

Evaluation sur P8 et P9 – 1^{ère}2 – 21/05/24

Exercice 1 : Qui peut griller une tranche de pain en pédalant ? (10 points)

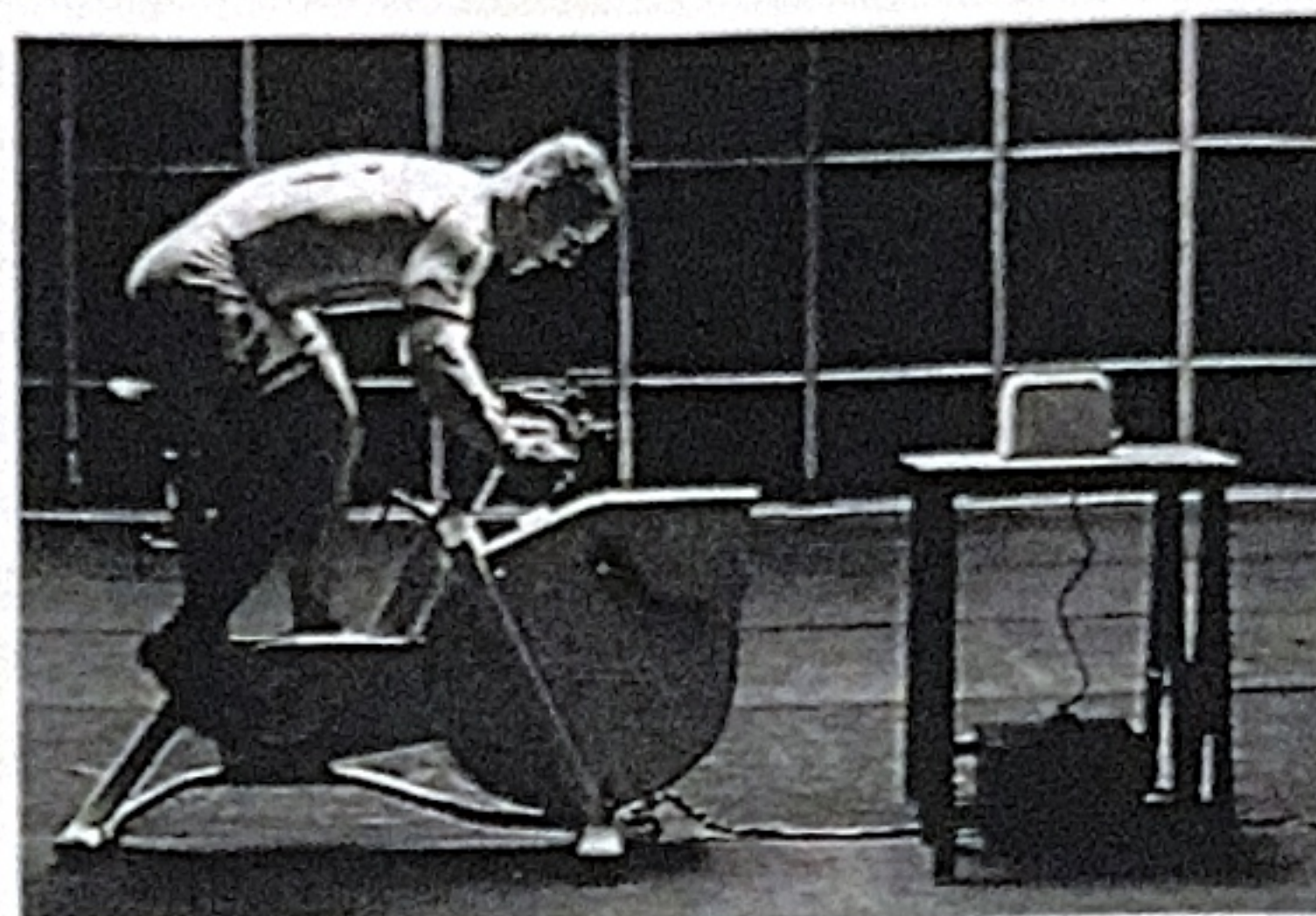
Un court-métrage de l'Académie des arts de Suède a attiré l'attention de plus de 1 million d'internautes. Il présente un défi soumis à Robert Förstemann, un coureur cycliste allemand de presque 100 kg, spécialiste de la piste.

