BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

ÉPREUVE D'ENSEIGNEMENT DE SPÉCIALITÉ

SESSION 2025

SCIENCES ET TECHNOLOGIES DE L'INDUSTRIE ET DU DEVELOPPEMENT DURABLE

Physique-Chimie et Mathématiques

Durée de l'épreuve : **3 heures**

L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.
L'usage de la calculatrice sans mémoire, « type collège » est autorisé.

Dès que ce sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Ce sujet comporte 12 pages numérotées de 1/12 à 12/12.

PHYSIQUE-CHIMIE .... 14/20 points
MATHÉMATIQUES .... 6/20 points

EXERCICE 1 (4 points) (physique-chimie et mathématiques)

Une coulée comme Léon Marchand

On appelle coulée la phase sous-marine qui suit le plongeon ou le virage d'un nageur. Cet exercice présente une évaluation des forces de frottements auxquelles le nageur est soumis lors d'une coulée.

Partie 1

On suppose que le déplacement du nageur se produit à une profondeur constante lors de la coulée. Pendant cette phase, le sportif se laisse glisser dans l'eau, sans nager. Le mouvement du nageur est supposé rectiligne. Dans ces conditions, on peut considérer que le nageur est uniquement soumis à la force résultante des forces de frottement de l'eau sur son corps, appelée traînée hydrodynamique et notée $\vec{T}$. Cette force est de même direction que la vitesse du nageur, mais de sens opposé.
La figure 1 ci-après représente l'évolution de la vitesse du nageur en fonction du temps.

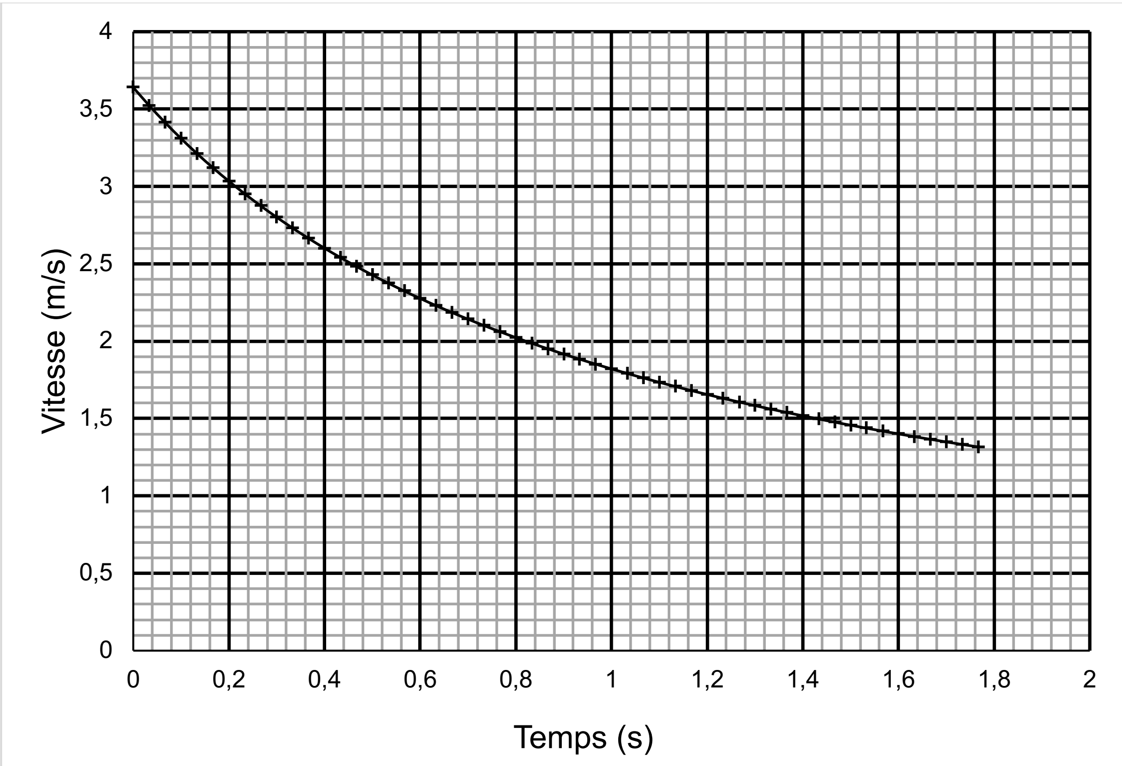


Figure 1 – Vitesse du nageur en fonction du temps

Q1. Indiquer en justifiant la réponse si le mouvement lors de la coulée du nageur est accéléré, décéléré, ou uniforme.

