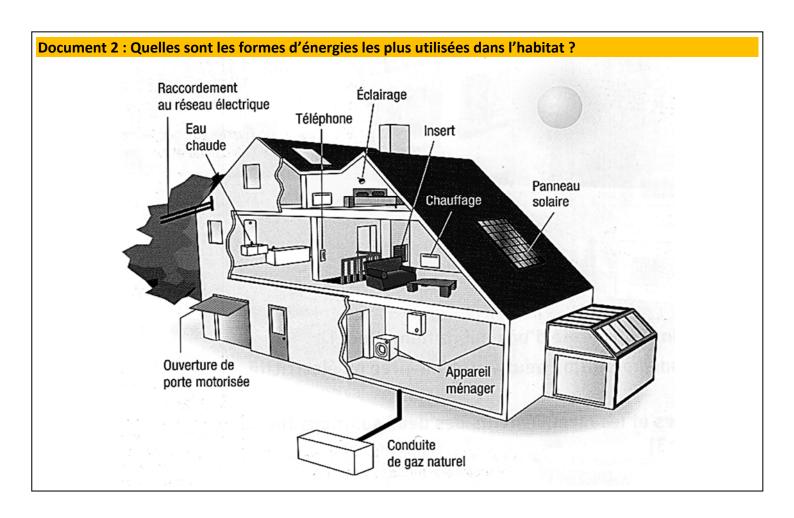
Chapitre 1 : Thème : ÉNERGIE

# Activité 1 : Quelles énergies pour l'habitat

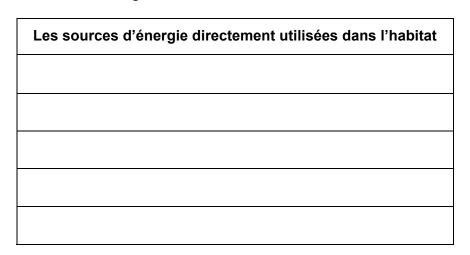
# Document 1 : L'énergie de sa source à son utilisation

1. Classer ces sources d'énergies selon si elles sont renouvelables ou non :

Les sources d'énergie fossiles, épuisables	Les sources d'énergies renouvelables



2. Lister les différentes formes d'énergies utilisées dans l'habitat :



3. Pour quels usages utilise-t-on le plus d'énergie dans l'habitat?

.....

### Document 3 : La conservation de l'énergie

L'un des grands principes de la physique est la <u>conservation de l'énergie</u>, D'après ce principe nous pouvons écrire :

$$E_{consomm\'ee} = E_{utile} + E_{pertes}$$

Pour réaliser sa fonction, tout appareil consomme de l'énergie  $(E_{consommée})$  et la transforme pour restituer une énergie utile  $(E_{utile})$ . Ces transformations d'énergie s'effectuent avec des pertes  $(E_{pertes})$  plus ou moins importantes.



Dans une maison de nombreux objets techniques ont comme fonction de convertir l'énergie qui leur est fournie (l'énergie fournie) en une autre énergie appelée énergie utile (dont l'effet est attendu par l'utilisateur).

### Le rendement :

Il est noté  $\eta$  (on lit « éta »)

Le rendement est défini par :

Les formules suivantes sont aussi valables pour les calculs de rendements :

$$\eta = \overline{\phantom{a}}$$

$$\eta = ----$$

$$n = \overline{\phantom{a}}$$

$$\eta = ---$$

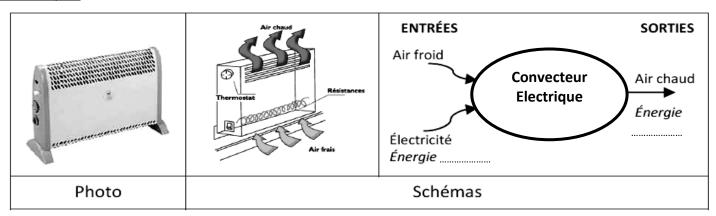
<u>Réversibilité des conversions d'énergies</u>: Certains convertisseurs sont réversibles. C'est-à-dire que l'énergie peut transiter dans les deux sens en changeant de forme.

Exemple : Certains moteurs électriques sont réversibles notamment dans les tramways ou les voitures électriques afin de récupérer de l'énergie au moment du freinage.



