

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.

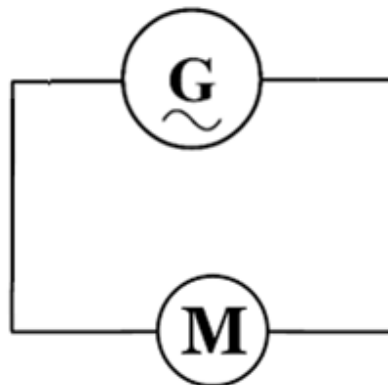
On rappelle que pour un courant alternatif sinusoïdal, les valeurs efficaces de la tension et de l'intensité du courant, U_{eff} et I_{eff} , sont reliées à leurs valeurs maximales, U_{max} et I_{max} , par les relations :

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

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.

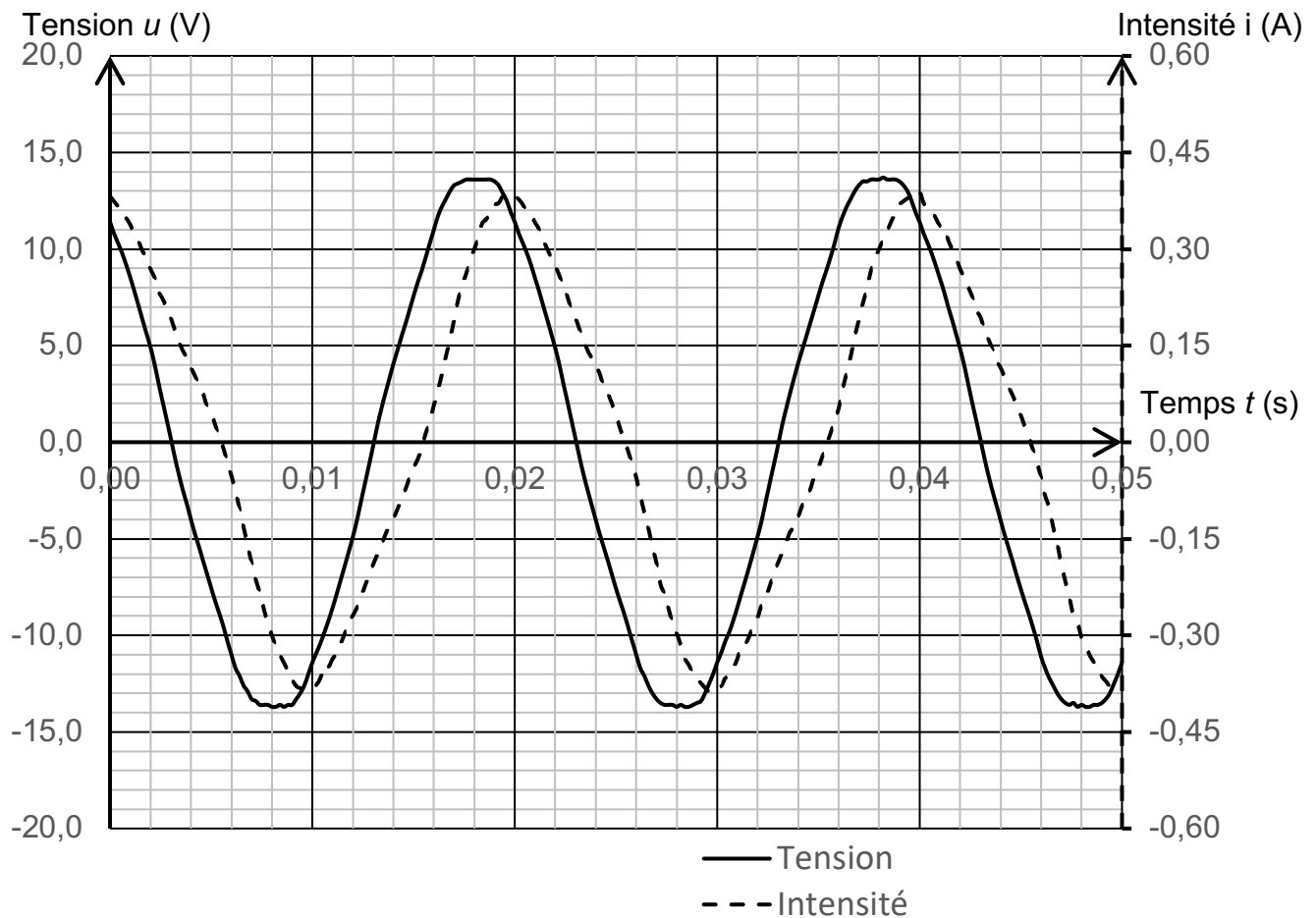


Figure 1 – Tension aux bornes du moteur et intensité en fonction du temps

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 $\theta_1 = 20^\circ\text{C}$. 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 : $c_{\text{eau}} = 4180 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$;
- masse volumique de l'eau : $\rho = 1,0 \text{ kg}\cdot\text{L}^{-1}$;
- température initiale de l'eau : $\theta_1 = 20^\circ\text{C}$;
- température finale de l'eau : $\theta_2 = 30^\circ\text{C}$.