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)



<http://cycling.today/>

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.

1. (1,5) 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 %.

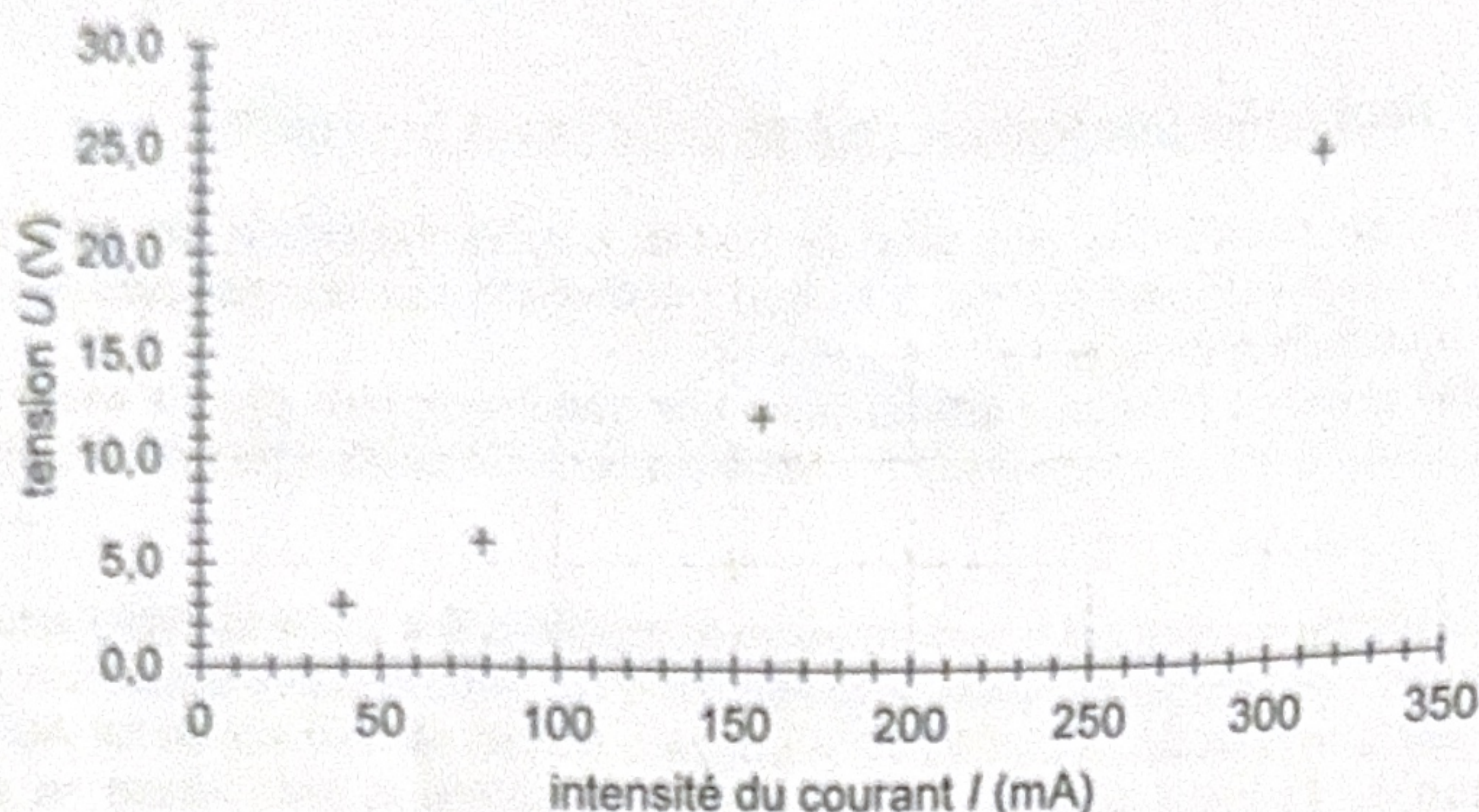
2. (1) Le grille-pain est conçu pour fonctionner normalement sous une tension de 230 V et pour fournir une puissance de 700 W.

