

4. CORPS HUMAIN ET SANTE.

L'effort physique et ses effets

Activités pratiques Ex.A.O.

Le métabolisme respiratoire humain...

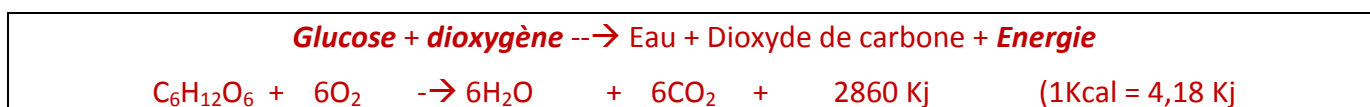
Connaissances	Capacités et attitudes
<p>Au cours d'un exercice long et/ou peu intense, l'énergie est fournie par la respiration, qui utilise le dioxygène et les nutriments.</p> <p>L'effort physique augmente la consommation de dioxygène :</p> <ul style="list-style-type: none"> - plus l'effort est intense, plus la consommation de dioxygène augmente ; - il y a une limite à la consommation de dioxygène. <p>La consommation de nutriments dépend aussi de l'effort fourni.</p> <p>L'exercice physique est un des facteurs qui aident à lutter contre l'obésité.</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Concevoir et/ou mettre en oeuvre un protocole expérimental (ExAO, spirométrie, brassard, ...) pour mettre en évidence un ou plusieurs aspects du métabolisme énergétique à l'effort (consommation de dioxygène, production de chaleur,...). - Exploiter des données quantitatives (éventuellement à l'aide d'un tableur) concernant les modifications de la consommation de dioxygène et/ou de nutriments à l'effort.

A. Objectifs pédagogiques

L'objectif des activités pratiques est de fournir, conformément aux instructions des programmes, des arguments expérimentaux permettant de dresser les grandes lignes du bilan énergétique humain et/ou d'évaluer les besoins énergétiques pendant un effort physique, on pourra alors mettre en évidence des limites à la performance.

On mesurera ici les échanges gazeux, essentiellement en oxygène, réalisés au cours de la respiration et en relation avec l'effort physique. Le corps humain, comme tous les êtres vivants, a besoin de matière et d'énergie pour s'assurer un bon fonctionnement. Si la matière est fournie par l'alimentation, en particulier chez les hétérotrophes dont l'Homme fait partie, l'énergie par contre vient de l'oxydation de ces nutriments (métabolites) issus de la digestion de ces aliments consommés au cours de la journée.

On pourra alors évaluer à la fois les dépenses énergétiques quotidiennes et envisager de calculer les apports énergétiques à travers l'énergie potentielle des aliments consommés.



Ainsi pour le **glucose** par exemple, 6 volumes molaires de O₂ permettent de libérer 2860 KJ, le **coefficient thermique de l'oxygène pour le glucose** sera donc de 2860/6x22,4 soit **21,2 KJ/L** de O₂ consommé. Pour une alimentation équilibrée en GLP, la valeur du coefficient thermique de O₂ est de 20 KJ/L.

Glucides, lipides et protides ont chacun une valeur énergétique correspondant à l'énergie libérée par l'oxydation d'un litre de O₂ (coefficients thermiques de O₂). Il sera donc possible de calculer, pour une alimentation équilibrée en GLP, la quantité de dioxygène consommé au cours de la journée, ou au cours d'un effort et d'évaluer par « calorimétrie indirecte » la dépense énergétique correspondant.

La **mesure de cette consommation** en dioxygène peut se faire par ExAO [VO₂ = (21% inspiré – taux mesuré ans l'enceinte) x V air expiré], les calculs seront effectués par la suite, soit en utilisant les valeurs enregistrées (tableau de valeurs), soit directement à l'aide du **logiciel d'acquisition**.



En utilisant les valeurs de mesures de O₂ et les différents coefficients thermiques de l'oxygène pour les Glucides, Lipides et Protides (Glucides= 21,2Kj/L ; Lipides et Protides=19,6 Kj/L).

L'intensité respiratoire ou **IR** représente la *quantité de O₂ absorbée par unité de temps donné et par unité de masse corporelle* et s'exprime, par exemple, en **L/h/Kg**. Il est possible de faire apparaître les histogrammes correspondant à l'IR au moment de l'acquisition, il suffit de le demander.

