

# INTRODUCTION À LA PHYSIOLOGIE

## I) HISTORIQUE ET GÉNÉRALITÉS SUR LA PHYSIOLOGIE

### 1. Comment définir la physiologie?

Etymologiquement, le mot physiologie dérive de la racine grecque « phusis » qui veut dire la nature et de « logos » qui signifie la science, l'étude.

✓ C'est une discipline de la Biologie qui **étudie les fonctions et les propriétés des organes et des tissus des êtres vivants**

Elle s'applique au:

- **Règne animal** → physiologie animale
- **Règne végétal** → physiologie végétale

- **Champ d'application très large** : va de la cellule à l'individu entier  
→ On parle de **physiologie intégrée**
- On peut aussi la **comparer entre les espèces**  
→ On parle de **physiologie comparée**
- On peut lui trouver une **application directe**  
→ On parle de **physiologie appliquée**
- Elle peut concerner un **groupe d'individu**  
→ On parle de **physiologie sociale**

- En santé, la physiologie occupe une place clé dans la mesure où elle permet à la fois de **comprendre** mais aussi de **traiter les maladies**
- Cette discipline est également importante pour pouvoir **concevoir et mettre au point des dispositifs** permettant de **suppléer des fonctions défailtantes**, comme par exemple : les respirateurs, les reins artificiels ou encore l'assistance circulatoire utilisée en réanimation

**Une vue d'ensemble de la production scientifique et des définitions de la physiologie proposées par les principales sociétés savantes montre que le concept de fonction est central en physiologie**

- ✓ En 2006, la société américaine de physiologie donne la définition suivante : « **la physiologie est l'étude de la fonction des organismes en tant que systèmes intégrés de molécules, cellules, tissus et organes dans la santé et la maladie** »
- ✓ Cette définition n'est pas loin de la première donnée en 1554 par le médecin français Jean Fernel. Ce dernier a également préféré **la notion de fonction pour définir la physiologie**. Cette notion est cependant contre intuitive si l'on admet en effet que la nature n'a pas de finalité propre dans ses buts

## 2. Principales fonctions du vivant

La biologie et la physiologie en particulier attribuent certaines propriétés fondamentales et communes aux organismes vivants

### ✓ Reproduction

=> Assurer les activités essentielles permettant de garantir le maintien de l'espèce

### ✓ Intégrité

=> Fonction essentielle pour permettre à tout être vivant de perdurer afin d'assurer la pérennisation de l'espèce.

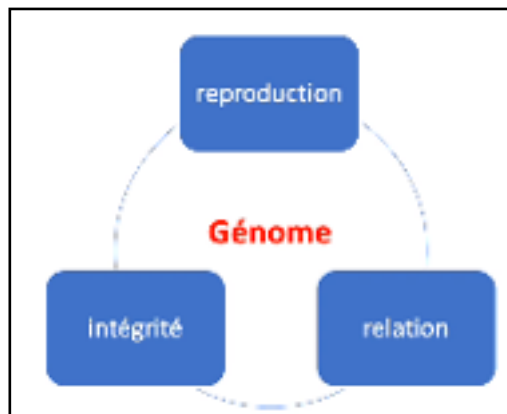
Parmi les fonctions d'intégrité les plus élémentaires, on retrouve:

- Le métabolisme, notamment par le biais de la nutrition
- L'immunité qui permet de protéger le soi du non-soi

### ✓ Relation

=> Il faut assurer les relations entre les différents organes mais aussi avec les autres individus;

En particulier pour la reproduction, la transmission des informations des caractères du vivant dans les différentes générations est assurée en partie par le biais du code génétique ou génome -> contribue à transmettre des caractéristiques phénotypiques de génération en génération



## 3. La fonction crée-t-elle l'organe?

La question de la fonction et ainsi de l'organe qui la génère est débat récurrent de la physiologie.

○ Un aperçu de la littérature scientifique montre que **le concept de fonction est central en physiologie**

○ Bien que la dimension **téléologique** de cette définition, à savoir la notion de but de la fonction et sa pertinence explicative est un problème purement philosophique

○ Intuitivement, la **fonction d'un trait** dans un système expliquerait pourquoi ce trait est présent

↳ Par exemple, dire que la **fonction du cœur** est de pomper le sang dans le système vasculaire suggère que le fait que le cœur pompe le sang est la seule raison pour laquelle le cœur serait présent dans le corps

Cependant, si l'on réfute une explication **annalistique** de la vie, expliquer l'existence du cœur par son effet ne paraît pas logique, car l'argumentation serait alors que **la cause de son existence serait aussi sa conséquence**.