Q2. Indiquer en justifiant la réponse si au cours de ce mouvement le travail de la force de traînée hydrodynamique $\vec{T}$ est positif, nul ou négatif.

Donnée : masse du nageur m = 80 kg

Q3. Calculer la valeur de l'énergie cinétique du nageur aux instants t = 0 et t = 1,6 s.

On rappelle que la variation de l'énergie cinétique d'un système en mouvement entre deux instants est égale à la somme des travaux des forces extérieures qui lui sont appliquées lors de son déplacement.

Q4. En admettant que la seule force qui travaille est la force de traînée hydrodynamique $\vec{T}$, calculer la valeur de son travail entre les instants t = 0 et t = 1,6 s.

Partie 2

On détermine un modèle numérique à partir de l'expérience de la partie 1. On suppose que la distance parcourue par le nageur durant la coulée, exprimée en mètre, en fonction du temps t, exprimée en seconde, est définie sur l'intervalle $[0; 2]$ par :

$$f(t) = 3{,}64 \ln(1 + t).$$

Q5. Calculer $f(0)$.

Q6. On admet que la vitesse du nageur, en m/s, est donnée, en fonction du temps en s, par $v(t) = \frac{3{,}64}{1+t}$.
Montrer que l'accélération, correspondant à la dérivée de v est $a(t) = \frac{-3{,}64}{(1+t)^2}$.

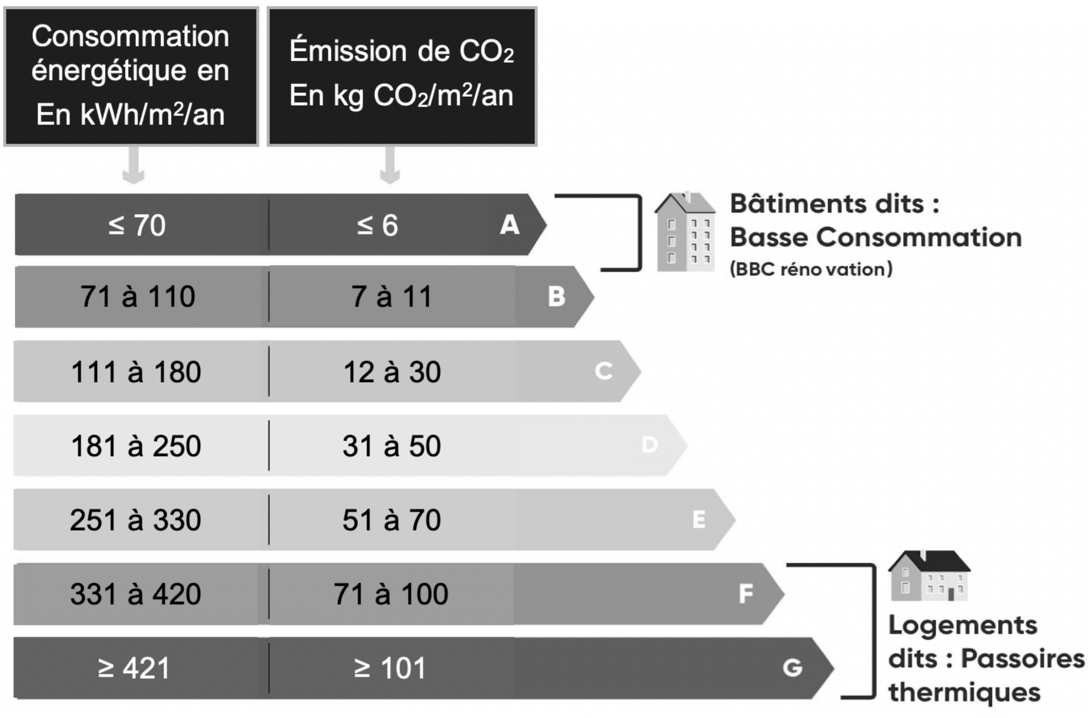
Q7. Interpréter le signe de a dans le contexte de l'exercice et vérifier la cohérence avec l'observation de la courbe représentative de la fonction v.

