

# BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

## SESSION 2014

Série STI2D

Série STL spécialité sciences physiques et chimiques en laboratoire

PHYSIQUE-CHIMIE
-----------------

Durée : 3 heures

Coefficient : 4

### **CALCULATRICE AUTORISÉE**

*L'emploi de toutes les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique est autorisé à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'elles ne soient pas connectables à un réseau.*

**Ce sujet comporte 12 pages numérotées de 1/12 à 12/12.**

Avant de composer, assurez-vous que l'exemplaire qui vous a été remis est bien complet.

**Les pages 11/12 et 12/12 où figurent les documents réponses sont à rendre avec la copie.**

Lors des applications numériques, les résultats seront donnés avec un nombre de chiffres significatifs cohérent avec ceux de l'énoncé et une attention particulière sera portée aux unités utilisées.

La clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviendront dans l'appréciation des copies.

Les parties du sujet sont indépendantes et peuvent être traitées séparément dans l'ordre choisi par le candidat.

## **SUR UN BATEAU DU VENDÉE GLOBE**

Le Vendée Globe est une célèbre course autour du monde à la voile en solitaire sans escale et sans assistance dont le départ et l'arrivée se font aux Sables d'Olonne, en Vendée (façade atlantique de la France métropolitaine).

Cette course qui se pratique sur des voiliers de la classe IMOCA 60 (monocoques de 18 mètres) est évidemment un moment fort pour tous les passionnés de voile, mais pas seulement.

Chaque nouvelle édition est l'occasion de s'intéresser aux récentes innovations technologiques dans la conception et dans l'équipement des voiliers même si un cahier des charges précis permet d'assurer une équité entre les concurrents.

Nous nous intéresserons particulièrement ici à l'équipement électrique embarqué à bord de ces voiliers et aux solutions envisagées pour l'alimenter en énergie.

La solution classique est d'utiliser un moteur Diesel associé à un alternateur pour recharger des batteries, mais lors de la dernière édition dont le départ a eu lieu en novembre 2012, le Vendée Globe a présenté un nouveau défi : diminuer l'utilisation de gasoil en s'appuyant sur les sources d'énergie naturelles et ainsi contribuer à **la recherche et au développement de solutions durables et responsables**.

Ce sujet traite donc des besoins en énergie électrique lors de la course et des solutions envisagées pour produire cette énergie, puis il porte sur l'étude de quelques appareils indispensables à bord.

**Les trois parties du sujet sont indépendantes.**

**Partie A : besoins en énergie électrique et solution du moteur Diesel.**

**Partie B : étude de modes de production d'énergie plus « propres ».**

**Partie C : étude de quelques appareils indispensables à bord.**

## **PARTIE A : BESOINS EN ÉNERGIE ÉLECTRIQUE ET SOLUTION DU MOTEUR DIESEL.**

Sur un voilier participant à la course, le (ou la) skipper dispose de divers appareils nécessitant une alimentation en énergie électrique. Ainsi, on trouve :

- un dessalinisateur pour produire de l'eau douce à partir de l'eau de mer (indispensable pour avoir de l'eau douce pendant les 80 à 100 jours de course) ;
- un système de pilotage automatique (qui fonctionne pendant près de 90% du temps : le (ou la) skipper ne prend les commandes que pour les changements de cap et peut pendant le reste du temps s'occuper des multiples tâches utiles à bord) ;
- un ordinateur de bord, un système de localisation (G.P.S.) et un système de communication (radio) ;
- des lampes intérieures et feux de signalisation extérieurs.

La solution classique pour disposer d'énergie électrique à bord est d'utiliser un moteur Diesel (qui ne doit pas servir à la propulsion du bateau) couplé à un alternateur pour recharger les batteries.

### **A.1 Besoins en énergie électrique**

Le **document ressource n°1 page 8/12** donne les ordres de grandeurs des puissances et des durées de fonctionnement par jour pour les différents postes de consommation.

