

## VOIE GÉNÉRALE

2<sup>DE</sup>

1<sup>RE</sup>

T<sup>LE</sup>

*Enseignement scientifique*

ENSEIGNEMENT  
COMMUN

# BILAN THERMIQUE DU CORPS HUMAIN

## Description

Dans les conditions habituelles, le corps émet vers l'extérieur plus de puissance qu'il n'en reçoit. La température corporelle est maintenue constante grâce à l'énergie dégagée par les réactions chimiques du métabolisme. Le document décrit les flux thermiques auxquels le corps humain est soumis et analyse l'équilibre dynamique nécessaire à la thermorégulation.

## Mots-cles

Puissance, conduction, convection, rayonnement, flux, énergie thermique, chaleur.

## Références au programme

### Savoirs

La température du corps reste stable parce que l'énergie qu'il libère est compensée par l'énergie dégagée par la respiration cellulaire ou les fermentations.

Globalement, la puissance thermique libérée par un corps humain dans les conditions de vie courante au repos est de l'ordre de 100 W.

### Savoir-faire

Représenter sur un schéma qualitatif les différents échanges d'énergie entre l'organisme et le milieu extérieur.

## Introduction

L'être humain, comme un grand nombre de mammifères, est un organisme homéotherme, c'est-à-dire que sa température interne centrale (température du noyau central) reste à une valeur constante, aux alentours de 37° C. Cette thermorégulation repose sur un équilibre entre les apports et les pertes d'énergie de l'organisme.

## Les différents modes de transferts thermiques

On peut distinguer trois types de transferts thermiques.

### La conduction thermique

Le transfert d'énergie s'effectue par diffusion de proche en proche, sans déplacement global de matière, de la partie la plus chaude vers la partie la plus froide. Ce transfert peut se réaliser au sein d'un seul corps ou par contact entre deux corps. Il s'agit du seul mode de transfert thermique possible dans les solides.

*Exemple : les parois extérieures d'une tasse de café se réchauffent à cause du transfert thermique par conduction au sein de ces parois.*

### La convection thermique

Le transfert d'énergie s'effectue par le biais d'un déplacement macroscopique de matière. Il se produit dans les fluides (liquides ou gaz) et à l'interface entre un solide et un fluide. Les entités du fluide, en se déplaçant, transfèrent leur énergie thermique à une autre partie du système. On peut distinguer la convection naturelle (ou libre) et la convection forcée pour laquelle le fluide est mis en mouvement sous l'effet d'une action extérieure au transfert thermique.

*Exemple : le café se refroidit notamment par transfert thermique à sa surface par convection libre de l'air, ce phénomène est accentué lorsque l'on souffle sur le café, entraînant une convection forcée.*

### Le rayonnement thermique

Le transfert d'énergie s'effectue par l'intermédiaire d'un rayonnement électromagnétique. Tout corps émet un rayonnement, dont la longueur d'onde au maximum d'émission est fonction de sa température (loi de Wien). La puissance totale perdue par le corps est donnée par la loi de Stefan-Boltzmann.

*Exemple : les parois de la tasse contenant du café chaud émettent un rayonnement infrarouge dont la longueur d'onde diffère selon la température du point considéré.*



Retrouvez éducol sur



Source : [science et culture a.s.b.l](http://science.et.culture.a.s.b.l)

## *Application à la thermorégulation du corps humain*

La thermorégulation du corps humain repose sur un équilibre entre les apports et les pertes d'énergie thermique.

Dans des conditions normales, l'organisme dispose de deux possibilités lui permettant d'emmagasiner de l'énergie, la production interne et l'absorption d'énergie thermique provenant du milieu extérieur :

- la thermogénèse (production interne d'énergie thermique) représente la principale source d'apport d'énergie thermique à l'organisme : elle est due au métabolisme, c'est-à-dire à la dégradation des molécules organiques des nutriments (par la respiration cellulaire et les fermentations) qui permet la production d'énergie utilisable par la cellule (ATP) et d'énergie thermique (environ 75 % de l'énergie totale produite)<sup>1</sup> ;
- l'organisme reçoit également un apport d'énergie thermique de la part de l'extérieur, notamment par rayonnement (rayonnement thermique infrarouge émis par l'environnement et rayonnement solaire direct ou diffusé).