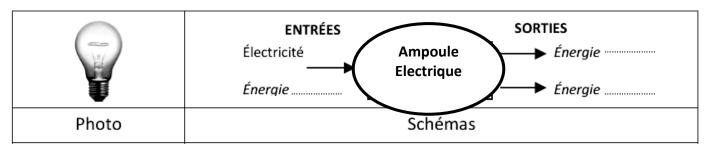
La plupart des convertisseurs restent cependant non réversibles. Ils ne peuvent convertir l'énergie que dans un sens.

### Par exemple:



Toutefois, un objet technique ne convertit pas toujours toute l'énergie reçue de manière utile : une partie est perdue pour assurer sa fonction d'usage

### Par exemple:

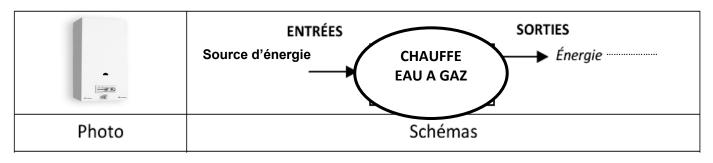


### 4. Compléter le tableau ci-dessous :

<u>Énergie utilisée</u> (d'entrée)	Objet technique	Énergie utile (de sortie)	Formule du Rendement η
	Ventilateur		
	Lave-linge		
	Réfrigérateur		
	Panneau solaire		
	Sèche-cheveux		

D'autres objets techniques ont comme fonction de produire de l'énergie à partir de sources d'énergie.

### Par exemple:



### 5. Compléter le tableau ci-dessous :

Source d'énergie	Objet technique	Énergie utile (de sortie)
	Cuisinière à gaz	
	Chauffe-eau à fioul	

### **Exercice d'entrainement:**

## Calculer un rendement

Calculer le rendement avec :

**a)** 
$$P_{\rm u} = 15 \, \text{W} \, \text{et} \, P_{\rm a} = 45 \, \text{W}$$

**b)** 
$$P_u = 5.0 \text{ mW et } P_a = 4.5 \text{ W}$$

**c)** 
$$P_u = 2.8 \text{ kW et } P_a = 3000 \text{ W}$$

# Calculer une puissance utile

Calculer la puissance utile avec :

**a)** 
$$\eta = 0.85$$
 et  $P_a = 45$  W

**b)** 
$$\eta = 0.05$$
 et  $P_a = 1.0$  kW

**c)** 
$$\eta = 0.33$$
 et  $P_a = 10$  mW

# Calculer une puissance fournie

Calculer la puissance apportée ou fournie avec :

**a)** 
$$\eta = 0.13$$
 et  $P_u = 500$  W

**b)** 
$$\eta = 0.42$$
 et  $P_u = 54$  mW

**c)** 
$$\eta = 0.60$$
 et  $P_u = 5.2$  kW

# Activité 2 : Puissance moyenne et instantanée

### Document 1 : Rappel du lien entre la puissance et l'énergie

énergie reçue puissance durée de fonctionnement

La puissance et l'énergie sont reliées par la formule :

$$E = P \times t$$

E:.....

P:.....

t:.....

L'unité SI de l'énergie est le ..... noté ...

RAPPELS : Compléter

$$1 kJ = \cdots \times 10^{\cdots} J$$

$$1 MJ = J$$

$$1 h = \dots min$$

$$1 min = \dots s$$

$$1h = ... ... s = ... ... \times 10^{-1} s$$

Conversion des Joules en kilowattheure :  $J \leftrightarrow kWh$ 

La puissance moyenne permet d'estimer l'énergie échangée entre 2 systèmes pendant une durée. Elle est définie par :

$$P_{moy} = \frac{E}{\Delta t}$$

 $P_{mov}$ : Puissance moyenne en Watt(W)

E: énergie échangée en Joule (J)

 $\Delta t$ : durée en seconde (s)

### **Compléter le tableau :**

E (J)	900000		
E (kWh)			8
P (W)		4000	2000
t	2 min	1 h27min	

En pratique, la puissance n'est pas constante au cours du temps. (Utiliser la puissance moyenne revient à considérer que la puissance est constante au cours du temps et a pour valeur  $P_{mov}$ .

### **Document 2 : Puissance instantanée**

La puissance moyenne est définie par :

$$P_{moy} = \frac{\Delta E}{\Delta t} = \frac{E(t_2) - E(t_1)}{t_2 - t_1}$$

Lorsqu'on utilise la **puissance instantanée**, on cherche à connaître la puissance entre deux instants  $t_2$  et  $t_1$  proche. On peut donc noter ces instants : t et  $t + \Delta t$  avec  $\Delta t$  qui tend vers 0.