Q8. Rappeler la relation entre le vecteur accélération $\vec{a}$ et la force de traînée hydrodynamique $\vec{T}$. Montrer que la modélisation effectuée est compatible avec une force de traînée de valeur proportionnelle au carré de la vitesse.

EXERCICE 2 (5 points) (physique-chimie)

Classe énergétique d'un logement

On souhaite étudier la possibilité d'améliorer la performance énergétique d'une habitation de classe énergétique B, en installant une pompe à chaleur géothermique. Le document 1 ci-dessous précise certaines caractéristiques des différentes classes énergétiques de logements.



Document 1 – Classement énergétique des logements (source effy.fr)

Pour cette étude, on commence par calculer l'énergie électrique consommée annuellement pour le chauffage de l'habitation et pour la production d'eau chaude sanitaire.

Données :

- surface habitable de l'habitation : 80 m^2 ;
- les murs de l'habitation sont composés de fibres de bois ;
- surface totale des murs : S_{murs} = 90 m² ;
- conductivité thermique de la fibre de bois : λ_{fibre} = 0,038 W·K^{-1}·m^{-1} ;
- température à l'intérieur de la maison : T_{int} = 19°C ;
- température moyenne à l'extérieur de la maison en hiver : T_{ext} = 5°C ;
- durée annuelle d'utilisation du chauffage : 180 jours ;
- épaisseur des murs : e = 200 mm.

- La résistance thermique R_{th} d'une paroi d'épaisseur e, de surface S, constituée d'un matériau de conductivité thermique λ est donnée par la relation :

$$R_{th} = \frac{e}{\lambda \times S}$$

- Le flux thermique Φ à travers une paroi de résistance thermique R_{th} est proportionnel à la différence de température ΔT entre les deux côtés de la paroi selon la relation :

$$\Phi = \frac{\Delta T}{R_{th}}$$

Énergie consommée pour chauffer l'habitation

Q1. Calculer la résistance thermique $R_{th,murs}$ de la surface totale des murs de l'habitation.

Q2. Calculer la valeur du flux thermique correspondant à la perte d'énergie au travers l'ensemble des murs.

Le flux thermique total perdu au travers de l'ensemble des limites de l'habitation, sols et plafonds inclus, a une valeur de 910 W. Ce flux thermique est égal au flux thermique que l'on doit fournir pour maintenir la température du logement à 19°C lorsque la température extérieure vaut 5°C.

Q3. Montrer que la résistance globale $R_{th,glob}$ entre l'intérieur du logement et l'extérieur est voisine de $1{,}5 \times 10^{-2}$ K·W^{-1}.

Q4. Calculer, en wattheure (Wh), l'énergie thermique totale à fournir pour maintenir la température du logement à 19°C pendant la période de chauffage.
On rappelle que : 1 Wh = $3{,}6 \times 10^{3}$ J.

Énergie consommée pour chauffer l'eau chaude sanitaire
Le volume d'eau chaude consommé chaque jour dans le logement a une valeur de 130 L.

Données :
- température de l'eau froide : θ_f = 15°C ;
- température de l'eau chaude : θ_c = 55°C ;
- masse volumique de l'eau : ρ = 1,00 kg·L^{-1} ;
- capacité thermique massique de l'eau : c_{eau} = 4180 J·kg^{-1}·K^{-1} ;

Q5. Montrer que l'énergie thermique Q_{eau} nécessaire au chauffage de l'eau consommée sur une année, soit 365 jours, a pour valeur $2{,}2 \times 10^{6}$ Wh.

Q6. Montrer que l'énergie thermique totale consommée pour chauffer l'habitation et l'eau sanitaire pendant une année a une valeur voisine de $6{,}0 \times 10^{6}$ Wh.

Apport de la pompe à chaleur

Une pompe à chaleur est un dispositif qui peut fournir à l'air intérieur de l'habitation une énergie thermique supérieure à l'énergie électrique consommée.

Le coefficient de performance énergétique (COP) d'une pompe à chaleur correspond au rapport entre l'énergie thermique restituée et l'énergie électrique consommée par celle-ci :

$$\text{COP} = \frac{\text{Énergie thermique fournie par la pompe à chaleur}}{\text{Énergie électrique consommée par la pompe à chaleur}}$$

Q7. Montrer que l'énergie électrique que consommerait une pompe à chaleur géothermique dont le COP vaut 4,0 pour chauffer annuellement l'habitation et l'eau sanitaire vaut environ $1{,}5 \times 10^6$ Wh.