Certains auteurs ont montré que les **systèmes autorégulés** sont **téléologiques**, c'est-à-dire qu'ils s'organisent spontanément dans un milieu donné, mais sans but particulier en apparence

↳ Exemple du banc de poisson qui s'autoorganise en devenant une masse plus importante pour éloigner les prédateurs



✓ Selon la théorie de la **sélection naturelle**, la fonction d'un élément résulte de ce qui a été sélectionné.

➔ Comme elles restreignent l'attribution fonctionnelle d'un trait à sa valeur sélective passée et non à ses propriétés actuelles, **ces théories sont donc à priori incompatibles avec le concept de fonction en physiologie**.

➔ Ainsi, on peut admettre que la présence du cœur contribue à pomper le sang sans qu'il soit nécessaire d'expliquer comment cette fonction s'est mise en place.

➔ Une des théories les plus adéquates serait celle du **rôle causal** : le rôle d'une fonction/d'un trait dans un système serait **sa contribution causale à la capacité fonctionnelle du système**.

Cependant, cela laisse sans solution la question du sens de la dimension téléologique de la fonction. L'importance de considérer les organismes comme des systèmes téléologiques peut résider non pas dans son pouvoir explicatif mais dans sa fécondité méthodologique en physiologie.

⇒ On perçoit donc bien sur le plan sémantique la **difficulté à déterminer ce qu'est la fonction par rapport à l'organe et inversement**

#### 4. Organe, fonction et évolution

*La notion de fonction et d'organe est un débat ancien qui prend toute son importance dans le débat de **l'évolution des espèces***

Début XIXe siècle:

Jean-Baptiste **Lamarck** propose l'hypothèse que ce sont **les espèces qui s'adaptent à leur milieu**

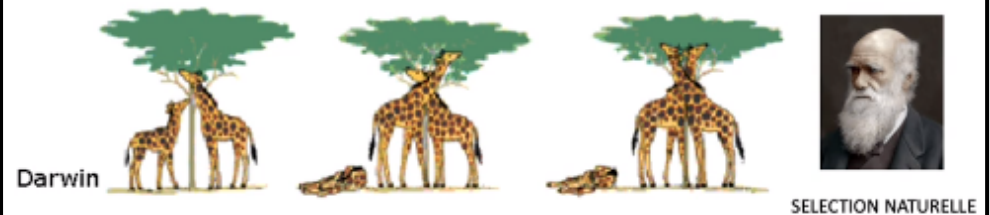
↳ Exemple: Le **cou de la girafe** qui s'est allongé à travers les générations pour lui permettre d'accéder aux branches les plus hautes des arbres

↳ Néanmoins, il n'existe **aucune preuve paléontologique** qu'il existait des girafes dont le cou était court ou l'inverse, et qui se serait allongé ou raccourci à travers les époques



**Darwin** propose l'hypothèse que **c'est le milieu naturel qui sélectionne les individus dont les fonctions sont adaptées et qui permet la transmission de ce caractère dans les générations suivantes**

⇒ Cette idée colle mieux avec les données de l'époque



## 5. La naissance de la physiologie moderne : la physiologie expérimentale



La découverte des grandes notions de la physiologie moderne revient à **Claude Bernard** qui est le premier physiologiste ayant posé les **bases de la physiologie expérimentale**

Ce médecin et physiologiste est également le premier qui place la notion d'**expérimentation** comme essentielle pour **comprendre comment fonctionne l'organisme**

✓ A son époque la médecine se contente d'**observations**, qui sont ensuite **théorisées** pour produire des  moyens de traitement

→ Les pratiques à base de saignée et les lavements pour seul et unique moyen de traiter des maladies

- Grâce à l'**expérimentation**, **Claude Bernard** va montrer par exemple que c'est le foie qui produit le glycogène et qui participe à la régulation de la glycémie
- Il pose la base du concept de **l'homéostasie** et de la **régulation du milieu intérieur** donnant ainsi à l'ensemble des organes un **rôle fonctionnel cohérent**
- Il définit également que les **maladies** sont le fait du dérèglement fonctionnel normal et que l'on peut donc traiter en rétablissant l'homéostasie initiale

## 6. La fin de la physiologie intégrée

- Pendant la première moitié du XXe siècle, les **sciences physiologiques** étaient **dominantes** dans l'étude des **mécanismes des organismes vivants** comme en attestent les nombreuses découvertes majeures de ces époques (*découverte des hormones, du modèle de nerf*)
- Mais la **physiologie s'est fragmentée** dans le **réductionnisme** (approche par laquelle l'analyse d'un système peut être décrite par l'analyse de chacun de ses sous-systèmes).