Ainsi:

$$P = \frac{E(t + \Delta t) - E(t)}{t + \Delta t - t} = \frac{E(t + \Delta t) - E(t)}{\Delta t}$$

Lorsque  $\Delta t$  tend vers 0 :

$$P(t) = \lim_{\Delta t \to 0} \left( \frac{E(t + \Delta t) - E(t)}{\Delta t} \right)$$

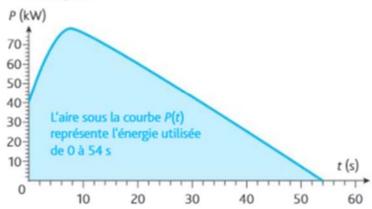
Donc la puissance instantanée est la dérivée de l'énergie :

$$P(t) = \frac{dE}{dt}$$

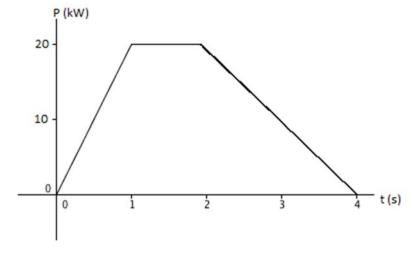
### Liens avec les maths

- Mathématiquement si  $P(t) = \frac{dE(t)}{dt}$  alors  $E(t) = \int_{0}^{t} P(t) \cdot dt$ .
- → La valeur de l'énergie E est égale à l'intégrale de la fonction P(t) entre les instants 0 et t.
- → On ne peut pas toujours trouver une primitive à la fonction P(t). Plusieurs méthodes graphiques existent pour calculer l'intégrale dont la méthode des rectangles.

# Exemple:



Exemple de calcul de l'énergie consommée entre 0 et 4 s à partir de l'aire sous la courbe P = f(t) dans un cas simple :



Il faut décomposer le calcul en 3 parties :

• Partie de 0 à 1 seconde : (Aire d'un triangle)

$$E_{[0;1]} = \frac{20 \times (1-0)}{2} = 10 \ kJ$$

• Partie de 1 à 2 seconde : (Aire d'un rectangle)

$$E_{[1;2]} = 20 \times (2-1) = 40 \, kJ$$

• Partie de 2 à 4 seconde : (Aire d'un triangle)

$$E_{[2;4]} = \frac{20 \times (4-2)}{2} = 20 \, kJ$$

L'énergie consommée totale vaut :

$$E = 10 + 40 + 20 = 70 \, kJ$$

### Activité : Vol test d'un drone

# Un test en vol pour éviter la panne



Déterminer l'énergie mise en jeu par un système pendant un intervalle de temps donné à partir de la courbe représentant la puissance en fonction du temps.



Objectif

Évaluer l'énergie consommée par la batterie d'un drone pendant un test en vol.

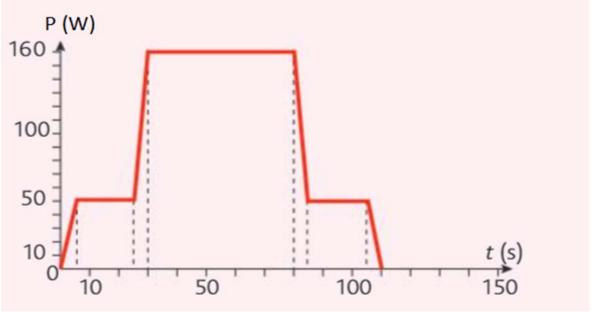
Lena souhaite tester la batterie alimentant les 4 moteurs du drone qu'elle vient de recevoir. Elle a chargé complètement la batterie et elle procède à un vol test de quelques dizaines de secondes. Un capteur connecté enregistre l'intensité du courant électrique débité par la batterie pendant la séance de test.

### Caractéristiques de la batterie utilisée.

Capacité : 2 000 mA·h (A·h signifie Ampère × heure) ; la batterie a donc la capacité de débiter un courant électrique de 2 A pendant 1 h ou de 4 A pendant 0,5 h...