- A.1.1** Rappeler la relation entre l'énergie  $E$  (en wattheures) consommée par un appareil, sa puissance  $P$  (en watt) et la durée de fonctionnement  $\Delta t$  (en heure).
- A.1.2** Calculer l'énergie absorbée par chaque poste de consommation ainsi que l'énergie pour l'ensemble des postes et compléter le **document réponse n°1 page 11/12**.

### **A.2 Le moteur Diesel**

**A.2.1** Analyser le **document ressource n°2 page 8/12** puis répondre aux questions suivantes :

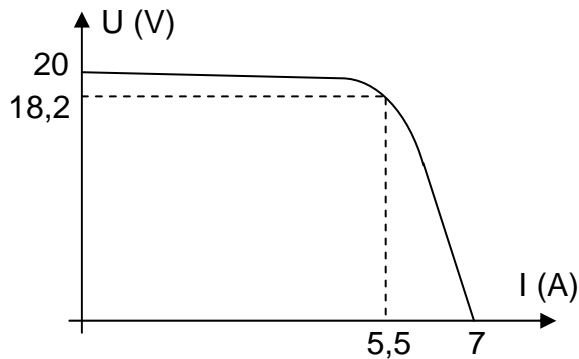
- A.2.1.1** Donner la signification des pictogrammes que l'on trouve sur la fiche technique du gasoil.
- A.2.1.2** Lors de quel temps du cycle de fonctionnement du moteur Diesel y a-t-il libération d'énergie par le mélange « air + combustible » ?
- A.2.1.3** À quelle valeur particulière la température du mélange « air-combustible » doit-elle être supérieure à la fin de l'injection ? Justifier.
- A.2.2** L'un des hydrocarbures que l'on trouve dans le gasoil est le dodécane de formule chimique  $C_{12}H_{26}$ .  
Réécrire sur la copie, en l'équilibrant, l'équation de la combustion complète du dodécane dans le dioxygène de l'air, sans indiquer les états de la matière.  
$$\dots C_{12}H_{26} + \dots O_2 \rightarrow \dots CO_2 + \dots H_2O$$

## **Partie B : ÉTUDE DE MODES DE PRODUCTION D'ÉNERGIE PLUS « PROPRES ».**

Lors de la dernière édition du Vendée Globe, l'intégralité de la flotte était équipée d'au moins un système de production énergétique alternatif que sont les éoliennes, les panneaux solaires ou les hydrogénérateurs.

### **B.1 Panneaux photovoltaïques**

On donne la caractéristique tension-courant des panneaux utilisés pour un rayonnement de puissance  $P_{\text{rayonnement}} = 1000 \text{ W.m}^{-2}$ .



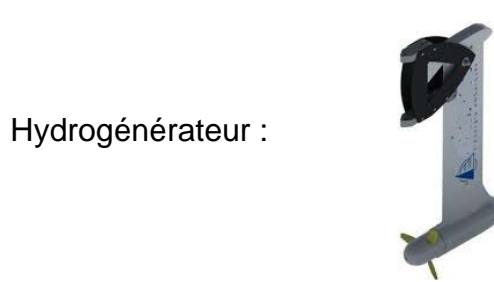
- B.1.1** Sachant que les valeurs nominales correspondent au point de fonctionnement pour lequel la puissance fournie par le panneau photovoltaïque est maximale, compléter le tableau des valeurs caractéristiques sur le **document réponse n°2 page 11/12**.
- B.1.2** Calculer la puissance maximale  $P_{\text{MAX}}$  d'un panneau photovoltaïque pour les conditions de rayonnement indiquées.
- B.1.3** La surface de ce panneau est  $S = 0,556 \text{ m}^2$ . Calculer la puissance reçue, notée  $P_{\text{reçue}}$ , dans les conditions de rayonnement indiquées.
- B.1.4** Compléter le schéma du bilan de puissance du panneau photovoltaïque sur le **document réponse n°3 page 11/12**.
- B.1.5** Indiquer de quelle(s) nature(s) sont les pertes pour un panneau photovoltaïque.
- B.1.6** L'énergie électrique nécessaire par jour à bord du voilier est  $E_{\text{jour}} = 4,00 \text{ kW.h}$ . De plus, la valeur de la puissance produite par mètre carré de panneau est  $P = 180 \text{ W.m}^{-2}$  pour un rayonnement de puissance  $1000 \text{ W.m}^{-2}$ .
- B.1.6.1** Calculer l'énergie  $E_{\text{panneau}}$  produite par un mètre carré de panneau pour une journée proposant 5 heures d'un rayonnement supposé équivalent à  $1000 \text{ W.m}^{-2}$ .
- B.1.6.2** En déduire la surface de panneaux devant être installée sur le bateau.
- B.1.6.3** Quels paramètres peuvent influencer sur l'énergie produite par ces panneaux solaires photovoltaïques ?