Analogie avec le personnage de Alice au pays des merveilles Humpty Dumpty, qui en tombant du mur se fracasse en mille morceaux qu'aucun ne sait recoller

## 7. La physiologie réductionniste



L'approche réductionniste avec l'avènement de la **biologie moléculaire** a révolutionné nos connaissances du vivant et en particulier de son fonctionnement intime

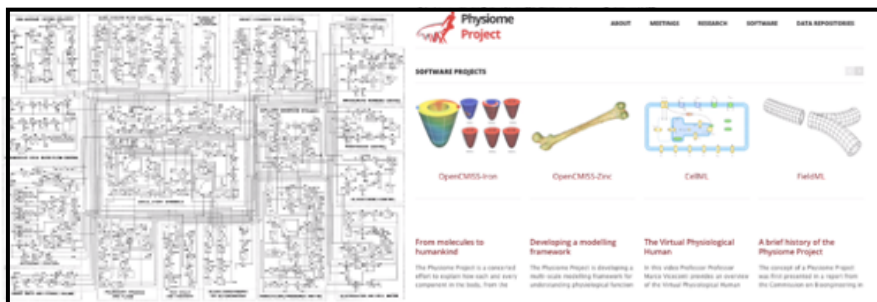
➤ Au cours de la seconde moitié du XXe siècle, la **biologie moléculaire** a connu un essor extraordinaire avec notamment le **séquençage complet des génomes** de nombreuses espèces, dont l'humain

➤ Progressivement, le réductionnisme initial a fait place au projet ambitieux de pouvoir faire une **resynthèse de la biologie** pour retourner à l'individu entier à travers la **transcriptomique** puis la **protéomique** et actuellement la **métabolomique**

➡ Il s'avère que la tâche est beaucoup plus complexe, voir insurmontable

➡ S'il est relativement facile d'expliquer la fonction d'un gène dans les fonctions de bas niveau et de la protéine, compte tenu du nombre de recombinaisons possibles il est autrement **plus difficile d'expliquer son rôle dans des fonctions supérieures**

## 8. Le futur de la physiologie : les systèmes complexes



La notion même d'expliquer le fonctionnement d'un individu entier à partir de son génome semble alors totalement illusoire

L'étude de la complexité des systèmes biologiques représente un nouveau challenge de la biologie moderne et de la physiologie en particulier

Pour cela on peut recourir à:

- La modélisation de la fonction
- La bio-informatique
- Aux sciences computationnelles en général.

Ce mouvement de recherche a débuté depuis les années 50 avec la **cybernétique** qui est l'étude des mécanismes d'information des systèmes complexes.

## PROJET PHYSIOME

⊗ Depuis le modèle informatique du système cardiovasculaire proposé par un physiologiste américain dès 1972, de nouvelles approches intégratives des nouvelles fonctions physiologiques ont vu le jour

↳ Exemple: le projet « **Physiome Project** »

➔ Il a été présenté au conseil de l'union internationale des sciences physiologiques en 1993

➔ Le terme « physiome » vise à fournir une description quantitative de la dynamique physiologique et du comportement fonctionnel de l'organisme intact

➔ Pour l'heure, ce projet se limite à des applications en open source reproduisant fidèlement certaines fonctions physiologiques.

## II) LES GRANDS PRINCIPES DE LA PHYSIOLOGIE

### 1. Le concept d'homéostasie

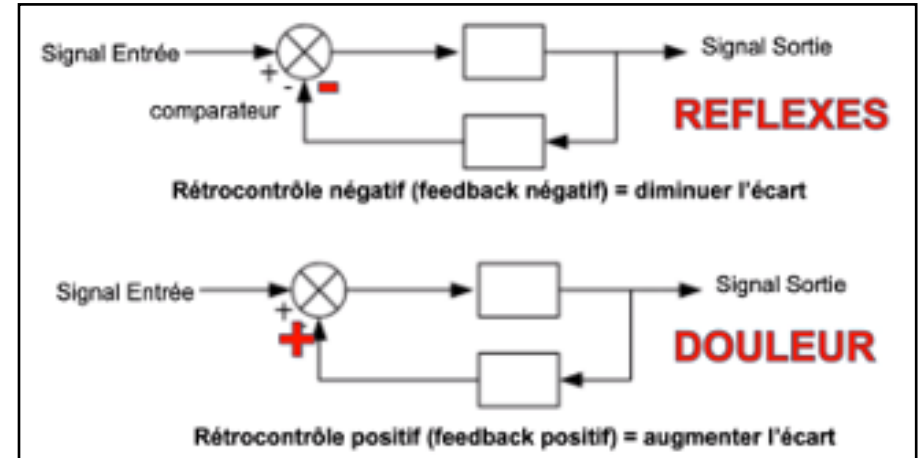
Le concept d'homéostasie est un des principes fondamentaux de la physiologie moderne