Q8. En déduire la classe énergétique de l'habitation équipée de cette pompe à chaleur. Indiquer si la classe énergétique du logement est améliorée grâce à l'utilisation de cette pompe à chaleur.

Q9. Proposer une autre solution permettant d'améliorer la classe énergétique du logement.

EXERCICE 3 (4 points) (mathématiques)

Dans cet exercice, les questions 1, 2, 3 et 4 sont indépendantes les unes des autres.

Q1.

Pour cette question, indiquer la lettre de la réponse exacte, en justifiant votre choix.

On considère la fonction f définie sur $\mathbb{R}$ par $f(x) = \mathrm{e}^{-0,016x} - 2$ et on note f' sa fonction dérivée.

A	B	C	D
$f(0) = -2$	$f'(x) = \mathrm{e}^{-0,016x}$	f est croissante sur $\mathbb{R}$.	f est décroissante sur $\mathbb{R}$.

Q2.

Soit la fonction f définie sur $[0\,;\,+\infty[$ par $f(x) = \frac{30}{1+2x}$.

Est-il vrai que la valeur moyenne de f sur l'intervalle [5 ; 15] est supérieure à 3 ?

Justifier la réponse.

Rappel : la valeur moyenne de la fonction f sur l'intervalle $[a, b]$ est $\frac{1}{b-a}\int_a^b f(t)\mathrm{d}t$.

Q3.

On note $f(t)$ la température (en °C) d'un café en fonction du temps t (en minute) écoulé depuis sa sortie d'une machine à expresso. A l'instant $t = 0$, la température initiale du café est 83°C.

On admet que la fonction température est solution sur $[0; +\infty[$ de l'équation différentielle : $y' = -0,08y + 1,84$.

Déterminer l'expression de l'unique solution f qui vérifie les données précédentes.

Q4.

On note $f(t)$ la température (en °C) d'un café en fonction du temps t (en minute) écoulé depuis sa sortie d'une machine à expresso. On admet, pour tout $t \in [0; +\infty[$, l'expression suivante : $f(t) = 60\mathrm{e}^{-0,08\mathrm{t}} + 23$.

Au bout de combien de temps la température du café sera-t-elle inférieure ou égale à 44°C ?

Donner la réponse à la minute près.

EXERCICE 4 (7 points) (physique-chimie)

Puissance d'une installation

Les lave-linges constituent des postes de dépense énergétique et d'utilisation d'eau non négligeables. Cet exercice étudie la consommation électrique et la consommation d'eau liées à leur utilisation.

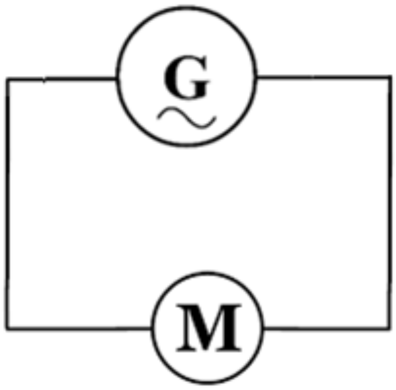
On rappelle que pour un courant alternatif sinusoïdal, les valeurs efficaces de la tension et de l'intensité du courant, U_{eff} et I_{eff}, sont reliées à leurs valeurs maximales, U_{max} *et* I_{max}, par les relations :

$$U_{eff}=\frac{U_{max}}{\sqrt{2}} \quad \text{et} \quad I_{eff}=\frac{I_{max}}{\sqrt{2}}$$

Partie 1 – Moteur d'un lave-linge

On s'intéresse dans cette partie, à l'étude d'un moteur asynchrone qui équipe certains lave-linges. Pour simuler ce moteur, on utilise un moteur asynchrone de démonstration alimenté par un générateur de tension alternative.

Générateur de tension alternative



Moteur asynchrone

Document 1 – Schéma du circuit réalisé

Q1. Recopier le schéma du circuit du document 1 et indiquer sur le schéma comment on doit connecter les appareils de mesure de l'intensité du courant électrique et de la tension aux bornes du moteur.

