

Qui peut griller une tranche de pain en pédalant ?

Un court-métrage de l'Académie des arts de Suède a attiré l'attention de plus de 1 million d'internautes. Il présente un défi soumis à Robert Förstemann, un coureur cycliste allemand de presque 100 kg, spécialiste de la piste. Le défi qui lui était proposé consistait à faire griller une tranche de pain avec la seule énergie qu'il produisait en pédalant avec ses impressionnantes cuisses de 74 centimètres de circonférence.

L'énergie musculaire du cycliste est transformée en électricité grâce à une dynamo actionnée par la rotation du pédalier. L'ensemble alimente un grille-pain. Pour que l'appareil fonctionne, il faut que le champion produise une puissance de 700 W. Au départ, Robert semble sûr de lui. Au fil du test, le rythme cardiaque de l'athlète augmente, son souffle s'accélère et son visage se creuse sous l'intensité de l'effort qu'il produit. Deux minutes plus tard, le cycliste a fourni au grille-pain 0,021 kWh (76 kJ) suffisant pour sortir une tranche légèrement brunie. Le cycliste s'effondre, incapable de continuer, et s'allonge sur le sol pour récupérer de l'intense effort qu'il vient de produire.

D'après Le Monde (Roland Lehoucq - 14/07/15)

L'objectif de cet exercice est d'étudier la performance physique de Robert Förstemann en la comparant avec la consommation énergétique d'un grille-pain. Enfin, on cherche à évaluer la quantité de sucre à ingérer pour compenser l'énergie fournie lors cet effort.

<http://cycling.today/>

1. Performance de Robert Förstemann



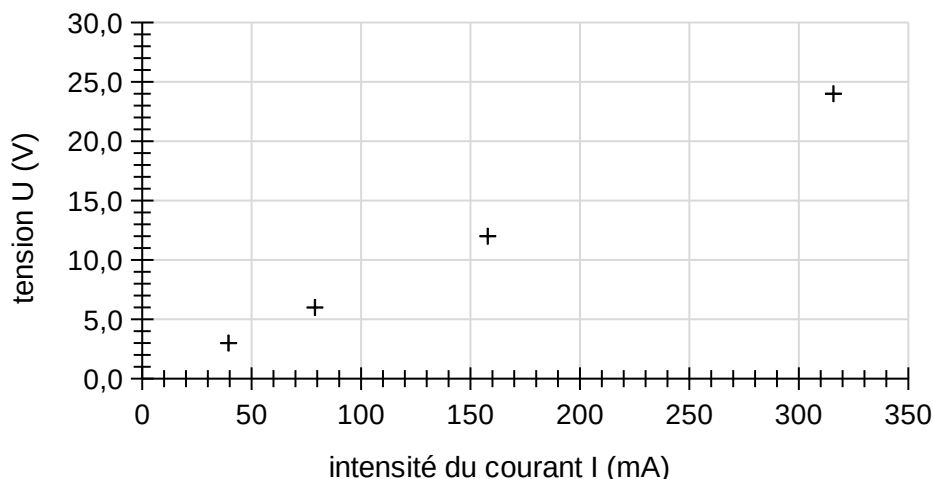
de

1.1. Schématiser la chaîne énergétique de la dynamo du vélo utilisé par Robert Förstemann. On suppose que le rendement de cette dynamo n'est pas de 100 %.

1.2. Le grille-pain est conçu pour fonctionner normalement sous une tension de 230 V et pour fournir une puissance de 700 W. Montrer que la valeur de l'intensité du courant qui traverse le grille-pain en fonctionnement normal est d'environ 3 A.

1.3. Nommer l'effet responsable de l'élévation de température dans le grille-pain. Dédurre de la question précédente la valeur de la résistance R du circuit électrique de cet appareil.

Une simulation de la caractéristique du circuit électrique du grille-pain est donnée ci-dessous. Elle relie la tension U appliquée à l'intensité du courant électrique I qui traverse le circuit électrique du grille-pain.



1.4. Indiquer la loi qui modélise la caractéristique du circuit électrique du grille-pain, retrouver la valeur de la résistance du circuit électrique du grille-pain et comparer le résultat à celui de la question précédente.

1.5. À partir des données contenues dans l'article du Monde, déterminer la valeur de la puissance moyenne fournie par Robert Forstemann. Estimer, en prenant $R = 76 \Omega$, la valeur moyenne de la tension et de celle de l'intensité du courant de fonctionnement du grille-pain durant la performance. Commenter.

1.6. Estimer, en effectuant un bilan énergétique, la valeur de la vitesse maximale que pourrait atteindre le cycliste à vélo initialement immobile en 5 secondes sur un terrain plat en développant une puissance de 630 W. Commenter.

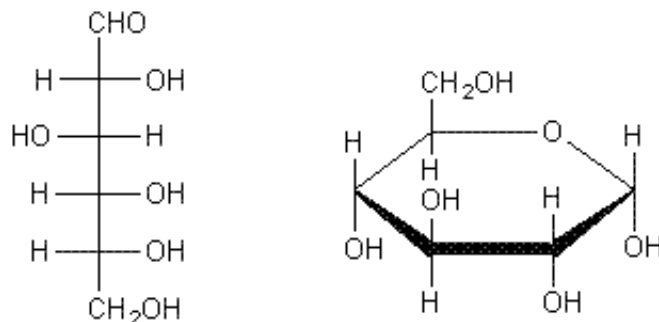
Le candidat est invité à prendre des initiatives et à présenter la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti. La démarche est évaluée et nécessite d'être correctement présentée.