Afin d'équilibrer ce gain d'énergie, l'organisme dispose de différents modes de thermolyse, c'est-à-dire de pertes de chaleur :

- les pertes par rayonnement thermique compte tenu de sa température, le corps émet des rayonnements infrarouges, dont la puissance est proportionnelle au coefficient d'émissivité du corps humain. Ce mode de thermolyse représente environ 60 % des pertes d'énergie thermique du corps humain dans des conditions usuelles :
- les pertes par convection :
  - au niveau de la surface de la peau, des transferts d'énergie thermique ont lieu du corps vers l'air extérieur (déplacement des masses d'air de températures différentes). Ces pertes sont d'autant plus grandes que la différence de température entre la peau et l'air est importante. Elles peuvent être réduites par le port de vêtements qui permet l'immobilisation d'une couche d'air entre la peau et l'air extérieur (phénomène identique avec la fourrure des animaux). Ces pertes sont au contraire augmentées par le vent qui induit de la convection forcée ;
  - la respiration pulmonaire entraîne également des pertes d'énergie par convection forcée.

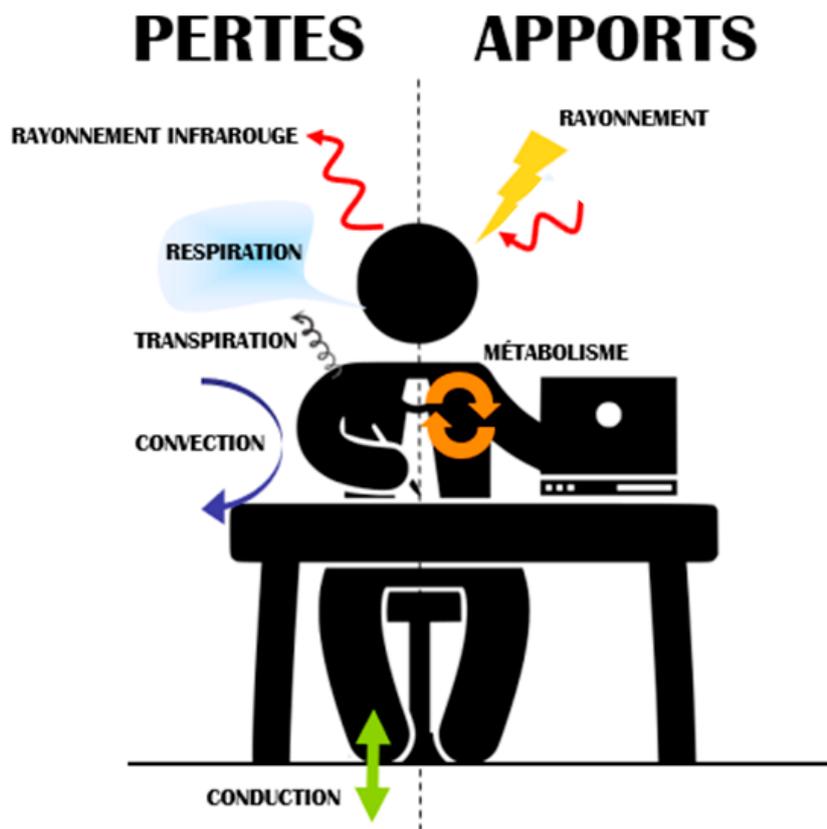
Les pertes par convection représentent en moyenne environ 15 % des pertes d'énergie thermique du corps.