Lorsque l'on peut mesurer parallèlement le taux de CO₂ rejeté (avec une sonde CO₂), on peut alors calculer le **quotient respiratoire QR**, *rapport entre le volume de CO₂ rejeté et celui de O₂ consommé par unité de temps*, pour une alimentation équilibrée, il est proche de 0,8 [une alimentation équilibrée apportant 55 % de glucides (QR = 1), 35 % de lipides (QR = 0,7), 10 % de protides (QR = 0,8) aura un quotient respiratoire égal à : $0,55 \times 1 + 0,35 \times 0,7 + 0,10 \times 0,8 = 0,875$]. La **mesure du quotient respiratoire (QR) est parfois utile à une prescription diététique**.

Les calculs des QR, généralement liés à la nourriture, sont généralement faits en utilisant les équations bilan de trois molécules organiques de GLP : $QR_{\text{GLUCOSE}} = 1$; $QR_{\text{LIPIDE}} \approx 0,7$; $QR_{\text{PROTIDE}} \approx 0,8$.

Glucide avec l'exemple du GLUCOSE : $C_6H_{12}O_6 + 6O_2 \rightarrow 6H_2O + 6CO_2 + 2860 \text{ Kj}$

Lipide avec l'exemple de la Trioléine (triglycéride) : $C_{57}H_{104}O_6 + 80O_2 \rightarrow 57H_2O + 52CO_2 + 35242 \text{ Kj}$

Lipide avec l'exemple de l'alanine (acide aminé) : $C_3H_7NO_2 + 6O_2 \rightarrow 5H_2O + 5CO_2 + CH_4ON + 2633 \text{ Kj}$

B. Expérimentation assistée par ordinateur

TP Ex.A.O. Activité 4 : Facteurs de variation des besoins énergétiques humain

Pistes d'exploitation

Plusieurs expériences peuvent être envisagées :

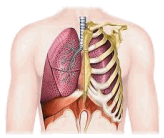
- On peut mesurer la consommation de O₂ au repos total, allongé, à neutralité thermique et à jeun (plus difficile !), on obtient alors une valeur proche du métabolisme basal.
- on peut également, toujours au repos, effectuer une apnée de 30 sec après 1 mn d'enregistrement et reprendre une respiration normale ensuite.
- enfin on peut sa consommation après un effort physique sur 20 sec (~20 flexions par exemple). Attention toutes fois à ne pas programmer un effort trop violent pour ne pas atteindre la VO₂ max, c'est-à-dire la consommation en O₂ pour un effort cardiaque maximal (pas plus de 150Watts pour des flexions).

Les **performances physiques d'un individu dépendent de multiples paramètres** : âge, sexe, taille, masse, entraînement, etc... Il faut donc rentrer ces valeurs dans le logiciel et régler la durée de l'expérience au départ (environ 5 mn). Vérifier que la sonde affiche une valeur proche de 21% dans l'air.

Il est intéressant de demander d'afficher les histogrammes correspondant à **L'intensité respiratoire** (volume de dioxygène consommé par unité de temps et par unité de masse, en L·s⁻¹·kg⁻¹ par exemple) au cours de l'expérience.

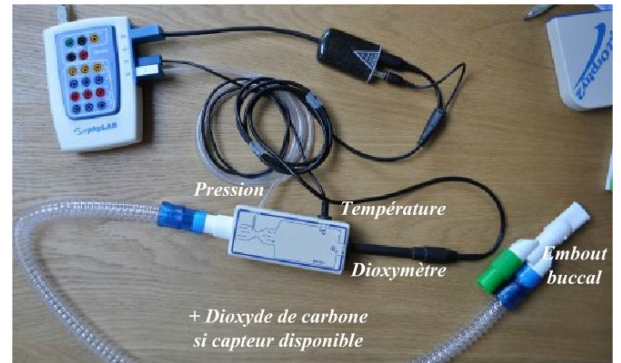
L'intensité respiratoire (IR) est un indicateur de l'intensité du métabolisme, il est proportionnel à la dépense énergétique. On pourra donc suivre la dépense énergétique à travers les variations de l'IR.

PROTCOLE DES MANIPULATIONS



MONTAGE : MATERIEL ExAO

- La sonde à dioxygène pour mesurer [O₂] expiré.
- Une enceinte pour recueillir l'air expiré (enceinte métabolique).
- Un embout avec clapet antiretour.
- Le capteur pression relative qui mesure le volume d'air qui le traverse
- Le logiciel Nemo pour recueillir les données.



ENREGISTREMENTS : MESURE DE L'ÉVOLUTION DE LA CONCENTRATION EN DIOXYGENE – AFFICHAGE DE L'INTENSITE RESPIRATOIRE .