On a réalisé l'enregistrement de l'intensité du courant électrique et de la tension aux bornes du moteur en fonction du temps. Les courbes obtenues sont représentées sur la figure 1 ci-dessous.

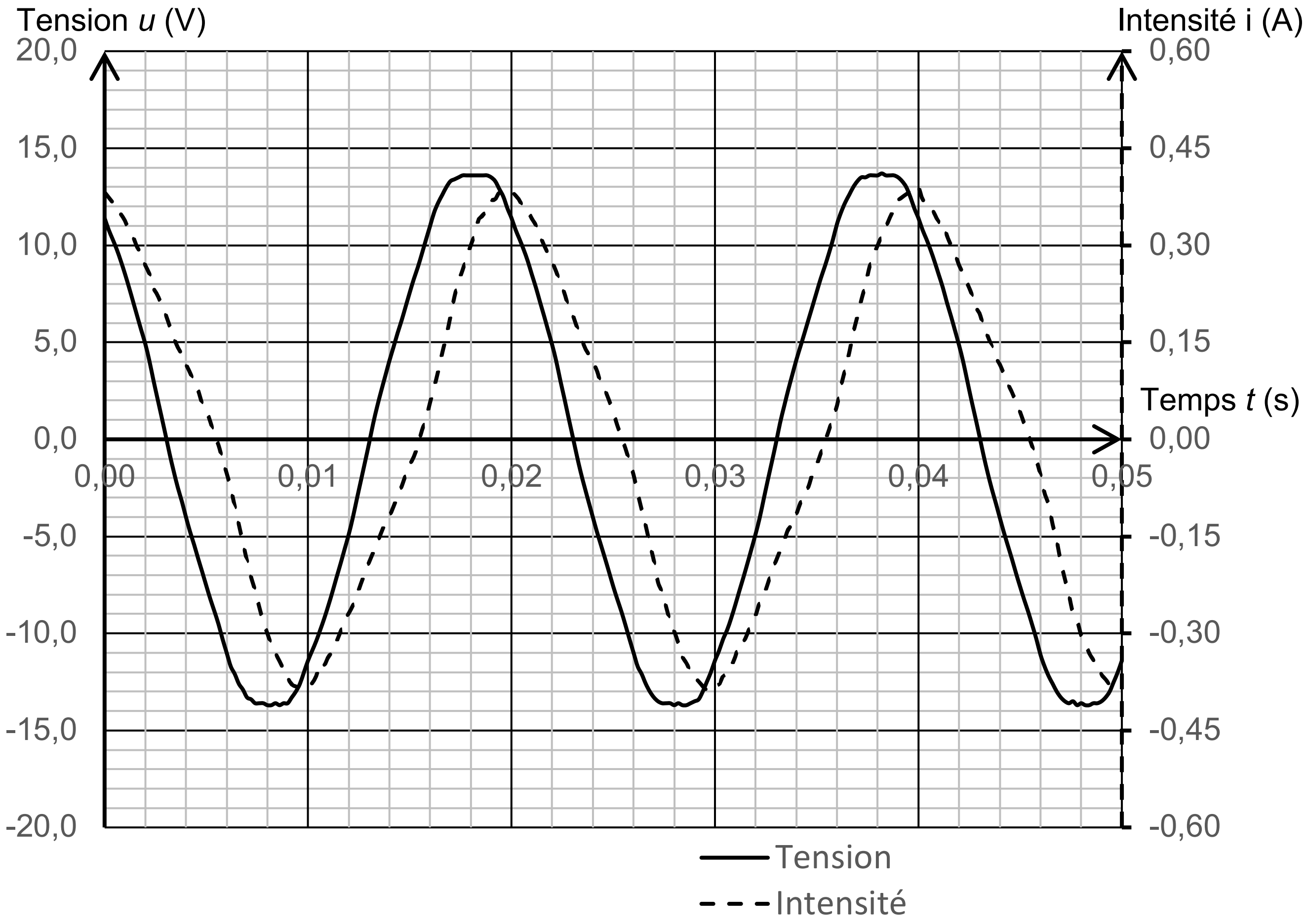


Figure 1 – Tension aux bornes du moteur et intensité en fonction du temps

Q2. Déterminer, en expliquant la méthode, la fréquence f de la tension $u(t)$.

