

NAVIGUER À LA VOILE

Partie A : bilan énergétique d'un voilier et choix d'un « mix » énergétique

A.1.

A.1.1. Il s'agit du domaine électronique qui consomme le plus d'énergie. L'énergie consommée est de 1191 W.h

A.1.2. La relation entre ces grandeurs est :

$$E = P \times \Delta t$$

E : énergie en joules (J)

P : puissance en watt (W)

Δt : durée en secondes (s)

A.1.3 On a la relation :

$$E = P \times \Delta t$$

$$P = \frac{E}{\Delta t} = \frac{2397}{24} = 100 \text{ W}$$

A.2.

Pour chaque projet, il est demandé de choisir (en plaçant des croix) deux systèmes de production d'énergie parmi les trois possibles. En tout dans le tableau, quatre croix devront donc apparaître.

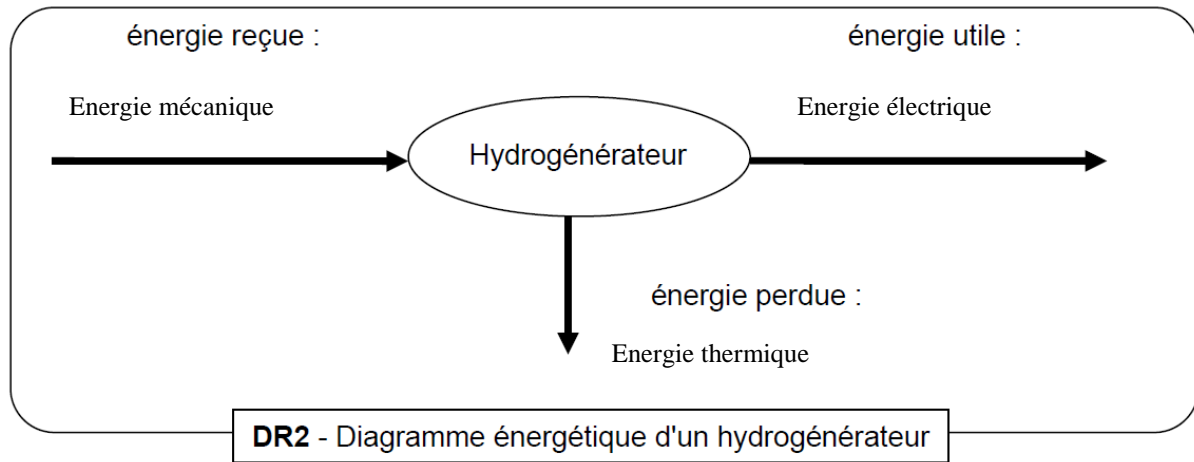
| | Systèmes de production | | |
|--|------------------------|----------------|-----------------|
| | Panneau solaire | Aérogénérateur | Hydrogénérateur |
| <i>Projet n°1</i> Traversée de l'océan Atlantique d'est en ouest, majoritairement par vent venant de l'arrière. | x | | x |
| <i>Projet n°2</i> Croisière près des côtes. Petites étapes de navigation. Chaque nuit sera passée dans un port ou à l'abri dans une crique. | x | x | |

Projet n°1 : L'aérogénérateur est inefficace par vent venant de l'arrière. Or, la traversée de l'océan Atlantique se fait majoritairement par vent venant de l'arrière donc l'aérogénérateur ne convient pas pour ce projet.

Projet n°2 : Le bateau est à l'arrêt chaque nuit et les étapes de navigation sont courtes donc l'hydrogénérateur ne fonctionnerait que très peu, il ne convient pas pour le projet n°2.

PARTIE B : L'hydrogénérateur pour produire de l'énergie

B.1.



B.2.

B.2.1. D'après le document B3, l'hydrogénérateur commence à fournir de la puissance électrique à partir d'une vitesse de 2,8 nœuds.

B.2.2. D'après le document B3, la puissance maximale fournie par l'hydrogénérateur est de 520 W

B.3.