# Puissance fournie aux 4 moteurs par la batterie pendant la phase de test :



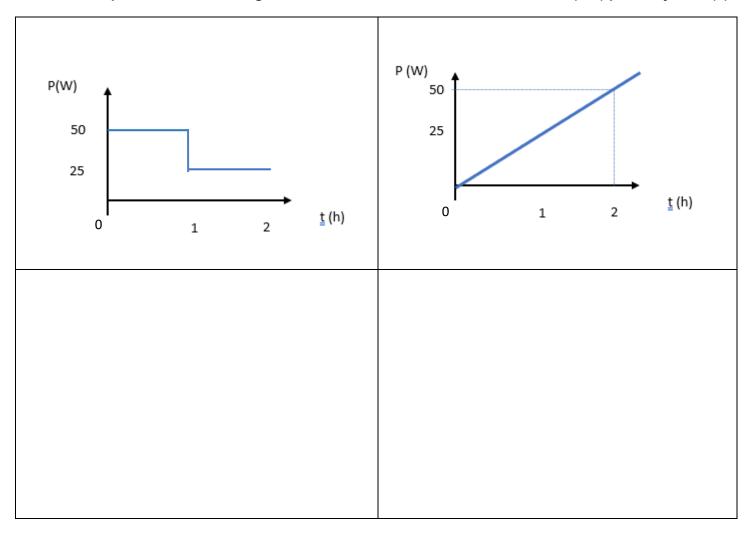
- 1. Indiquer l'intervalle de temps et la durée de la phase stationnaire.
- 2. Retrouver la valeur de 8 kJ de l'énergie électrique fournie par la batterie pendant la phase stationnaire.

- 3. Monter que le calcul précédent revient à calculer l'aire sous la courbe P=f(t)
- 4. Calculer l'énergie fournie au moteurs durant les autres phases du test. Compléter le tableau ci-dessous :

Étapes du test	1. Mise en route des moteurs	2. Attente au sol	3. Décollage	<b>4.</b> Vol stationnaire	5. Atterrissage	6. Attente au sol	7. Arrêt des moteurs
Durée ∆t (en s)	5	20	5				
E <sub>eec</sub> (en kJ)				8,0			
E <sub>eec</sub> totale (en kJ)							

5. Calculer l'énergie totale fournie aux moteurs durant cette phase de test et compléter la dernière ligne du tableau.

# Autres exemples : Calculer l'énergie E consommée entre 0 et 2 h en wattheure (Wh) puis en joules (J)



# Chaîne énergétique

### Travaux Pratiques 1 : Charge rapide d'un téléphone portable

De nombreuses marques de téléphones portables proposent aujourd'hui des modèles avec un chargeur permettant une charge rapide. Mais comment cela fonctionne-t-il ?

En pratique, le phénomène de charge rapide est composé de deux phases. Dans la première, une tension élevée augmente le taux de charge. Les chargeurs à charge rapide exploitent cette phase pour accroître le flux de puissance.

Dès que la batterie est presque entièrement rechargée, le chargeur diminue la tension afin d'éviter tout risque de surchauffe ou de surcharge, permettant ainsi de sécuriser votre smartphone et votre chargeur.



### **Document 2: Chargeur du Huawei P30 Pro**

Pour effectuer une charge rapide, le courant est converti en un courant de 5 ampères plutôt qu'en un courant de 2 ampères habituellement utilisé pour la charge des téléphones portables.



Modèle :	HW-050450E00
Connectivité :	USB type C
Entrée :	100 - 240V
Sortie :	5V/2A ou 5V/5A
Longueur de câble :	1m

### Document 2 : Lien entre énergie stockée et capacité

Les capacités Q des batteries sont indiquées en mAh (miliAmpère heure). Mais l'unité de l'énergie E s'exprime en joule (J) ou bien en wattheure (Wh). Ces deux grandeurs sont reliées par la tension U de fonctionnement en volt (V) par la formule :

$$E = Q \times U$$

Les téléphones fonctionnent en tension 5 V.

Vous disposez dans le dossier : ... du document : PuissanceP30Pro Ce document est un tableur dans lequel vous trouverez la puissance instantanée fournie au téléphone P30 Pro par son chargeur en fonction du temps pendant une charge rapide.

### ★ Ouvrir le fichier « PuissanceP30Pro » dans le dossier ...

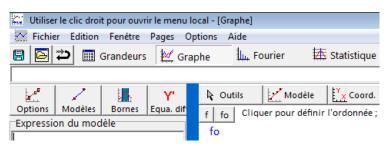
- 1. Indiquer pendant combien de temps (en secondes et en minutes) la puissance instantanée est enregistrée.
- 2. Indiquer l'énergie E qu'on peut stocker dans cette batterie du Huawei P30 Pro en wattheure (Wh) puis en joules (I).