2. Récupérer après l'effort

Après un effort intense, tel que celui fourni par Robert Förstemann, l'organisme a besoin de glucides simples tels que le saccharose, appelés sucres rapides, disponibles rapidement pour reconstituer les ressources en énergie de l'organisme. Dans cette partie, nous cherchons à déterminer la quantité nécessaire de sucre (saccharose) à ingérer pour récupérer après l'effort fourni par Robert Förstemann.

Le saccharose, sucre de table habituel, est un composé organique de formule brute $C_{12}H_{22}O_{11}$. Son assimilation par l'organisme s'effectue après son hydrolyse (réaction avec l'eau du saccharose) qui forme du glucose et du fructose, deux sucres de même formule brute.

La molécule de glucose peut adopter une configuration à chaîne ouverte ou cyclique, comme l'illustre les deux représentations du glucose suivantes :



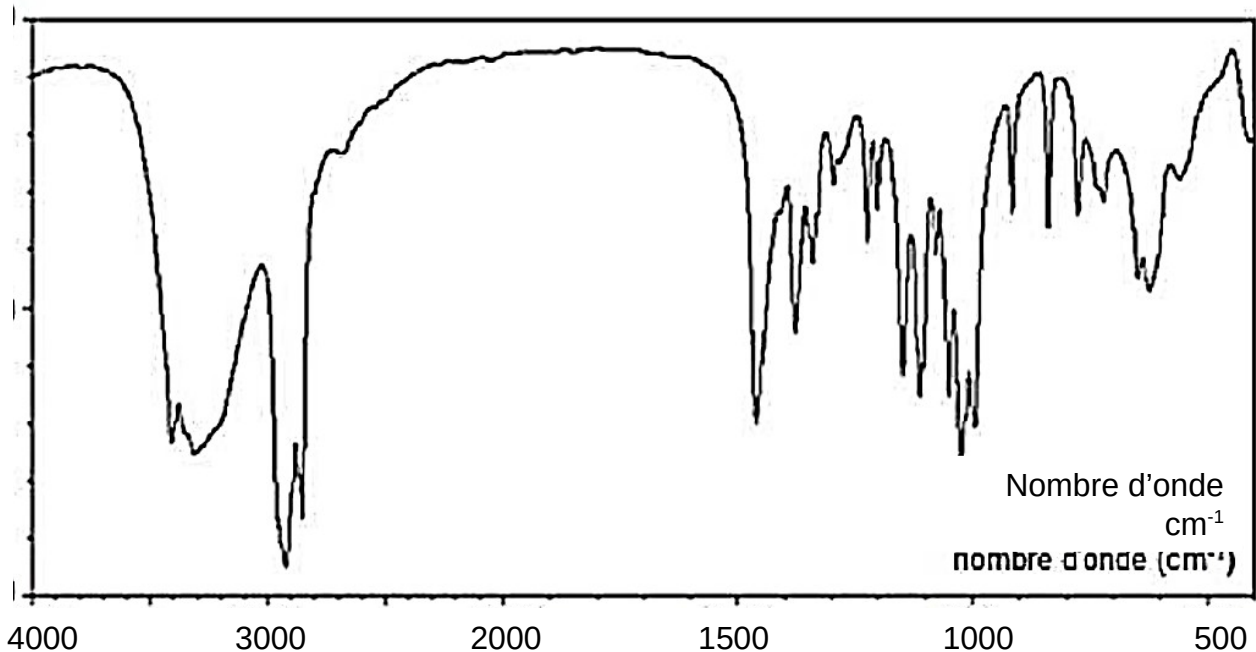
D'après <http://www.societechimiquedefrance.fr/saccharose.html>

Données :

- 1 cal = 4,18 J ;
- masses molaires atomiques (en g.mol⁻¹) : M(O) = 16 ; M(C) = 12 ; M(H) = 1 ;
- une boîte de sucre de masse nette m = 1,0 kg contient 168 morceaux ;
- l'énergie molaire fournie par la combustion (oxydation complète) du saccharose est 5,8×10⁶ J.mol⁻¹ ;
- bandes d'absorption IR de quelques liaisons chimiques :

famille	liaison	nombres d'onde (cm ⁻¹)
cétone	C = O	1705 - 1725
aldéhyde	C _{tri} - H	2700 - 2900
	C = O	1720 - 1740
acide carboxylique	O - H	2500 - 3200
	C = O	1740 - 1800
ester	C = O	1730 - 1750
alcool	O - H _{lié}	3200 - 3450
	O - H _{libre}	3600 - 3700

2.1. Le spectre infrarouge obtenu par analyse d'un échantillon de glucose est fourni ci-dessous. Déduire de ce spectre la configuration majoritaire du glucose dans l'échantillon étudié. Justifier.



*D'après National Institute of Advanced Industrial Science and technology –
<http://sdfs.aist.go.jp>*

2.2. Écrire l'équation de la réaction modélisant l'hydrolyse du saccharose.

2.3. Vérifier que l'oxydation complète d'un morceau de sucre libre une énergie d'environ 24 kcal.

2.4. En déduire la quantité de sucre que Robert Förstemann doit ingérer pour compenser l'effort réalisé en supposant que l'énergie musculaire a été intégralement transférée au grille-pain. Commenter.