## B.2 Éolienne ou hydrogénérateur

Sur les vingt bateaux au départ de la dernière édition du Vendée Globe, six étaient équipés d'une ou deux éoliennes à axe horizontal et tous étaient équipés d'un ou deux hydrogénérateurs.

L'éolienne est placée sur le pont du voilier. Son rotor est mis en rotation par le vent et le rotor est couplé à un alternateur qui produit ainsi de l'électricité.

L'hydrogénérateur est une hélice immergée placée à l'arrière et mise en mouvement par le déplacement du voilier. Cette hélice, comme pour l'éolienne, est reliée à un alternateur pour produire de l'électricité.



**B.2.1** En utilisant certaines des propositions données ci-dessous, compléter les chaînes de conversion d'énergie « éolienne vers batterie » et « hydrogénérateur vers batterie » sur le **document réponse n°4 page 12/12**.  
Propositions :

électrique, chimique, nucléaire, mécanique, vent, voilier en mouvement, convertisseur alternatif-continu, convertisseur continu-alternatif.

**B.2.2** Analyser le **document ressource n°3 page 9/12** puis répondre aux questions suivantes :

**B.2.2.1** Quelle première conclusion peut-on faire sur le choix entre l'utilisation d'une éolienne ou d'un hydrogénérateur ?

**B.2.2.2** Estimer l'ordre de grandeur de la puissance moyenne que peut fournir un hydrogénérateur et montrer que celui-ci permet de couvrir les besoins énergétiques journaliers sur le voilier.

Rappel : l'énergie nécessaire par jour à bord du voilier est  $E_{\text{jour}} = 4,00 \text{ kW.h}$

**B.2.3** Analyser les **documents ressources n°3 et n°4 page 9/12** puis répondre aux questions suivantes :

**B.2.3.1** De quel type de vent (réel, vitesse ou apparent) dépendent les performances d'une éolienne ? Justifier.

**B.2.3.2** D'après le graphique du **document ressource n°3 page 9/12**, indiquer les jours pendant lesquels la production d'énergie de l'éolienne ne suit pas la même évolution que celle de l'hydrogénérateur.

**B.2.3.3** Pour ces jours, quelle allure suivie par le voilier (près, vent de travers, large ou vent arrière) pourrait expliquer cette différence de production entre l'éolienne et l'hydrogénérateur ? Justifier.

## **PARTIE C : ÉTUDE DE QUELQUES APPAREILS INDISPENSABLES À BORD.**

### **C.1 La batterie**

Tous les concurrents disposent d'une ou plusieurs batteries à bord. Celles-ci sont du type accumulateur au plomb ou du type accumulateur lithium-ion.

#### **C.1.1 Décharge d'une batterie au plomb.**

**C.1.1.1** Rappeler la définition d'un oxydant et d'un réducteur.

**C.1.1.2** Compléter le schéma du **document réponse n°5 page 12/12** en indiquant :

- le sens de circulation des électrons à l'extérieur de la batterie,
- le sens conventionnel du courant à l'extérieur de la batterie,
- les bornes + et – de la batterie,
- le nom de la réaction (oxydation ou réduction) ayant lieu sur chacune des électrodes.