Montrer que la valeur de l'intensité du courant qui traverse le grille-pain en fonctionnement normal est d'environ 3 A.

3. a. (0,5) Nommer l'effet responsable de l'élévation de température dans le grille-pain.

- b. (1,5) Dédire des questions précédentes l'expression de la résistance R du circuit électrique de cet appareil en fonction de U et P . Calculer la valeur de R .

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.



4. (2) 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.
 5. (1,5) À partir des données contenues dans l'article du Monde, déterminer la valeur de la puissance moyenne fournie par Robert Forstemann. Commenter.
 6. (2) Estimer, en effectuant un bilan énergétique, la valeur de la vitesse maximale que pourrait atteindre le cycliste initialement immobile en 5 secondes sur un terrain plat en développant une puissance de 630 W. Commenter.
- Aide : On supposera que l'intégralité de l'énergie développée est convertie en énergie cinétique.

Exercice 2 : Echographie oculaire : (10 points)

L'échographie permet d'observer la structure de l'œil et de mesurer sa taille.

Principe de l'échographie d'un œil :

Avant l'échographie, pour le confort du patient, le médecin réalise une anesthésie de la cornée à l'aide de quelques gouttes de collyre anesthésique. Il dépose ensuite du gel ophtalmique stérile à la surface de la cornée et balaie cette surface à l'aide d'une sonde émettant des ultrasons de fréquence égale à 10 MHz.