B.3.1 $E = Q \times U = 105 \times 3600 \times 12 = 4,5 \times 10^6 \text{ J} = 4,5 \text{ MJ}$

B.3.2 $E_{\text{tot}} = 4 \times E = 4 \times 4,5 = 18 \text{ MJ}$

B.3.3 D'après le document B3, à la vitesse de 6 nœuds, la puissance moyenne P_{moy} est de 200 W
 $P_{\text{moy}} = 200 \text{ W}$

B.3.4 Toute l'énergie E_{tot} est utilisée pour charger les batteries et on a la relation :

$$E = P \times \Delta t$$

$$\Delta t = \frac{E}{P} = \frac{18 \times 10^6}{200} = 9 \times 10^4 \text{ s} = 25 \text{ h}$$

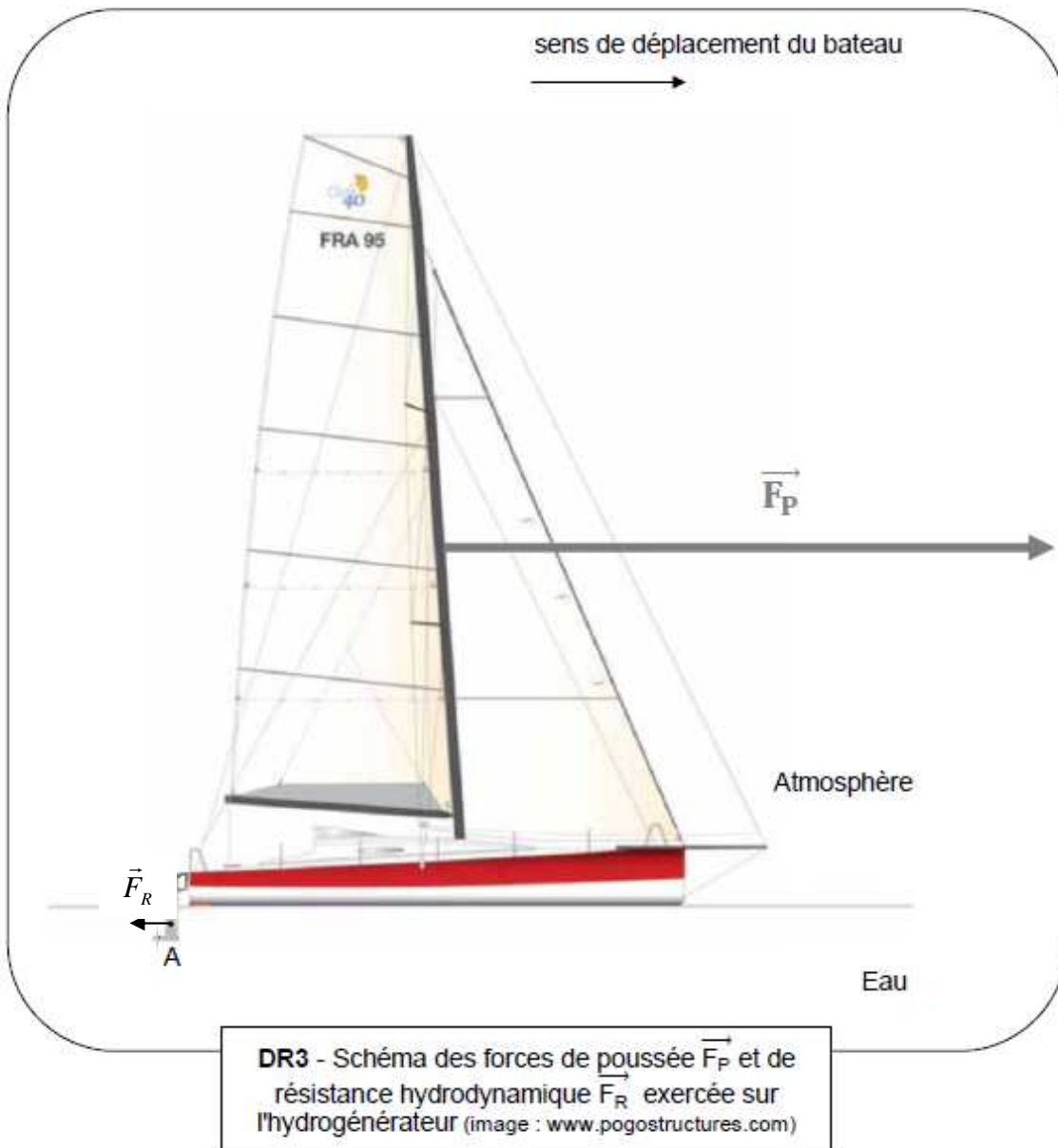
B.3.5 Cette durée de charge paraît acceptable pour le projet envisagé car le temps de charge est de 25 h (en considérant que les batteries sont complètement déchargées, ce qui n'est pas forcément le cas) et la durée de traversée est de 3 semaines donc le temps de charge est bien inférieur à la durée de traversée.