**C.1.1.3** Écrire l'équation de la réaction globale lors de la décharge.

#### **C.1.2** On dispose d'une batterie au plomb 12 V – 160 A.h.

**C.1.2.1** Quelle grandeur physique représente l'indication 160 A.h ?

**C.1.2.2** Calculer l'énergie  $E_{\text{batterie}}$  stockée dans cette batterie lorsqu'elle est entièrement chargée.

**C.1.2.3** À partir du **document ressource n°5 page 10/12**, calculer la masse minimale d'une telle batterie.

**C.1.2.4** À partir du **document ressource n°5 page 10/12**, justifier l'intérêt de changer de technologie pour utiliser une batterie lithium-ion.

### **C.2 Le dessalinisateur**

Le dessalinisateur permet de dessaler l'eau de mer afin de disposer d'eau douce à bord. Le **document ressource n°6 page 10/12** donne les caractéristiques du dessalinisateur choisi.

**C.2.1** Pour une course de 100 jours et des besoins de 10 litres par jour, quelle masse d'eau devrait être embarquée au départ s'il n'y avait pas de moyen de production d'eau douce à bord ? Commenter.

On rappelle la masse volumique de l'eau :  $\rho = 1000 \text{ kg.m}^{-3}$

**C.2.2** Calculer le volume minimal d'eau douce produit par le dessalinisateur pour 2,00 heures de fonctionnement. Commenter ce résultat.

**C.2.3** Dans le système international d'unités, un débit volumique doit être exprimé en  $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ .

Convertir la valeur  $5,7 \text{ L} \cdot \text{h}^{-1}$  en  $\text{m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$ , puis exprimer le débit volumique  $D_V$  sous la forme :  $D_V = D_{V\text{moy}} \pm \Delta D_V$

$D_{V\text{moy}}$  est le débit volumique moyen

$\Delta D_V$  est la tolérance sur le débit volumique

### **C.3 Le récepteur G.P.S.**

Tout participant à la course possède un récepteur G.P.S. à bord.

Le terme « **Global Positioning System (G.P.S.)** » peut être traduit en français par « système de localisation mondial ».

Ce système est basé sur l'utilisation de nombreux satellites (situés à environ 20000 km de la Terre) qui émettent en permanence des ondes sur des fréquences de 1 575,42 MHz (pour le domaine civil) et 1 227,60 MHz (pour le domaine militaire).

Ces ondes électromagnétiques contiennent les informations nécessaires au calcul de la position des satellites.

Le récepteur G.P.S. peut, grâce à ces informations, calculer la distance qui le sépare des satellites, et ainsi connaître ses coordonnées.

**C.3.1** Rappeler la structure d'une onde électromagnétique.

**C.3.2** Sur le **document réponse n°6 page 12/12**, positionner approximativement les ondes électromagnétiques émises par les satellites du système G.P.S. pour le domaine civil et pour le domaine militaire.

**C.3.3** Rappeler la relation entre la fréquence  $f$ , la longueur d'onde  $\lambda$  et la célérité  $c$  d'une onde électromagnétique.

**C.3.4** Calculer la longueur d'onde  $\lambda$  pour une onde électromagnétique de fréquence  $f = 1575,42 \text{ MHz}$ .

On rappelle la valeur de la célérité :  $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

**C.3.5** Une information envoyée par un des satellites est reçue par le récepteur G.P.S. positionné sur le bateau avec un retard  $\Delta t = 70,0 \text{ ms}$ .

Calculer la distance  $d$  séparant le satellite du voilier, et vérifier que cette distance est plausible.

