cycling, and that there is a feedback loop through which the activity of *per*-encoded protein causes cycling of its own RNA.

CIRCADIAN rhythms influence many behaviours and physiological processes. These rhythms are generated by an endogenous circadian 'clock', persist ('free-run') under constant environmental conditions, and respond to environmental time cues. In *Drosophila melanogaster*, two well-studied phenom-

ena—eclosion and adult locomotor activity—are under the control of the circadian clock¹.

The product of the *period* (*per*) gene in *D. melanogaster* is a candidate clock molecule¹⁻³. The original three mutations described at the *per* locus either shorten (*per^S*), lengthen (*per^L*) or essentially abolish (*per⁰¹*) circadian activity². The *per* gene has been cloned and extensively analysed^{1,5}. *In situ* hybridization and immunohistochemical analyses indicate that *per* is expressed in numerous adult tissues, including the eyes, antennae, lateral brain neurons and putative glia in heads, and the salivary gland, ovaries and gut in bodies^{3,6,7}. Because the circadian oscillator has been mapped to the head⁸, we consider that the *per* expression most relevant to clock function is located here.

In the adult visual system, the immunoreactivity of *per* gene product (Per protein) fluctuates²; intense staining is readily detectable in photoreceptor nuclei in the middle of the night, but essentially no staining is detectable in the middle of the day. The staining fluctuations persist in constant darkness. These



LES RYTHMES BIOLOGIQUES: Plan du cours de G. Prévost

Introduction

Historique - Définitions

Ch. 1 : Nature et propriétés des rythmes biologiques.

I – Réponses fonctionnelles de l'être vivant aux variations périodiques de l'environnement

- 1) Rythmes biologiques et adaptations physiologiques
- 2) Adaptation physiologique réparatrice et anticipatrice (Reactive homeostasis)

II – Rythmes biologiques : généralités

- 1) L'outil mathématique: période, amplitude, acrophase, bathyphase, phase
- 2) Différents types de rythme
- 3) Diversité des rythmes: ultradiens, circadiens, infradiens

III – Les rythmes ultradiens

IV – Les rythmes circadiens – L'oscillateur circadien

- Aschoff
- 1) Endogénie des rythmes circadiens: horloges biologiques, lois de
 - 2) Compensation – Homéostasie thermique
 - 3) Flexibilité : Synchronisation - Entraînement et Zeitgeber
 - 4) Entraînement photopériodique
 - 5) Echappement et désynchronisation interne
 - 6) Relation de phase entre Zeitgeber et rythme biologique
 - 7) Courbe de réponse de phase : CRP
 - 8) Limites de l'entraînement
 - 9) Conclusion : Nature, propriétés du phénomène circadien

Ch. 2 : Les oscillateurs circadiens

I – Etude biochimique

- 1) Inhibiteurs respiratoires
- 2) Inhibiteurs de l'expression génique
- 3) Rôle de la membrane plasmique

II – Etude génétique

- 1) Rythmes biologiques chez la *Drosophile*
- 2) Le gène *per*

III – Modèle moléculaire d'oscillateur circadien

- 1) Chez *Drosophila*
- 2) Chez *Neurospora crassa*
- 3) Les 24 heures de l'horloge moléculaire

IV – Les "Pace-makers" (oscillateurs) des vertébrés

- 1) La glande pinéale
 - a : Lamproies, poissons, amphibiens
 - b : Majorité des reptiles (tortues, lézards), oiseaux
 - c : Mammifères, certains reptiles / oiseaux
- 2) Molécules synthétisées par les transducteurs (la mélatonine)

Ch. 3 : Adaptations saisonnières - Rythmes circannuels

A – Description des rythmes circannuels

I – Contraintes méthodologiques / techniques pour la mise en évidence des cycles circannuels

- 1) Quelles conditions d'éclairément ?
- 2) Espèces sauvages maintenues en captivité
- 3) Durée des recherches
- 4) Les soins : des repères temporels pour les animaux ?
- 5) Caractères mesurés

II – Similarité des cycles circannuels avec les les cycles circadiens ?

- 1) Endogénie
- 2) Innéité
- 3) Homéostasie thermique
- 4) Influence de l'éclairément

III – Les synchroniseurs des cycles circannuels

- 1) 1^{er} synchroniseur : la lumière / la variation annuelle de la photopériode
- 2) Autres synchroniseurs ?
 - a) La température
 - b) les phéromones
 - c) La disponibilité alimentaire

IV – Particularité des cycles circannuels par rapport aux cycles circadiens

- 1) Les conditions de permissivité
- 2) Variations inter/intra-spécifiques

B : Rôle du photopériodisme

I – Photopériodisme et cycle annuel de reproduction

- 1) Chez la totalité des oiseaux et certains mammifères
- 2) Chez d'autres espèces: petits rongeurs hibernants ou non, mammifères

hibernants

II – Etude du cas 1: La photopériode contrôle l'activation des gonades

- 1) Espèces de jours courts / de jours longs
- 2) La phase photoréfractaire
- 3) Conclusion: réponses de type "jours courts"/ de type "jours longs"