 $Aide: 1 \, mAh \times 1 \, V = 1 \, mWh$ 

# Objectif: Déterminer l'énergie qui a été stockée dans la batterie en 10 minutes

★ Ouvrir le fichier « PuissanceP30Pro » dans le dossier ...

★ Sélectionner les colonnes 1 et 2 contenant les données et copier ces données à l'aide des touches « Ctrl + C »



On va à présent, tracer les courbes de la puissance instantanée et de l'énergie stockées en fonction du temps.

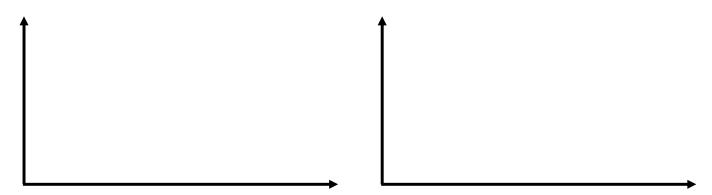
☆ Ouvrir le logiciel « Regressi » situé sur le bureau de votre session

★ Cliquer sur « Fichier » puis « Nouveau » puis « Presse papier »

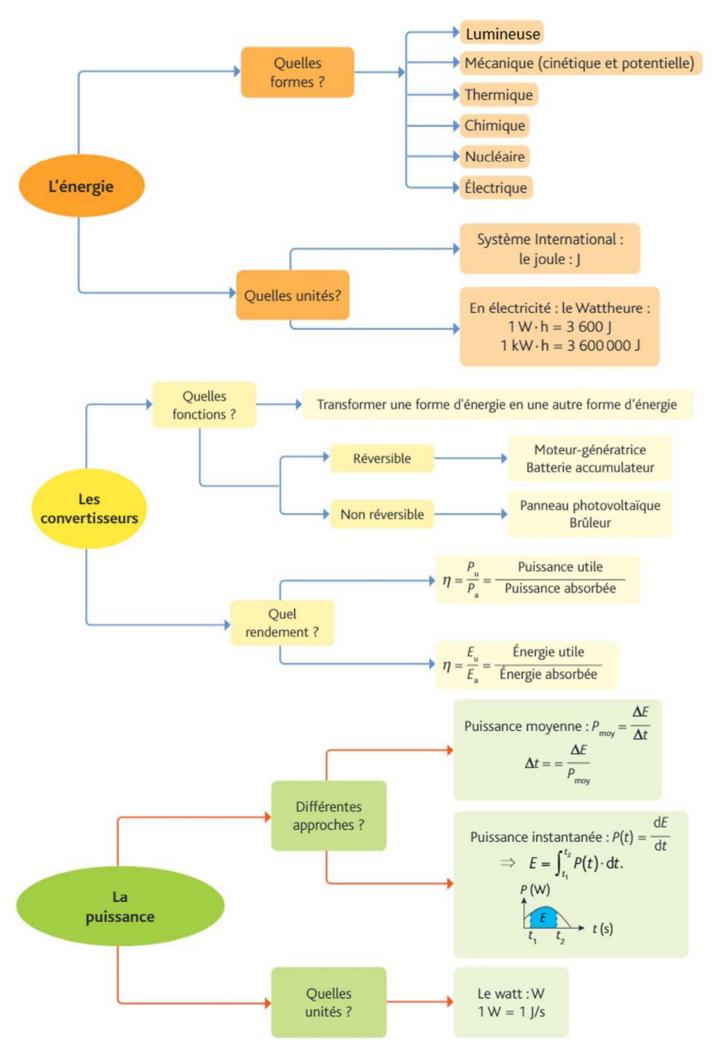
 $\bigstar$  Dans le graphique, n'afficher que P en fonction de t: P = f(t)

On a ainsi obtenu les courbes de la puissance instantanée P, de l'énergie stockée E en fonction du temps.