## Document ressource n°1 :

Exemples de besoins des différents postes de consommation d'énergie électrique à bord d'un voilier lors de la course du Vendée Globe :

Postes de consommation d'énergie électrique	Puissance en watts (W)	Durée de fonctionnement par jour en heure (h)
Poste 1 : Dessalinisateur	50	2,0
Poste 2 : Pilotage automatique	40	20
Poste 3 : Ordinateur + GPS + radio	80	24
Poste 4 : Éclairage intérieur	40	12
Poste 5 : Feux de signalisation	70	10

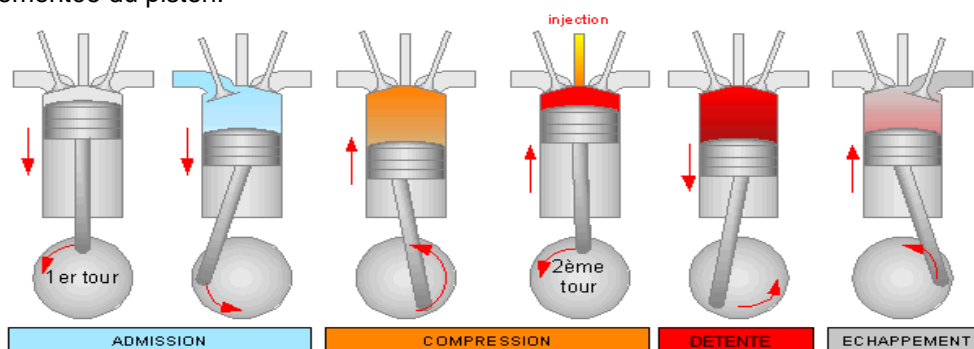
## Document ressource n°2 : Fonctionnement du moteur Diesel

Le moteur Diesel est constitué de pistons coulissants dans des cylindres, fermés par une culasse reliant les cylindres aux collecteurs d'admission et d'échappement et munie de soupapes.

Son fonctionnement repose sur l'auto-inflammation du gasoil (le carburant) dans de l'air comprimé dans le cylindre, et dont la température est portée de 600 °C à 1 500 °C environ. Sitôt le carburant injecté, celui-ci s'enflamme. En brûlant, le mélange augmente fortement la température et la pression dans le cylindre, repoussant le piston.

Les quatre temps du cycle Diesel sont :

1. **admission** d'air par l'ouverture de la soupape d'admission et la descente du piston.
2. **compression** de l'air par remontée du piston, la soupape d'admission étant fermée.
3. **injection - combustion - détente** : peu avant le point mort haut on introduit, par un injecteur, le carburant qui se mêle à l'air comprimé. La combustion rapide qui s'ensuit constitue le temps moteur, les gaz chauds repoussent le piston.
4. **échappement** des gaz brûlés par l'ouverture de la soupape d'échappement, poussés par la remontée du piston.



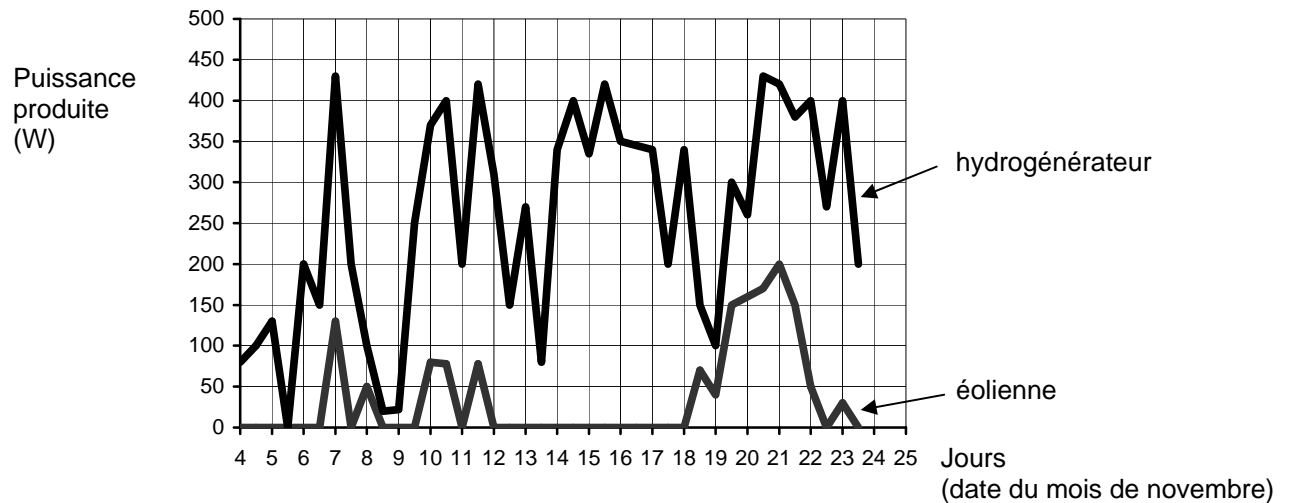
## Fiche technique du gasoil :