Ce concept pose comme principes que:

- Le **milieu intérieur** doit rester **stable** quel que soit les perturbations internes ou externes afin de maintenir l'intégrité dans le temps et l'espace de l'être vivant
- C'est un **équilibre dynamique** et nécessite de **l'énergie** produite à partir des processus métaboliques  
↳ Ex: Production de l'ATP
- **L'homéostasie** repose sur des **boucles de régulations** dont les informations proviennent d'un ou plusieurs **capteurs** physiologiques  
↳ Des centres comparateurs à des valeurs de référence et des effecteurs permettant une réponse à des perturbations soit internes soit externes



### 2. Notion de contrôle et de régulation



Les boucles de régulations sont à la base de pratiquement tous les systèmes physiologiques

|  |  |
|--|--|
| <b>RÉTROCONTRÔLE NÉGATIF</b><br>(+ fréquent) | <b>Minimiser</b> les écarts à la valeur de référence   |
| <b>RÉTROCONTRÔLE POSITIF</b><br>(+ rare)     | <b>Augmenter</b> les écarts à la valeur de référence<br><i>ex: réflexes à la douleur où il faut s'écarter du stimulus douloureux</i> |

✓ Dans tous les cas il se pose la question de savoir **ce qui détermine et où se localise la valeur de référence ou valeur de consigne du système**

➔ Est-ce une information localisée dans un groupe cellulaire spécialisé comme c'est le cas de **l'hypothalamus** dans la régulation thermique ou bien le résultat **de l'ensemble des systèmes eux-mêmes** ?

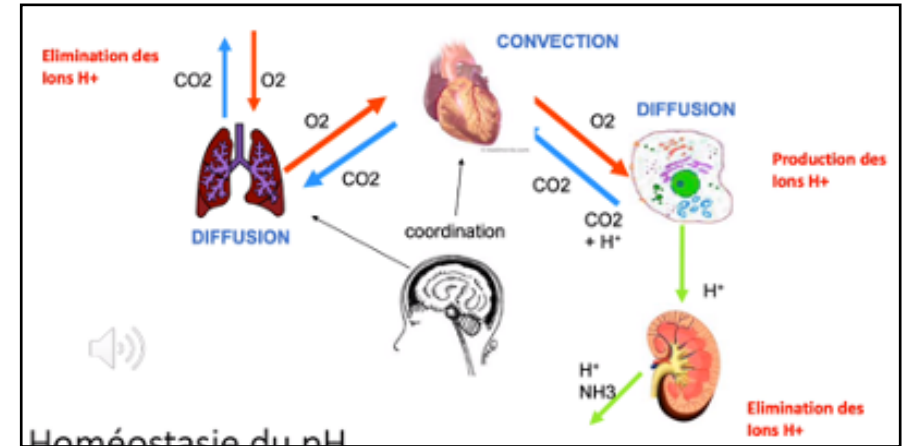
✓ **Principe de l'auto-organisation** : dans certains cas les systèmes peuvent donner lieu à des **oscillations périodiques** permettant **un cycle de répétitions de certaines fonctions**

➔ *ex:* le cycle veille/sommeil, la périodicité de la contraction cardiaque...