3. Tracer l'allure des deux courbes ci-dessous :



4.	Quelle est la valeur totale de l'énergie stockée dans la batterie après ces 10 minutes de charges. Indiquer votre résultat en joules $(J)$ et en wattheure $(Wh)$ .
_	Los 10 minutos do chargos controllos sufficantos nour chargos la hattaria 2
5.	Les 10 minutes de charges sont-elles suffisantes pour charger la batterie ?
	ecréer une nouvelle variable notée Pi (pour Puissance instantanée) à l'aide de la grandeur E et d'un outil ématique. Indiquer la relation entre Pi et E :
	$oldsymbol{P_i} =$
6.	Commenter l'allure de la courbe.



# **Exercices**

### Exercice 1: QCM

	A B		С
Dans le schéma d'une chaîne énergétique :  Travail électrique travail mécanique chimique électrique chaleur	Les cercles représentent des réservoirs d'énergies	Les cercles représentent des convertisseurs d'énergies	Les flèches représentent des transferts d'énergies
Le rendement d'un système :	Est compris entre 0 et 1	Indique la part d'énergie perdue	Est toujours supérieur à 1
La puissance moyenne d'un système est égale :	A l'énergie qu'il fournit	A l'énergie qu'il fournit multiplié par le temps	A l'énergie qu'il fournit par unité de temps
La puissance utile d'un système est :	La puissance qu'il utilise	La puissance qu'il fournit	Toujours inférieure à la puissance qu'il absorbe
Un moteur à courant continu est alimenté sous 30 V et absorbe un courant d'intensité 2, 0 A :	La puissance utile fournie par ce moteur est de 60 W	La puissance électrique absorbée par ce moteur est de 60 W	Les pertes de ce convertisseur électromécanique sont de 60 W
Un convertisseur électromécanique absorbe une puissance mécanique de 30 $W$ et restitue une puissance électrique de 27 $W$ :	Le rendement de ce convertisseur est de 111 %	Les pertes de ce convertisseur sont de 3 W	Le convertisseur électromécanique fonctionne en moteur
Quelles relations reliant la puissance instantanée $P$ et l'énergie échangée $E$ est exacte ? :	$E = \frac{dP}{dt}$	$P = \frac{dE}{dt}$	$E = \int P. dt$
Quelles assertions sont exactes ?:	L'énergie est la dérivée de la puissance instantanée	La puissance instantanée est la dérivée de l'énergie	L'énergie est la primitive de la puissance instantanée

Exercice 2 : L'énergie

Quand un système	produit du travail,	du ra	yonnement ou de la	chaleur, on dit o	gu'il produi	t de l'énergie.

- 1. Citer un élément produisant du rayonnement : .......
- 2. Citer un élément produisant de la chaleur : ......
- 3. Citer un élément produisant du travail : .....
- 4. Rappeler la formule reliant l'énergie à la puissance :

	)
1	
1	
1	
(	J

### **POINT MÉTHODE: RÉDACTION DES CALCULS**

- 1. Écrire l'expression littérale : formule utilisée
- 2. Noter le détail du calcul avec les conversions d'unités si nécessaire
- 3. Effectuer le calcul
- 4. Écrire le résultat du calcul sans oublier l'unité et avec le bon nombre de chiffres significatifs
- 5. Faire une phrase de conclusion

### Rédiger les réponses en respectant le point méthode ci-dessus

- 5. Calculer l'énergie (exprimée en joule) consommée par un four micro-onde utilisé à la puissance 800 W pendant 45 s pour chauffer une tasse d'eau.
- 6. Calculer l'énergie (exprimée en joule) consommée par un four en fonction grill à la puissance  $1500 \, W$  pendant 1h30min, pour cuire un poulet.
- 7. Calculer la puissance utile d'un moteur de tournevis électrique fournissant 780 J durant 4,0 s.

### **Exercice 3: Conversion**

<u>Remarque</u>: Dans l'habitat on utilise souvent wattheure (Wh) ou le kilowattheure (kWh)

Puissance	× =	Energie
1 W	1 h	1
		1  kWh

Conversions en joule : 1 Wh =

 $1 \, kWh =$ 

1. Calculer l'énergie (exprimée en kWh) consommée par un fer à repasser de puissance 900~W utilisé pendant 2h~15~min.

### 2. Compléter le tableau

E(J)	5000			
E(kWh)			4	
P (W)		1250	2000	100
t	40 s	3 h30 min		4 jours

### **Exercice 4: Le rendement et les pertes**

Le moteur du tournevis (d'énergie utile 780 J) consomme une puissance électrique de 285 W pendant 4,0 s.