COMPOSITION	MÉLANGE D'HYDROCARBURES ET ADDITIFS
Masse volumique à 15°C	800 - 910 kg/m <sup>3</sup>
T° d'auto-inflammation	225 °C
Précautions	



### Document ressource n°3 :

Relevé comparatif des puissances fournies par une éolienne et un hydrogénérateur placés sur un monocoque de 18 mètres lors d'une course transatlantique :



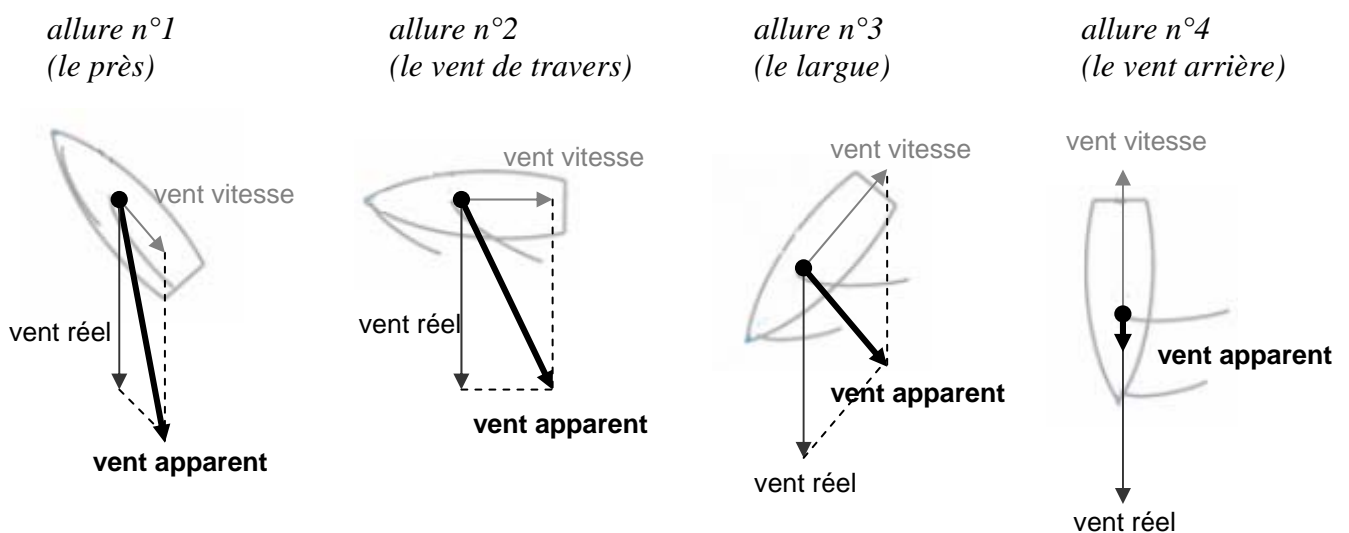
### Document ressource n°4 :

Quelques notions de voile (source : [www.cours-voile.fr](http://www.cours-voile.fr))

Pour comprendre les mécanismes liés au vent, il est nécessaire de distinguer trois notions :

- **le vent réel** est le vent généré par les différences de pressions atmosphériques ainsi que les effets de site. C'est le vent que la météo tente de prédire et que ressent un observateur fixe.
- **le vent vitesse** est le vent créé par le mouvement du bateau. Il peut être modélisé simplement par un vecteur opposé au vecteur vitesse.
- **le vent apparent** est la somme des deux composantes « vent réel » et « vent vitesse ». Il s'agit du vent que l'on ressent sur le bateau en mouvement.