### 3. Homéostasie du pH

La notion de fonction d'homéostasie peut être liée à un organe en particulier, mais est plus généralement dévolue à plusieurs organes fonctionnant de manière coordonnée

- C'est le cas par exemple de **l'homéostasie de pH du milieu intérieur**
- En effet, le métabolisme cellulaire entraîne la production permanente d'ion H<sup>+</sup> qui doivent être éliminés tout en maintenant un pH stable et dans une limite précise de **7,4**



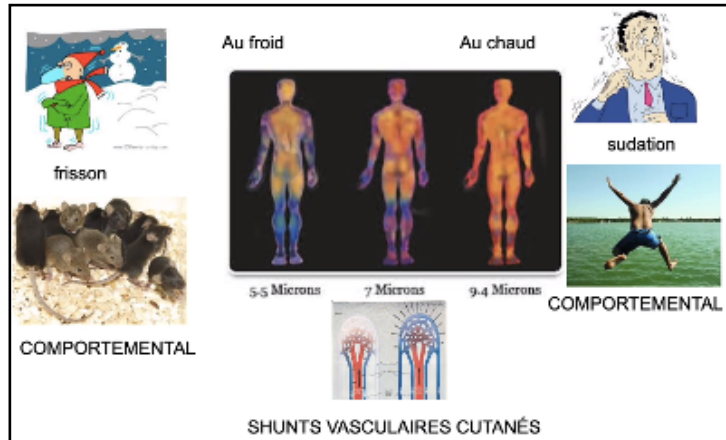
- Les ions H<sup>+</sup> s'associent notamment aux bicarbonates du plasma pour former de l'acide carbonique qui lui-même peut se décomposer en eau et en CO<sub>2</sub>
- **L'acide carbonique** est ensuite transporté par le système circulatoire **au niveau du rein et du poulmon**.

|                              |   |
|------------------------------|---|
| Au niveau des <b>POUMONS</b> | <b>L'acide carbonique se décompose en CO<sub>2</sub></b> qui sera ensuite rejeté dans l'air expiré  |
| Au niveau des <b>REINS</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Les <b>ions H<sup>+</sup></b> seront <b>directement éliminés</b> dans les urines</li> <li>• Le <b>bicarbonate</b> sera <b>recupéré et recyclé</b></li> </ul> |

**Le système nerveux central particulièrement sensible au pH et au niveau de CO<sub>2</sub>, assure la régulation du système ventilatoire pour l'élimination en cas d'acidose, ou la préservation en cas d'alcalose du CO<sub>2</sub>**

## 4. Homéothermie

La **thermorégulation** est un autre exemple de l'**homéostasie**, cette fois dans le domaine de la **régulation thermique**.



⇒ L'**humain** est un **mammifère** qui doit **maintenir sa température interne corporelle dans la limite favorable** pour le déroulement des réactions chimiques

⇒ Principalement au niveau de ce que l'on appelle le **noyau thermique** représenté par les **organes essentiels** comme le **cerveau**, les **reins** et le **cœur**

Les humains sont des:

|                     |   |
|---------------------|---|
| <b>ENDOTHERMES</b>  | Capables de <u>produire</u> de la <u>chaleur interne</u>  |
| <b>HOMÉOTHERMES</b> | Capables de <u>maintenir</u> par des <u>moyens biologiques internes et comportementaux</u> une <b>température stable</b> et en toutes circonstances |

⇒ Les **mammifères** qui ont une **température interne transitoirement variable** comme les hibernant sont appelées des **hétérothermes**

✓ Les **endothermes** disposent de moyen de production de la chaleur par :

- L'**activation ou la réduction du métabolisme de base**
- La **redistribution de la chaleur interne**

via le système circulatoire cutané et par des moyens comportementaux

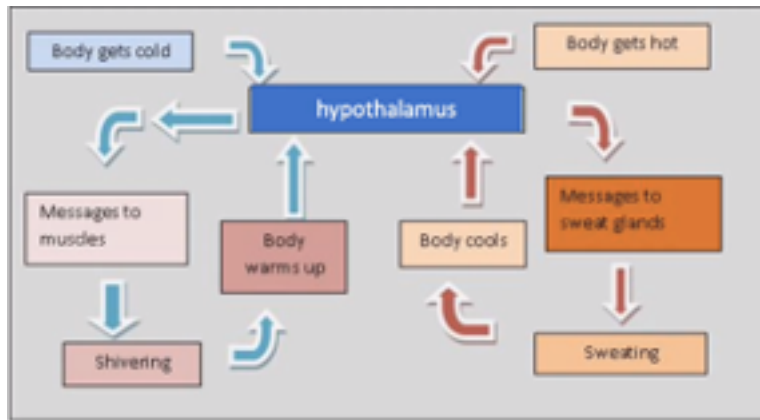
Dans tous les cas, la **fonction thermorégulatrice** n'est pas spécifique à un organe mais est partagée par **plusieurs organes**

## 5. Maintien de la température centrale

Pour réaliser l'**endothermie**, il existe un **système de régulation** qui fait appel au système nerveux