Chacun peut agir à son gré selon la problématique et le mode d'acquisition choisis.

Avant de débiter l'enregistrement, il faut renseigner le cadre des paramètres (âge, taille poids...)

Note : Lancez le logiciel « Nemo » APRES avoir effectué tous les branchements.

Penser à mettre un marqueur sur la courbe à chaque modification des conditions d'enregistrement.

Après chaque acquisition, laisser la sonde oxymétrique reprendre une valeur normale dans l'air ambiant (21%).

1. Evaluation de la dépense énergétique au repos:

- Lors de cette expérience, le sujet devra être allongé, respirer calmement dans l'enceinte 3 à 5 mn.
- cette mesure de l'intensité respiratoire apparaissant régulière et peu élevée, pourra être superposée à la suivante si on le souhaite.

2. La dépense énergétique au cours de l'effort:

- Toujours avec le même dispositif, pendant une durée totale de 5 mn, respirer calmement puis démarrer la mesure, au bout d'une minute, effectuer des flexions pendant 20 sec, puis se reposer et respirer normalement dans le dispositif pendant encore 3 mn.

*On observe une augmentation de l'IR au cours de l'effort, la respiration produit donc du « **travail*** ». Cette augmentation de l'IR se poursuivant après l'effort, l'organisme a donc conservé une « **dette en oxygène** » qu'il compense en une minute. On remarquera qu'un organisme sportif compense plus vite cette dette en O₂.*

3. La dépense énergétique après une respiration forcée ou une apnée...

- Même principe mais en variant le mode de respiration après avoir démarré la mesure.
- Le manque d'oxygène ponctuel produit comme pour l'effort, une « dette en O₂ » compensée immédiatement après cette période d'apnée.*

4. Variation de la température ambiante :

- Même principe mais en plaçant le sujet dans des conditions de températures différentes.
- Le froid augmentant l'intensité respiratoire, la respiration produit donc de la « **chaleur** ».*

5. La dépense énergétique en fonction de la taille:

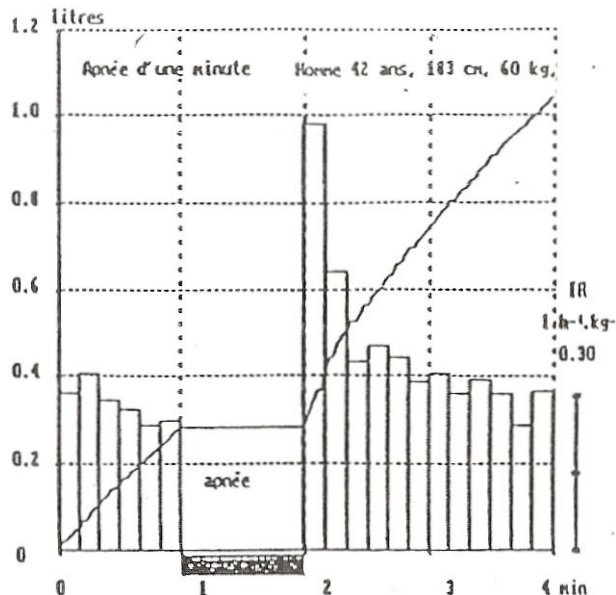
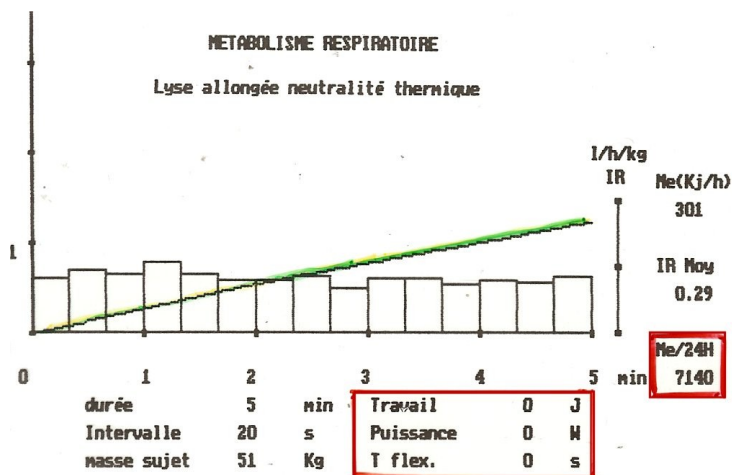
- Même mesures avec des sujets de tailles différentes... On sera surpris de voir que les sujets de petite taille ont une IR plus importante... c'est la « **loi des tailles** ».
- En fait la surface corporelle est plus grande par rapport à la masse de l'individu et la déperdition de chaleur est plus importante, donc la dépense énergétique l'est aussi et l'IR augmente.*



5. VO2 max et performances physiques...

- Si on mesure en parallèle la fréquence cardiaque avec un capteur ECG, on peut estimer la VO2 max, c'est-à-dire la consommation en dioxygène d'un sujet (normalement à fréquence cardiaque maximale), sans que celui-ci accomplisse un effort maximal.