Le schéma ci-dessous représente les vecteurs « vent réel », « vent vitesse » et « vent apparent » pour quatre allures différentes. En voile, l'allure est le cap (direction) tenu par le bateau par rapport au vent réel. Ces quatre allures sont classées par ordre croissant de la vitesse du voilier.



### Document ressource n°5 :

Tableau de comparaison entre l'accumulateur au plomb et l'accumulateur Lithium ion

Type d'accumulateur	Énergie massique (W.h.kg <sup>-1</sup> )	Énergie volumique (W.h.dm <sup>-3</sup> )
Plomb	30-40	70-100
Lithium ion	100-200	200-400

### Document ressource n°6 :

Caractéristiques du dessalinisateur

Tension d'alimentation	12V
Puissance	50W
Débit volumique	5,7 L.h <sup>-1</sup> ± 15%
Dimensions (en cm)	17,2 x 41,9 x 39,4
Poids	11,3 kg
Rejet de sel	96% minimum
Technologie	Osmose inversée



## DOCUMENTS REPONSES

(à rendre avec la copie)

### Document réponse n°1 :

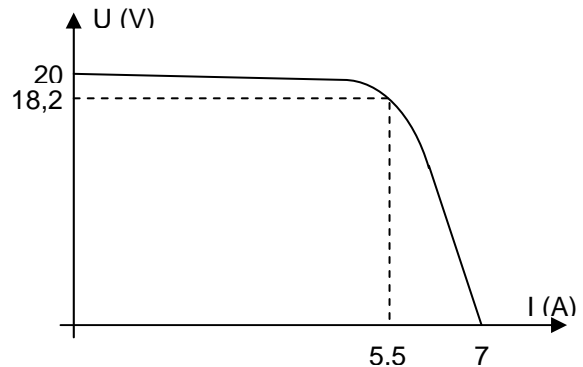
Postes de consommation d'énergie électrique	Puissance en watts (W)	Durée de fonctionnement par jour en heures (h)	Énergie consommée par jour en wattheures (W.h)
Poste 1 : Dessalinisateur	50	2	
Poste 2 : Pilotage automatique	40	20	
Poste 3 : Ordinateur + GPS + radio	80	24	
Poste 4 : Éclairage intérieur	40	12	
Poste 5 : Feux de signalisation	70	10	
Ensemble des postes			

### Document réponse n°2 : Caractéristiques des panneaux solaires photovoltaïques

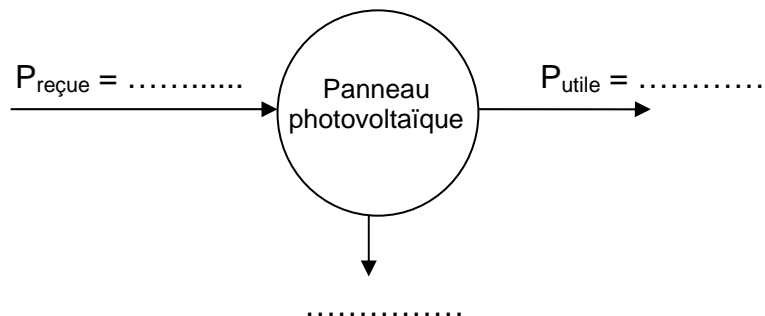
Valeurs caractéristiques : (à compléter)

Tension nominale	
Intensité nominale	
Tension à vide	
Intensité de court-circuit	

Caractéristique tension - courant :