Q3. Déterminer les amplitudes U_{max} et I_{max} des signaux $u(t)$ et $i(t)$ et en déduire les valeurs efficaces correspondantes U_{eff} et I_{eff}.

Q4. Montrer la puissance apparente du moteur S a une valeur proche de 2,7 VA.

La puissance active P reçue par le moteur a pour valeur 1,93 W.

On rappelle que l'expression du facteur de puissance k en fonction de la puissance active et de la puissance apparente est : $k = \frac{P}{S}$.

Q5. Calculer la valeur du facteur de puissance k pour le moteur.

Q6. Pour des raisons d'économie d'énergie dans les lignes de transport de l'énergie électrique, EDF impose à ses clients un facteur de puissance minimum de k = 0,93. Déterminer si le moteur étudié répond à cette obligation.

Partie 2 – Consommation d'eau d'un lave-linge

On mesure la puissance électrique consommée par un lave-linge, au cours d'un lavage à 30°C, à l'aide d'un wattmètre. La température initiale de l'eau admise dans le lave-linge est θ_1 = 20°C. Au cours du lavage les 3 phases suivantes sont répétées plusieurs fois : pompage, chauffage et rotation du tambour.

Données :

- capacité thermique massique de l'eau : $c_{eau} = 4180\ \text{J·kg}^{-1}\text{·K}^{-1}$;
- masse volumique de l'eau : $\rho = 1{,}0\ \text{kg·L}^{-1}$;
- température initiale de l'eau : θ_1 = 20°C ;
- température finale de l'eau : θ_2 = 30°C.

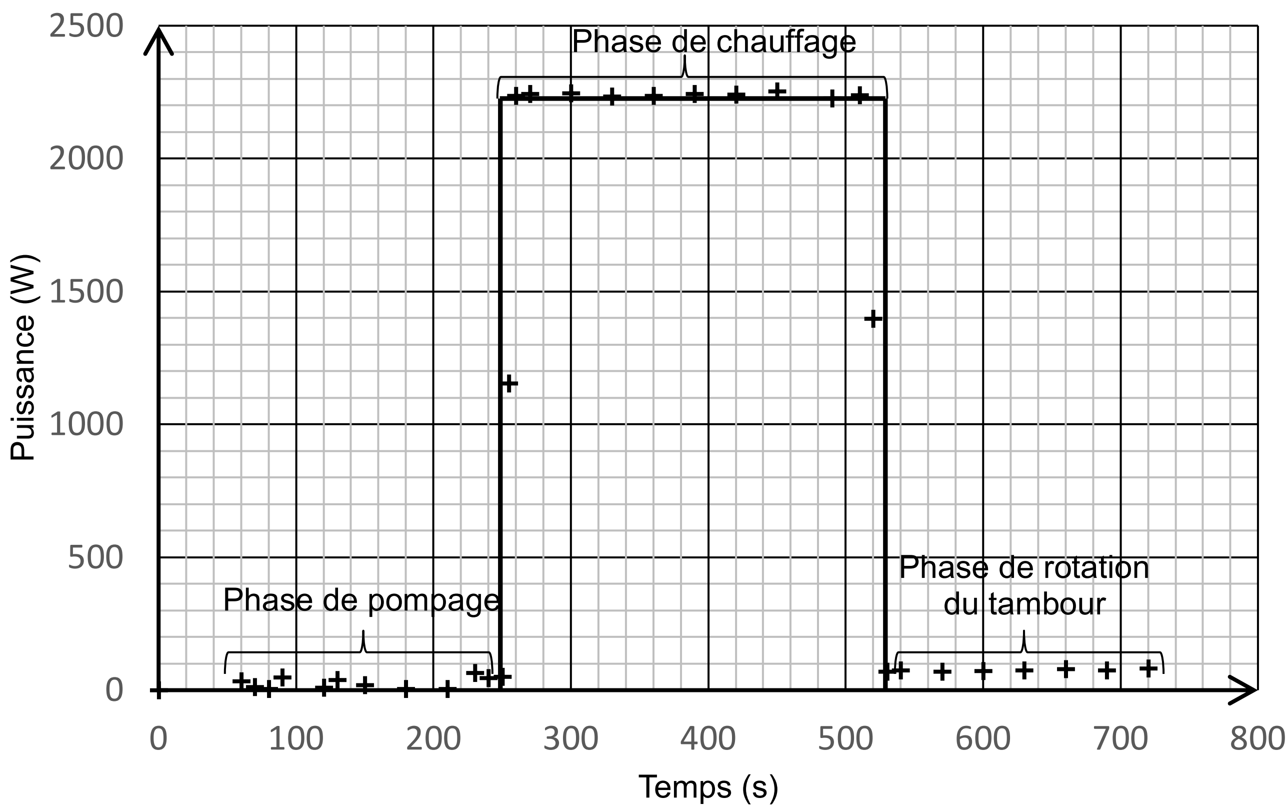
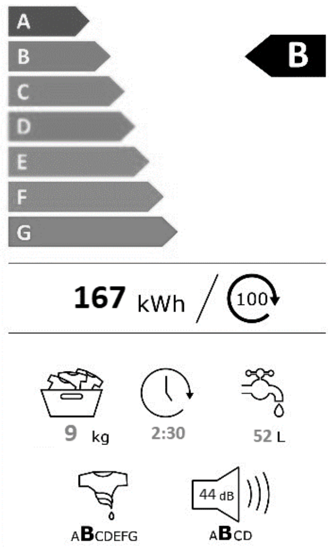