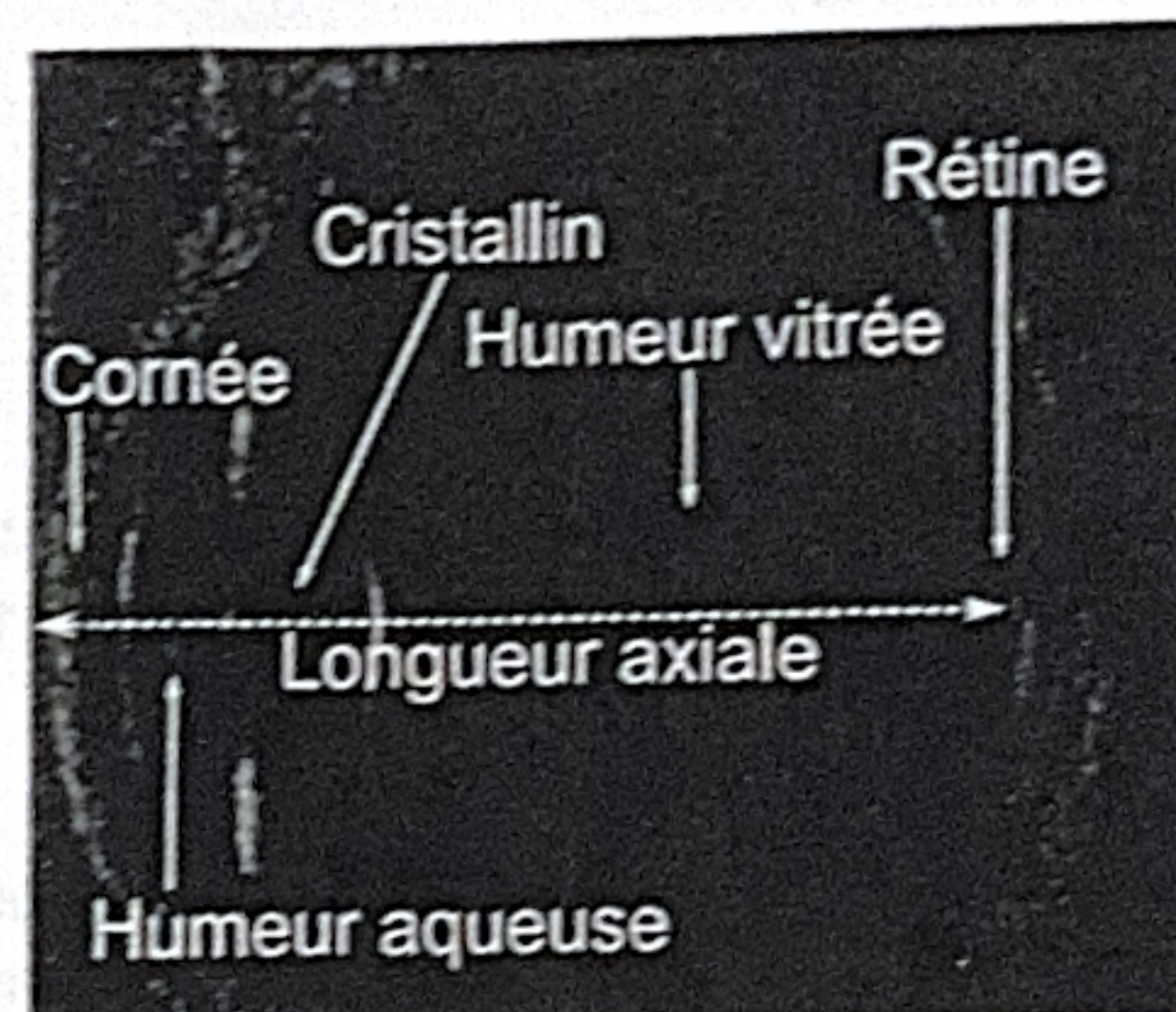


Figure1 : Image échographique de l'œil, d'après <https://www.ultrasoundpaedia.com/>

En mesurant notamment des durées séparant le signal émis et les signaux reçus après réflexion (les échos) sur les différentes parties de l'œil, un système informatique permet d'obtenir une image en nuances de gris. Les amplitudes les plus importantes des ondes réfléchies sont codées en blanc, les plus faibles sont codées en noir.

On peut ainsi mesurer la distance séparant la cornée de la rétine, appelée longueur axiale de l'œil. La longueur axiale d'un œil normal est comprise entre 22 et 24 mm. En deçà de 22 mm, l'œil est trop court, il est hypermétrope. Au-delà de 24 mm, l'œil est trop long, il est myope.

Milieu traversé	Cornée	Humeur aqueuse	Cristallin	Humeur vitrée
Célérité des ultrasons ($m \cdot s^{-1}$)	1620	1532	1641	1532
Durée nécessaire à la réception des principaux échos par la sonde (μs)	0,6	3,6	9,2	27,0

Figure 2 : Données échographiques reconstituées, d'après le *Journal de radiologie* (vol. 87), Échographie de l'œil et de l'orbite avec un échographe polyvalent, O. Bergès, P. Koskas, F. Lafitté, J-D. Piekarski

- (1) Quelle est la nature des ondes utilisées pour réaliser ce diagnostic ? Quels qualificatifs permettent de les décrire ?
- (2) Définir, de deux manières différentes, la longueur d'onde.
 - (1,5) Déterminer la longueur d'onde des ondes utilisées lorsqu'elles traversent l'humeur vitrée.
- (1,5) Expliquer qualitativement, à l'aide d'un schéma, l'origine de ces quatre échos. On suppose que le gel permet à l'onde ultrasonore de pénétrer dans la cornée sans réflexion sur sa face avant.
- (1) Déterminer le temps écoulé pour que l'onde fasse un aller-retour dans le cristallin.
 - (1,5) Exprimer puis calculer la longueur $L_{\text{cristallin}}$ du cristallin.
- (1,5) Sachant que la cornée, l'humeur aqueuse et l'humeur vitrée mesurent respectivement 0,5 mm, 2,3 mm et 13,6 mm de long, indiquer si l'œil est hypermétrope. Justifier.