☞ Il existe une **consigne thermique** qui siège dans l'**hypothalamus** au niveau du système nerveux central et qui permet de déclencher des réponses adaptées

☞ Les **informations** provenant des **capteurs centraux et périphériques** sont **intégrées** au niveau des **centres thermorégulateurs** et **comparées** à la **valeur de consigne hypothalamique**



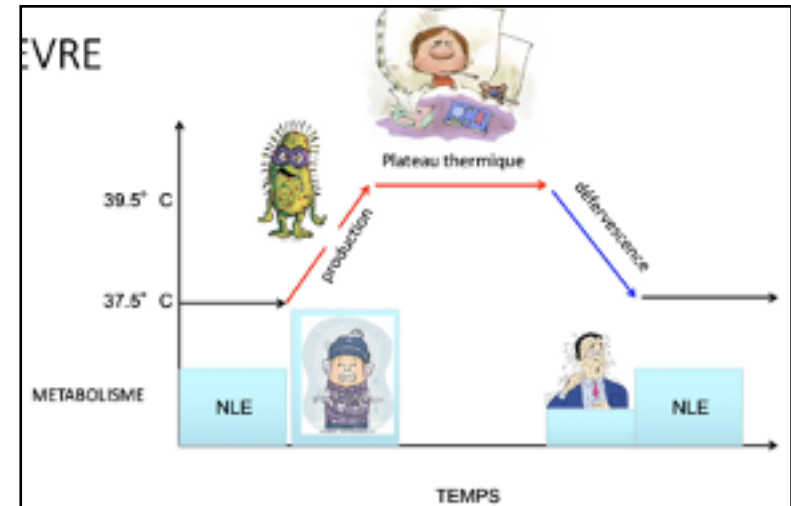
En fonction des ajustements nécessaires, les centres vont déclencher des actions physiologiques appropriées par l'intermédiaire des effecteurs qui sont :

|                              |  |
|------------------------------|--|
| <b>LUTTE CONTRE LE FROID</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Frissons musculaires</li> <li>• Thermogénèse chimique</li> </ul>    |
| <b>LUTTE CONTRE LE CHAUD</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Sudation</li> <li>• Vasodilatation des vaisseaux cutanés</li> </ul> |

## 6. Fièvre

L'importance de la **régulation thermique** est bien mise en évidence dans le cadre de la **fièvre**

- \* Ce **mécanisme de défense** est associé à l'infection ou aux pathologies inflammatoires
- \* La **valeur de consigne hypothalamique augmente** sous l'action des substances pyrogènes d'origine bactérienne (notamment les prostaglandines)



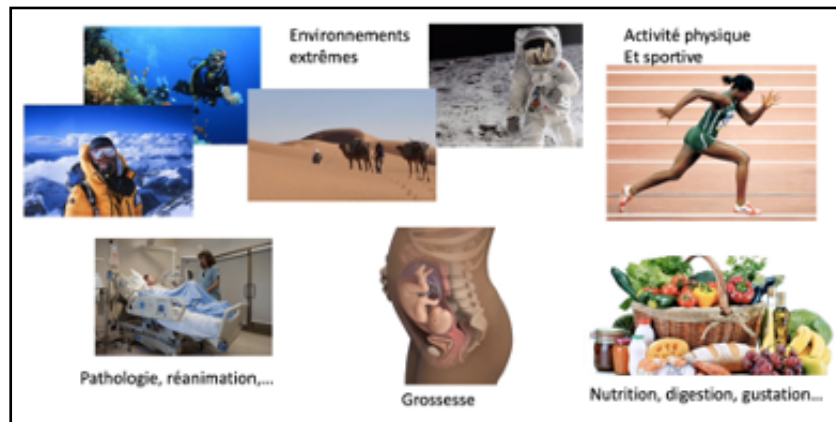
On observe 3 phases:

|                                 |  |
|---------------------------------|--|
| <b>AUGMENTATION THERMIQUE</b>   | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Déclenchement des <b>mécanismes de lutte contre le froid</b>:             <ul style="list-style-type: none"> <li>↳ <u>Vasoconstriction cutanée</u></li> <li>↳ <u>Augmentation du métabolisme interne</u></li> </ul> </li> <li>Via la sécrétion <u>d'adrénaline</u> et le déclenchement du <u>frisson</u></li> </ul> |
| <b>PLATEAU THERMIQUE</b>        | <ul style="list-style-type: none"> <li>• La <u>température interne</u> atteint la <b>nouvelle valeur de consigne</b></li> <li>• <u>Les réactions de production de chaleur cessent</u></li> <li>⇒ Le sujet est en <b>HYPERTHERMIE</b></li> </ul>  |
| <b>DÉFERVESCEANCE THERMIQUE</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Infection disparaît</li> <li>• Valeur de consigne redevient <u>normale</u></li> <li>• <b>Mécanisme de lutte contre le chaud</b> (<u>vasodilatation</u> + <u>sudation</u>)</li> </ul>  |