Résultats attendus :

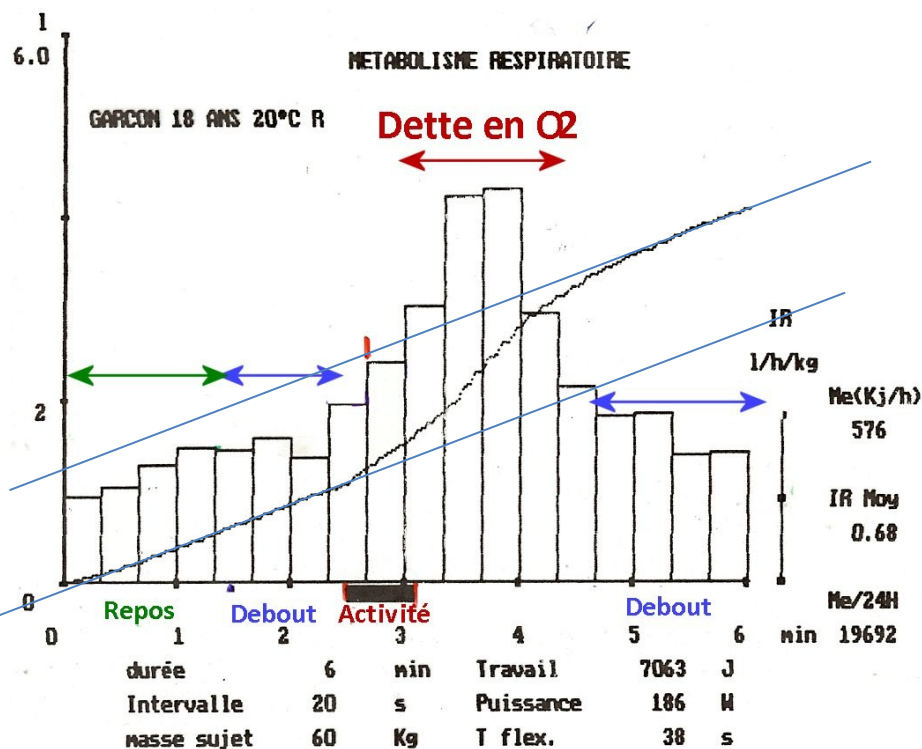


La variation de consommation de O2 due à l'effort (20 flexions) peut se lire graphiquement, elle correspond à la différence comprise entre les deux pentes (repos-debout).

Ici elle est de 1,6 L de O2 environ.

Par ailleurs, si on considère que 1L de O2 correspond à un apport moyen de 20 Kj (coefficient thermique de O2 pour une alimentation équilibrée) et si on rapporte le travail fourni à l'énergie traduite par la surconsommation de O2, on peut calculer le rendement musculaire :

Energie consommée : $1,6 \times 20 \text{Kj} = 32 \text{Kj}$
 Travail $60 \times 9,81 \times 20 \times 1,8/3 = 7 \text{KJ}$
 Rendement = Travail/DE = $7/32 = 0,2$



* Le **Travail** a pour unité le Joule, le Travail décrit une force appliquée sur une distance D. Un Travail de 1 joule correspond à une force de 1 newton déplaçant un objet sur 1 mètre. (La force étant appliquée parallèlement au déplacement) $T(\text{Joules}) = F(\text{newtons}) \times D(\text{mètres})$

Lors de 20 flexions, le sujet de masse m (poids mg) se déplace sur un tiers de sa hauteur (h) environ, le travail est donc de $mg \times 20 \times h/3$

* L'énergie d'un objet représente le travail (joules) qui peut être produit par cet objet, l'énergie se mesure donc dans la même unité que le travail, en joules.

* **De l'énergie à la puissance** : L'énergie exprime donc le travail que peut effectuer un objet. La capacité d'effectuer une quantité de travail en une seconde est définie comme la **puissance** d'un objet (en watt). $\text{Puissance (watts)} = \text{Energie (joules)} / \text{temps (secondes)}$