III – Etude du cas 2: La photopériode contrôle l'installation du repos sexuel

C : La mesure photopériodique du temps : les modèles

I – Modèle de Farner

II – Rythme endogène de la photosensibilité

- 1) Modèle de coïncidence externe : oiseaux, mammifères
- 2) Modèle du sablier : invertébrés, lézards
- 3) Modèle de coïncidence interne : certaines phases du cycle biologique des

insectes

III – Validation expérimentale du modèle (rythme circadien endogène de la photosensibilité)

- 1) Mise en évidence des variations journalières de la photosensibilité
- 2) Mise en évidence de l'endogénie des variations journalières de la

photosensibilité

- 3) Rôle de l'endogénie du rythme circadien de photosensibilité dans la

photorégulation des rythmes annuels.

Chronobiologie

La **chronobiologie** est une discipline scientifique étudiant l'organisation temporelle des êtres vivants, des mécanismes qui en assurent la régulation (contrôle, maintien) et de ses altérations. Cette discipline traite essentiellement de l'étude des rythmes biologiques.

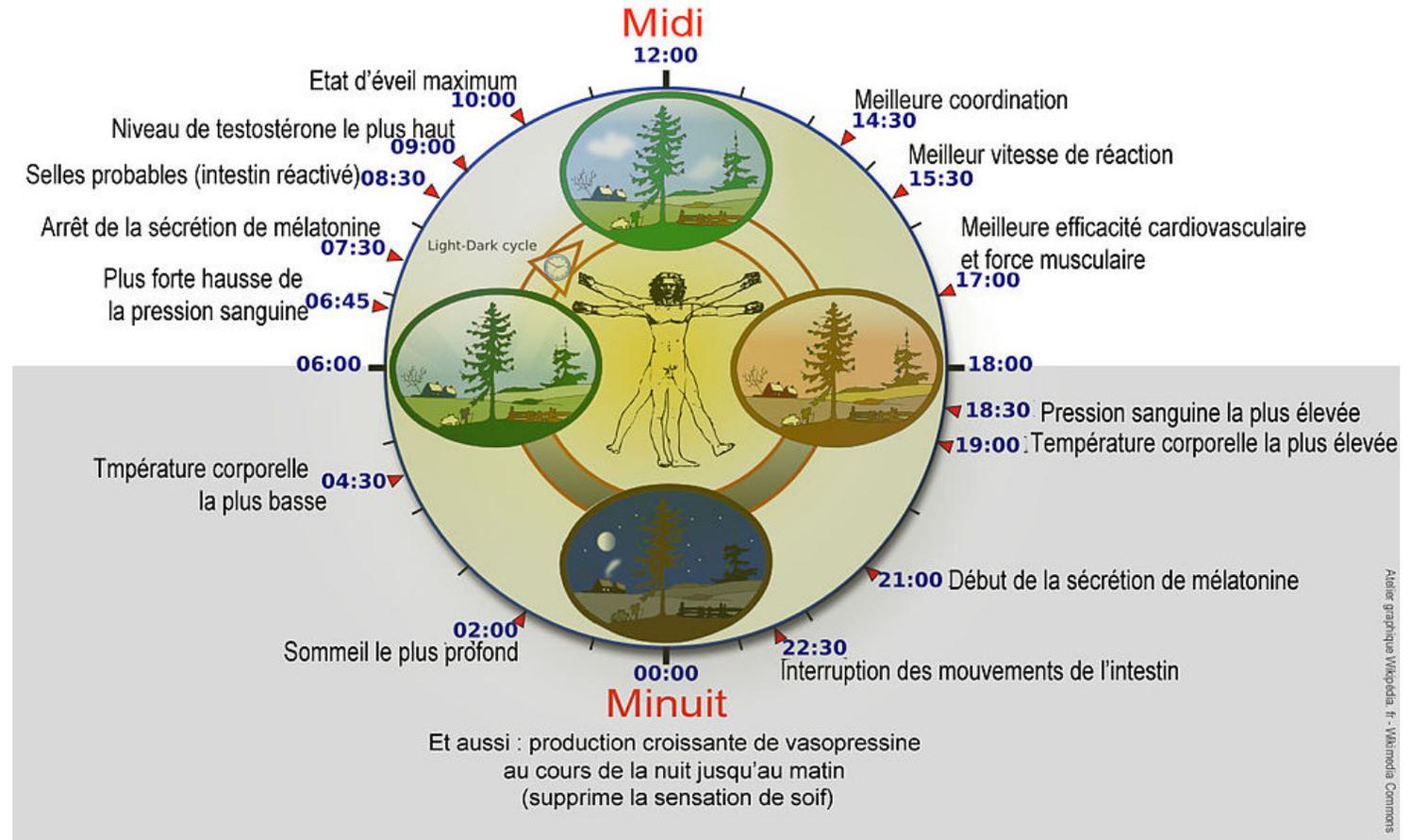


Diagramme illustrant l'expression du rythme circadien et du rythme biologique chez l'Homme¹.