### Document réponse n°3 : Bilan de puissance du panneau photovoltaïque

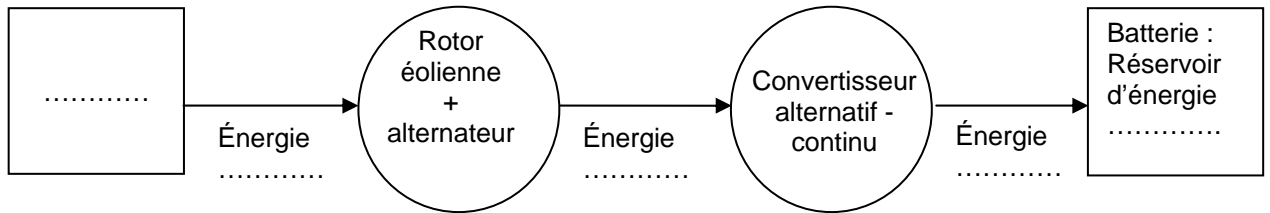


## DOCUMENTS REPONSES

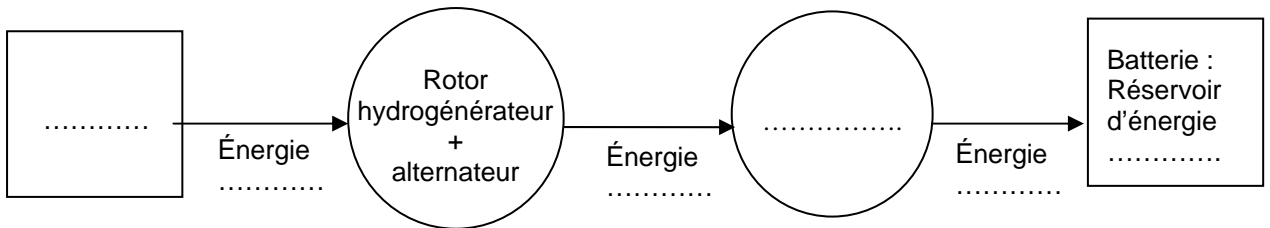
(à rendre avec la copie)

### Document réponse n°4 :

Chaîne de conversion « éolienne vers batterie »

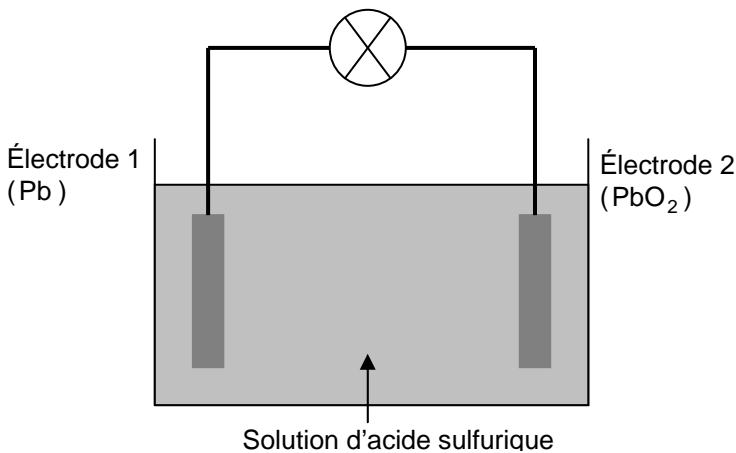


Chaîne de conversion « hydrogénérateur vers batterie »

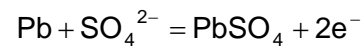


### Document réponse n°5 :

Décharge d'une batterie au plomb (fonctionnement lorsque la batterie fournit de l'énergie à un récepteur électrique)

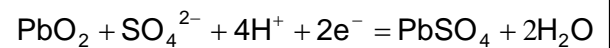


Électrode 1 :



nom de la réaction :

Électrode 2 :



nom de la réaction :

### Document réponse n°6 :

Spectre électromagnétique. Les différents domaines regroupent des ondes aux propriétés similaires.