- 1. Calculer l'énergie électrique consommée par le moteur.
- 2. Rappeler la formule du rendement :
- 3. En déduire le rendement de ce moteur.
- 4. Calculer l'énergie perdue.
- 5. Après une utilisation de quelques minutes on s'aperçoit que le moteur dégage de la chaleur. Justifier cette observation.

### Exercice 5: La puissance des appareils domestiques



1. Calculer le coût d'un spot extérieur fonctionnant pendant 4 heures (hors abonnement le prix TTC du kWh est voisin de  $0.14 \in .$ )

### Exercice 6: Exercice résolu

Les moteurs alimentés par une tension de 750 V d'une rame de métro sont alimentés par un courant d'intensité qui varie linéairement pour que les accélérations et les décélérations ne soient pas trop brutales et gênantes pour les passagers.

Entre 0 s et t = 100 s, l'intensité du courant augmente de 0 A à 2 000 A, puis décroit de 2 000 A à 0 A entre t = 100 s et t = 200 s.

- 1. Tracer la courbe représentant l'intensité du courant que reçoit le moteur.
- **2.** Rappeler la relation permettant de calculer la puissance instantanée  $P_{instantanée}$  absorbée par les moteurs de cette rame de métro.
- 3. Tracer la courbe représentant la puissance absorbée par les moteurs de cette rame de métro
- **4.** En déduire l'énergie consommée par cette rame de métro durant la phase d'accélération.

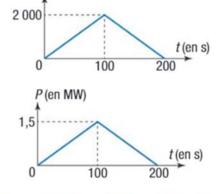


# Solution rédigée

- 1. Graphique ci-contre.
- La relation permettant de calculer la puissance instantanée est :

$$P_{\text{instantanée}} = U \times I(t)$$

**3.** La courbe représentant la puissance absorbée par les moteurs de cette rame de métro est donnée ci-contre.



I (en A)

**4.** On détermine l'aire sous la courbe dans l'intervalle [0 s ; 100 s], soit l'aire d'un triangle rectangle, c'est-à-dire la moitié de l'aire d'un rectangle. L'aire est alors de  $(1,5 \times 10^6 \times 100)/2 = 7,5 \times 10^7$ , soit une énergie consommée de  $7,5 \times 10^7$  J.

### Aide

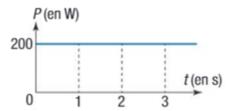
2. Se rappeler du cours et de la définition de la puissance.

4. L'énergie absorbée est égale à l'aire sous la courbe. L'aire d'un triangle est donnée par :

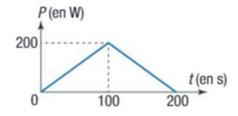
$$A = \frac{\text{base} \times \text{hauteur}}{\text{hauteur}}$$

### Exercice 7 : Calcul de l'énergie

- 1. Rappeler l'expression permettant de calculer l'énergie échangée à partir de la puissance.
- **2.** Dans chacun des cas suivants déterminer l'énergie échangée par le convertisseur.
- **a)** Entre t = 1 s et t = 3 s.

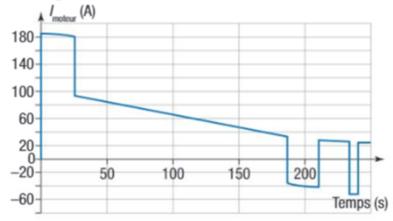


**b)** Entre t = 100 s et t = 200 s.



### Exercice 8 : Installation de levage

La courbe ci-dessous indique l'intensité du courant d'alimentation d'un moteur dans une installation industrielle de levage fonctionnant à tension constante 400 V.



- a) Tracer la courbe de la puissance absorbée par le moteur en fonction du temps.
- **b)** Rappeler la relation permettant de déterminer l'énergie absorbée à partir de la courbe de puissance.
- **c)** En déduire l'énergie absorbée par le moteur entre t = 0 s et t = 25 s.
- **d)** Faire de même entre t = 25 s et t = 180 s.

### Sujet Type Bac:

Un abonné EDF reçoit la facture suivante :

### Monsieur XXXXXXXXX

Montant à régler Avant le 97.57€ 02.09.11

### Consommations

Facture intermédiaire Index estimés

ELECTRICITE TARIF bleu HC Heures creuses HP Heures pleines

Nouveau	Ancien Différer	
relevé	relevé	е
24913	24391	522
65776	65507	269

### Conso en kWh 522 269

### Détails de la facturation hors taxes

ELECTRICITE TARIF bleu PUISSANCE 6 kVA (kW)

- Abonnement

94.06€/ an du 13.06.11 au 13.08.11.