- les pertes par conduction (la température de la peau peut réchauffer les molécules de l'environnement par contact) : elles sont généralement très faibles (moins de 5 % des pertes) et essentiellement dues au contact avec le sol. ;
- si ces différents modes de pertes d'énergie sont insuffisants, le phénomène d'évaporation de l'eau transpirée (glandes sudoripares) ou diffusée à travers la surface de la peau, peut également contribuer à la thermorégulation : lorsque la sueur (eau notamment) passe à l'état gazeux, une grande part de l'énergie nécessaire à la vaporisation est puisée dans l'organisme. Ce mode de thermolyse dépend beaucoup de l'activité et des conditions extérieures : il représente en moyenne environ 20% des pertes d'énergie thermique du corps humain.

Retrouvez éduscol sur



1. L'essentiel de la thermogénèse provient de l'activité musculaire. La principale application en est le frisson. Cette activité musculaire est, mécaniquement, totalement inefficace, et l'énergie mobilisée par le muscle est intégralement convertie en chaleur. Des comportements volontaires peuvent avoir le même effet (« l'exercice réchauffe »).



Source : schéma réalisé par les auteurs

Globalement, la puissance thermique nette perdue par un corps humain dans les conditions de vie courante, au repos, est de l'ordre de 100 W, ce qui correspond à une énergie libérée de 100 Joules par seconde<sup>2</sup>. Cette perte est compensée par la production d'énergie liée au métabolisme.

Pour mieux comprendre ces mécanismes de thermolyse, on peut considérer l'être humain comme étant composé d'un noyau central (l'intérieur du corps) plus chaud et d'une enveloppe périphérique à température plus faible et plus variable. Pour assurer l'homéostasie thermique du noyau central, la chaleur produite à l'intérieur du corps doit être évacuée vers l'enveloppe externe. Ceci se produit en petite partie par conduction à travers les tissus, mais l'essentiel de ce transfert thermique est assuré par la circulation du sang (convection forcée). Le transfert thermique de l'enveloppe vers le milieu extérieur se fait par les mécanismes décrits précédemment et doit être suffisamment efficace pour permettre de maintenir l'enveloppe à une température inférieure à la température interne, permettant ainsi l'évacuation de l'énergie thermique par convection forcée à travers le sang. Ainsi, par temps froid et afin de réduire les pertes d'énergie thermique, le diamètre des vaisseaux sanguins périphériques diminue : c'est le phénomène de vasoconstriction (diminution de l'irrigation – pâleur ; baisse de la température de la peau ; baisse des pertes par radiation et conduction – meilleure isolation). À l'inverse, la vasodilatation se produit par temps chaud (augmentation de l'irrigation – rougeur ; élévation de la température de la peau – l'excès de chaleur se répartit dans un plus grand volume ; élévation des pertes par radiation et conduction). Des facteurs comportementaux interviennent également comme se pelotonner pour diminuer la surface externe et limiter les pertes thermiques, porter des vêtements isolants ou légers (non isolants), augmenter ou diminuer son activité physique.

Retrouvez éducol sur



2. Le métabolisme désigne la dépense d'énergie de l'organisme par unité de temps (généralement exprimée en  $\text{kJ}\cdot\text{h}^{-1}$  ou en  $\text{kJ}$  par jour). Il est donc analogue à une puissance (le watt, unité de puissance, correspond à  $1 \text{ J}\cdot\text{s}^{-1}$ ).

## Liens

- [La thermorégulation](#) sur le site biologie de la peau
- [Transfert thermique](#) sur le site Wikipédia

## *Pour aller plus loin, notamment au niveau de modèles des transferts thermiques*

- [Ambiance thermique](#) de l'unité d'ergonomie de la faculté de médecine
- Sujets de physique pour le concours BCPST – 2007 – « [Cosmologie : orbitogramme de la Vilette : étude cinématique, étude dynamique et énergétique / Thermodynamique appliquée au corps humain : équation de diffusion thermique, résistance thermique due à la conduction, association de résistance thermique, transfert radiatif, étude du corps humain, étude expérimentale](#) »

Retrouvez éduscol sur