•••••  
• A propos de l'aspirine:

- ⇒ **Médicament inhibiteur des prostaglandines**
- ⇒ Issu de l'action des pyrogènes
- ⇒ Bloque le dérèglement de la consigne thermique hypothalamique
- ⇒ Provoque la **phase de défervescence**

## 7. La physiologie est partout!



- **Les mécanismes physiologiques** sont associés à la permanence de notre vie quotidienne
- Dans l'espèce humaine, les conditions de survie dans des environnements extrêmes imposent **la résolution d'un certain nombre de problèmes physiologiques**
- De l'activité physique simple jusqu'au sportif de haut niveau la physiologie nous dévoile les **formidables capacités d'adaptation du corps humain**

*Les perturbations liées à la maladie et la suppléance des fonctions vitales en réanimation, les conditions particulières de la grossesse à la fois pour la mère et pour le fœtus, les facteurs nutritionnels impliquant la qualité des aliments tant sur le plan énergétique que gustatif sont autant de situations qui implique de connaître les mécanismes physiologiques*

## 8. Explorations fonctionnelles => Physiologie clinique

*Dans le domaine de la santé, la **physiologie clinique** intervient dans **l'exploration des fonctions des patients***

✧ Les **explorations fonctionnelles** sont réalisées quotidiennement dans le milieu médical afin de:

- **Confirmer un diagnostic**
- **Prendre une décision thérapeutique**
- **Assurer le suivi du traitement d'un patient**

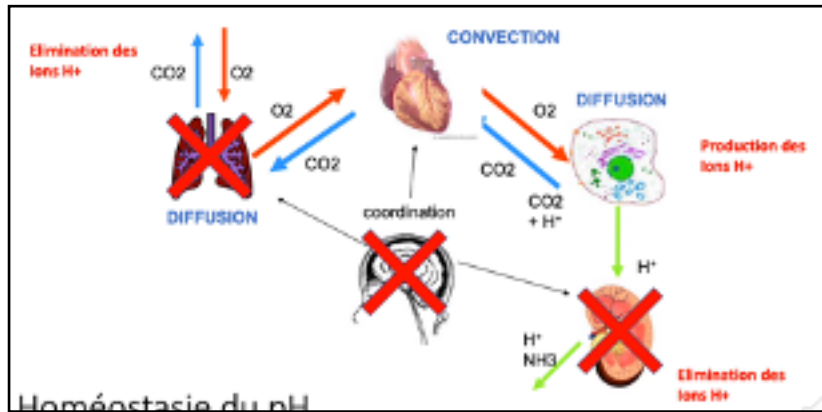
◆ Pour réaliser des **explorations fonctionnelles** => il faut disposer de **capteurs** et de **méthodes de mesure adaptées** à la fonction à étudier, et déterminer quelles sont les limites normales d'une fonction pour l'individu

↳ Ceci est le **domaine de la métrologie**, la détermination de la limite des valeurs normales repose sur des **notions statistiques** établies dans des populations d'individus exempts de pathologie

↳ Pour autant **un sportif de haut niveau** qui dépasse les limites normales n'est **pas** à proprement parler considéré comme **un sujet malade**

◆ La mise au point des techniques d'exploration ainsi que l'établissement des limites fonctionnelles du sujet normal sont généralement développées par des **physiologistes cliniciens**

## 9. Homéostasie du pH



Si l'on reprend l'exemple de l'homéostasie du pH:

⇒ Si le rein ou le poumon est défaillant, ou que le système nerveux n'assure plus la commande respiratoire, il n'y aura **plus de possibilité d'éliminer le CO<sub>2</sub> ou les ions H<sup>+</sup>**

⇒ Le taux de CO<sub>2</sub> s'élève dans le sang et entraîne ainsi **une acidose**

⇒ Dans un premier temps l'un de ces deux organes est capable dans certaines conditions de **corriger la défaillance de l'autre organe**