Figure 2 – Puissance électrique consommée par le lave-linge en fonction du temps, au cours d'un lavage à la température de 30°C

Q7. En utilisant la figure 2, déterminer l'énergie consommée lors de la phase de chauffage de l'eau. Vérifier que sa valeur est proche de $E = 6{,}0 \times 10^5$ J.

Q8. En déduire la masse d'eau qui a été chauffée de 20°C à 30°C pendant cette phase, en admettant que toute l'énergie reçue pendant cette phase est utilisée pour chauffer l'eau.

Le document 2, ci-dessous, indique quelques caractéristiques du lave-linge étudié.



Document 2 – Caractéristiques du lave-linge

Q9. Deux lavages et deux rinçages, qui consomment chacun la même masse d'eau, s'enchainent lors d'un cycle de lavage. En déduire le volume total d'eau consommé au cours d'un cycle de lavage et comparer cette valeur au volume de 52 L indiqué par le constructeur.

Partie 3 – Détartrage d'un lave-linge et économie d'énergie

Les dépôts de tartre sur les résistances des lave-linges augmentent leur consommation électrique, car le tartre est un mauvais conducteur thermique. Une résistance recouverte de tartre entraîne une surconsommation électrique estimée, selon les fabricants, entre 10 et 20 %. Le détartrage de la résistance permet donc de réduire la consommation énergétique et de prolonger la durée de vie de la machine.

Le tartre est formé de carbonate de calcium, de formule chimique $CaCO_3$. On utilise une solution d'acide chlorhydrique (HCl) comme détartrant.

Données :

- équation chimique de la réaction entre le carbonate de calcium et l'acide chlorhydrique :
$$CaCO_3(s) + 2\ HCl(aq) \rightarrow CaCl_2(aq) + H_2O(l) + CO_2(g)$$
- masse molaire du carbonate de calcium : $M(CaCO_3) = 100{,}1$ g/mol ;
- masse molaire de l'acide chlorhydrique : $M(HCl) = 36{,}5$ g/mol ;
- masse volumique d'une solution d'acide chlorhydrique commerciale : $\rho = 1{,}18\ g \cdot mL^{-1}$;
- concentration massique en HCl d'une solution d'acide chlorhydrique commerciale $c_m = 23{,}0\ g \cdot L^{-1}$

Q10. La résistance d'un lave-linge est recouverte de 25,0 g de tartre. En supposant que tout le carbonate de calcium réagit avec l'acide chlorhydrique, calculer la masse d'acide chlorhydrique nécessaire pour éliminer tout le tartre. Comparer cette masse à celle contenue dans 100 mL de solution commerciale d'acide chlorhydrique.

En l'absence de tartre, la machine consomme 2,0 kWh par cycle de lavage. La couche de tartre augmente la consommation électrique de 20%.

Q11. Calculer l'énergie économisée par le détartrage d'une machine entartrée, pour 100 cycles de lavages.

Donnée : coût de l'électricité : 0,25 € / kWh

Q12. Discuter des avantages environnementaux et économiques du détartrage régulier des appareils électroménagers.