- Consommation HC du 07.06.97 au 16.08.97.
- Consommation HP du 07.06.97 au 16.08.97.

	ъ.		
Consom.	Prix	Montant	Total
en kWh.	unitaire	TTC en €	TTC par
	en €		tarif en €
		15.68	15.68
522	0.0893	46.62	
269	0.1311	35.27	81.89

Total de la facture 97.57 €

Cet abonné a une installation monophasée fournissant une tension nominale U<sub>N</sub> = 230 V.

Tous les calculs demandés par la suite peuvent être fait comme si l'installation était alimentée en tension continue de valeur U = 230 V.

- 1. Quelle est l'intensité nominale du compteur d'électricité de cet abonné : 15 A 20 A 30 A 40 A 50 A ? Justifier votre réponse.
- 2. Pour vérifier cette facture, l'abonné fait une estimation journalière moyenne de sa consommation. Il estime :
  - Dispositif d'éclairage → L<sub>1</sub> 100 W fonctionnant pendant 3 h.
    - $\rightarrow$  L<sub>2</sub> 100 W fonctionnant pendant 1 h.
    - $\rightarrow$  L<sub>3</sub> 150 W fonctionnant pendant 2 h.
    - $\rightarrow$  L<sub>4</sub> 100 W fonctionnant pendant 1 h. 30 min.

Tous les dispositifs d'éclairage fonctionnent pendant les heures dites "pleines".

- Machine à laver le linge  $\rightarrow$  2200 W fonctionnant pendant 30 min. en heures dites "creuses".
- Four électrique → 3000 W fonctionnant pendant 30 min. en heures dites "pleines".
- Chauffe-eau électrique → 2500 W fonctionnant pendant 3 h. en heures dites "creuses".
- -Réfrigérateur  $\rightarrow$  1.4 kWh. / jour dont 30 % en heures dites "creuses".
- Appareils électriques divers → 500 W fonctionnant pendant 2 h. en heures dites "pleines".

- 2.1) Quelle est, d'après l'estimation de cet abonné, sa consommation d'énergie électrique journalière en heures dites "pleines" (on travaillera en kW.h) ?
- 2.2) Quel serait, d'après l'estimation de cet abonné, le coût de l'énergie électrique consommée en heures "pleines" pour la période prise en compte par la facture reçue ?
- 2.3) L'abonné a-t-il sur ou sous estimé sa consommation d'énergie électrique en heures dites "pleines" ? Justifier votre réponse.
- 2.4) Quel serait, d'après l'estimation de cet abonné, le coût de l'énergie électrique consommée en heures "creuses" pour la période prise en compte par la facture reçue (on travaillera en kW.h pour l'unité de l'énergie) ?
- 2.5) L'abonné a-t-il sur ou sous estimé sa consommation d'énergie électrique en heures dites "creuses" ? Justifier votre réponse.
- 3. La machine à laver le linge de cet abonné possède 2 moteurs électriques principaux :
  - → Moteur M<sub>1</sub>: moteur d'entraînement du tambour tel que P<sub>absorbée</sub> = 900 W.
  - $\rightarrow$  Moteur M<sub>2</sub>: moteur d'entraînement de la pompe tel que P<sub>utile</sub> = 80 W.
- 3.1) En admettant que le moteur d'entraînement du tambour a un rendement moyen de 75 %, quelle est la puissance utile qu'il fournit ?
- 3.2) En admettant que la pompe entraînée par le moteur  $M_2$  a un rendement de 0.7 et que le moteur  $M_2$  absorbe une puissance de 100 W, évaluer :
  - 3.2.1) le rendement du moteur M<sub>2</sub> entraînant la pompe.

compteur d'énergie électrique fonctionne correctement ?

- 3.2.2) la puissance utile pour évacuer l'eau de la machine à laver le linge.
- 4. L'abonné souhaite vérifier le bon fonctionnement de son compteur d'énergie électrique. Pour ce faire il relève sur son compteur d'énergie électrique l'information suivante : **2 Wh./tour de disque**. Tous les autres appareils électriques sont déconnectés. Il compte alors, pendant 3 minutes, le nombre de tours effectués par le disque de son compteur d'énergie électrique. Que doit-il trouver pour affirmer que son