Ainsi en cas de **défaillance rénale**, l'**acidose d'origine métabolique** lié à l'arrêt de l'élimination des ions H<sup>+</sup> par le rein sera **partiellement compensé** par le poumon

## 10. Quand la physiologie rencontre le cinéma

- \* Un **excès de CO<sub>2</sub>** peut également provenir de l'environnement et notamment dans l'air inspiré
- \* Il peut entraîner **des troubles neurologiques allant de l'endormissement jusqu'à la perte de connaissance**

Le contrôle de la teneur en CO<sub>2</sub> de l'air respiré dans les environnements clos comme une capsule spatiale en est une bonne illustration

→ A votre avis quelle était la teneur maximale de CO<sub>2</sub> admissible dans les cabines spatiales Apollo qui ont permis les voyages sur la lune ?

- Dans la cabine des vaisseaux spatiaux d'Apollo, l'alarme de niveau maximale de pression partielle du CO<sub>2</sub> exprimée en mmHg, était fixée à 9,5 mmHg
- Il existait toute fois une marge de sécurité puisque la NASA tolérait que la teneur maximale en CO<sub>2</sub> pouvait aller jusqu'à 15 mmHg avant de s'inquiéter
- Dans la mission Apollo 13, la quantité de CO<sub>2</sub> à épuré dans le LEM devenu le refuge des 3 astronautes était calculé pour un équipage de 2 et non pas de 3
- Par malchance les cartouches d'épuration du CO<sub>2</sub> LEM étaient carrées alors que celles de la cabine étaient rondes, il a donc fallu faire un bricolage pour adapter ces cartouches entre les deux vaisseaux

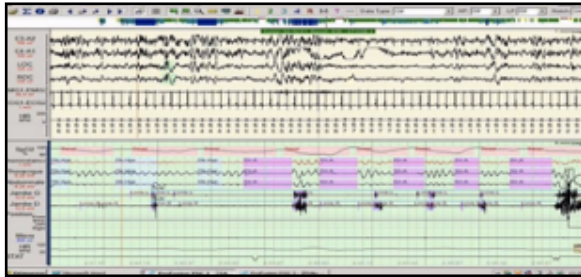


## 11. Explorations fonctionnelles en médecine

En médecine les cliniciens ont recours aux explorations fonctionnelles pour déterminer l'origine d'un symptôme fonctionnel comme:

- un essoufflement à l'effort
- le retentissement d'un organe malade sur la fonction

Les explorations correspondent généralement aux grandes fonctions physiologiques. Il existe donc un **nombre important d'explorations fonctionnelles accessibles**



On peut également tester plusieurs fonctions physiologiques à la fois, exemples:

- Effort incluant simultanément les fonctions **cardiorespiratoires, métaboliques et musculaires**
- Les **enregistrements** réalisés pendant le **sommeil** prennent en compte **simultanément l'activité cérébrale, respiratoire, thermique et musculaire** pour déterminer la cause d'un trouble du sommeil et de la vigilance

### Conclusion:

- Dans le domaine de la santé, la **physiologie est une discipline intégrative de la biologie**, allant de la cellule à l'individu entier et dont les connaissances se sont construites à travers une **approche expérimentale**
- La physiologie est une **base indispensable** pour comprendre la physiologie normale mais également la physiopathologie
- Sur le plan clinique, elle participe **au diagnostic et au suivi thérapeutique** dans toutes les spécialités médicales et chirurgicales

Voilà pour la fiche sur le 1er cours de physio!

J'espère qu'elle vous aura plu, en tout cas pour toute remarque, n'hésitez pas à m'envoyer un mp sur le fofo ou sur fb (Amélie Coma); on fait ça pour vous et pour que vous ayez des supports de travail agréables, chaque conseil est donc bon à prendre :)

C'est un nouveau cours fait par le Pr Leftheriotis, il n'y a donc aucun qcm dessus dans les annats, donc vous aurez des qcms aux tuts etc mais aussi dans des dms (dont le 1er est sorti en même temps que la fiche), et un 2ème sortira au cours du semestre ;)

dédiis:

- pas dédi à cette voix robotisée qui était horrible à écouter.
- Dédi à la famille du tut et + particulièrement à mes co-tuts qui sont toujours au top
- Dédi à Emillepothèse et au test PCR
- Dédi à mes vieux qui sont les bestous
- Dédi à mon parrain de P1 sans qui je n'aurais jamais réussi
- Dédi à mes fillottes qui vont tout casser <3
- Et dédi à mon chat miaouuuu

Courage vous êtes les meilleurs<3