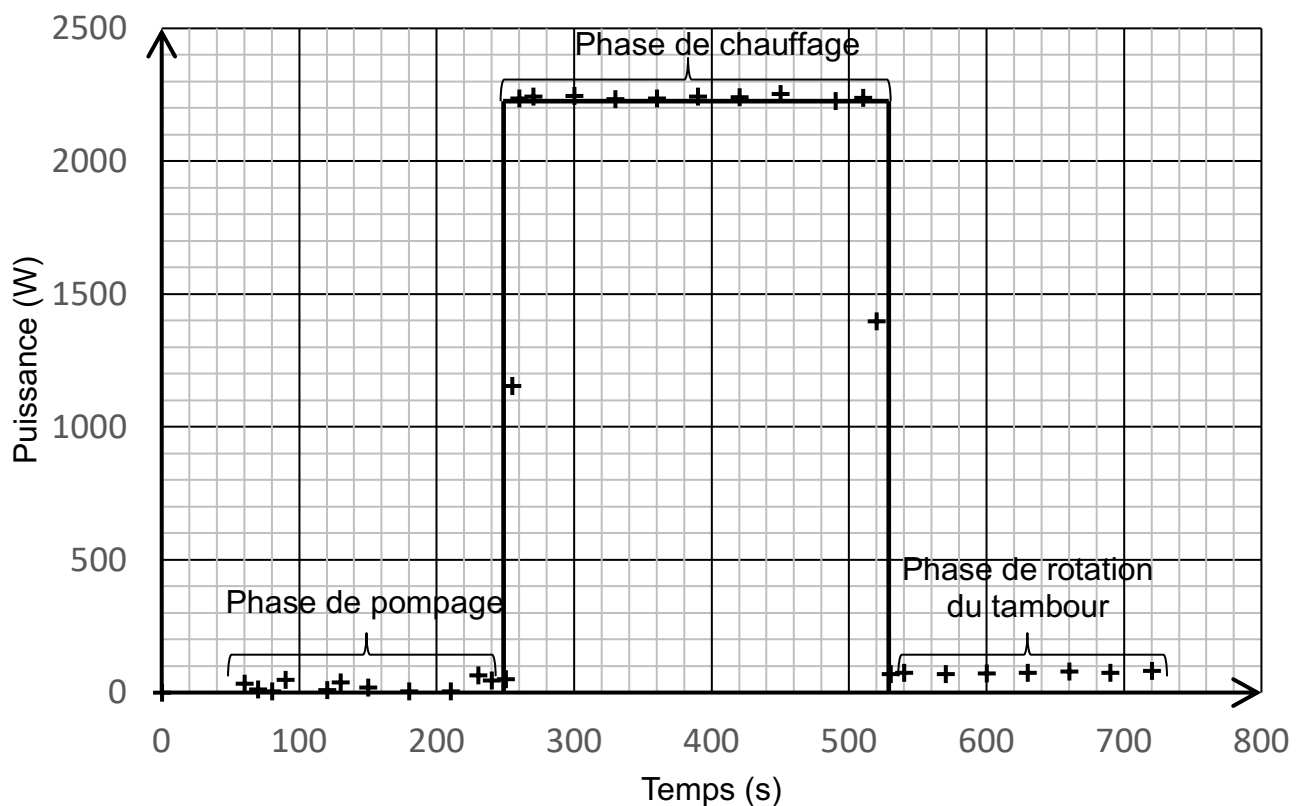
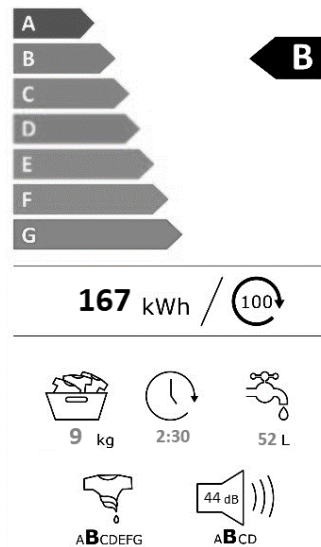


Figure 2 – Puissance électrique consommée par le lave-linge en fonction du temps, au cours d'un lavage à la température de 30°C

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 $E = 6,0 \times 10^5 \text{ J}$.

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'enchaînent 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 :
$$\text{CaCO}_3(\text{s}) + 2 \text{HCl}(\text{aq}) \rightarrow \text{CaCl}_2(\text{aq}) + \text{H}_2\text{O}(\text{l}) + \text{CO}_2(\text{g})$$
- masse molaire du carbonate de calcium : $M(\text{CaCO}_3) = 100,1 \text{ g/mol}$;
- masse molaire de l'acide chlorhydrique : $M(\text{HCl}) = 36,5 \text{ g/mol}$;
- masse volumique d'une solution d'acide chlorhydrique commerciale :
$$\rho = 1,18 \text{ g}\cdot\text{mL}^{-1}$$
 ;
- concentration massique en HCl d'une solution d'acide chlorhydrique commerciale $c_m = 23,0 \text{ g}\cdot\text{L}^{-1}$

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.