B.4.

B.4.1 La force aérodynamique a pour expression : $F = \frac{1}{2} \rho \times S \times C_x \times v^2$. C'est donc la proposition c qui modélise le mieux l'intensité de la force de résistance hydrodynamique exercée sur l'hydrogénérateur.

B.4.2 D'après la relation précédente, la force de résistance hydrodynamique dépend de C_x donc de la forme de l'hydrogénérateur et de S donc de sa section frontale. Les paramètres a et c ont une influence sur l'intensité de la force de résistance hydrodynamique.

DOCUMENT RÉPONSE
À RENDRE AVEC LA COPIE



Le vecteur représentant \vec{F}_P a une longueur de 10 cm. La force de résistance hydrodynamique \vec{F}_R exercée sur l'hydrogénérateur est, en intensité, 20 fois plus petite que la force exercée par l'air sur la grande voile du bateau \vec{F}_P . Donc Le vecteur représentant \vec{F}_R a une longueur 20 fois plus petite soit de 0,5 cm.

PARTIE C : Le dessalement de l'eau de mer

C.1.

C.1.1. D'après le document C1, la pression de l'eau de mer à atteindre pour faire fonctionner le dessalinisateur doit être de 55 bars soit $5,5 \times 10^6$ Pa.

C.1.2. D'après le principe fondamental de l'hydrostatique :

$$\frac{P_A}{\rho \times g} + z_A = \frac{P_B}{\rho \times g} + z_B$$
$$\frac{P_B}{\rho \times g} = \frac{P_A}{\rho \times g} + z_A - z_B = \frac{P_A}{\rho \times g} + h$$
$$P_B = P_A + \rho \times g \times h$$

avec ρ la masse volumique de l'eau de mer et g l'intensité de la pesanteur.

C.1.3 D'après la question précédente, on a la relation :

$$P_B = P_A + \rho \times g \times h = 1,0 \times 10^5 + 9,8 \times 1040 \times 530 = 5,5 \times 10^6 \text{ Pa}$$

Cette valeur correspond bien à la valeur de la question C.1.1

C.2. On choisit, un acier inoxydable parmi les matériaux constituant le dessalinisateur car en milieu marin (eau salée), la corrosion peut être importante d'où le choix d'un acier inoxydable.

C.3.

C.3.1 D'après le document C3, le pourcentage de dessalement de l'eau annoncé est de 98,4 %. Il reste donc $100 - 98,4 = 1,6$ % de sel restant dans l'eau une fois traitée par ce système.

C.3.2 La concentration massique en sel de l'eau de mer est de 35 g.L^{-1} pour 100 % de sel restant donc pour 1,6 %, la concentration massique en sel de l'eau après traitement sera de :

$$C_m = 35 \times \frac{1,6}{100} = 0,56 \text{ g.L}^{-1}$$

C.3.3 La concentration massique en sel de l'eau après traitement est de $0,56 \text{ g.L}^{-1} = 560 \text{ mg.L}^{-1}$. Cette valeur est supérieure à 410 mg.L^{-1} et est donc impropre à la consommation quotidienne.

Dans le cas où les réserves en eau potable, à bord du bateau, deviennent faibles et ne seraient pas suffisantes pour effectuer toute la traversée, le navigateur devra consommer ponctuellement une partie de l'eau traitée par le dessalinisateur en complément de l'eau potable restant à bord.

C.4.

C.4.1 D'après le document C3, la valeur du débit D de l'eau qui est traitée est de $0,89 \text{ L.h}^{-1} \pm 15\%$. Il s'agit d'un débit volumique car l'unité de ce débit est le litre par heure (L.h^{-1})

C.4.2 Ce débit est donné à $\pm 15\%$ donc il sera compris entre :

$$0,89 - 0,89 \times \frac{15}{100} < D < 0,89 + 0,89 \times \frac{15}{100}$$
$$0,76 \text{ L.h}^{-1} < D < 1,02 \text{ L.h}^{-1}$$

C.4.3 On a la relation :

$$D = \frac{V}{t}$$
$$t = \frac{V}{D} = \frac{3}{0,89} = 3,4 \text{ h}$$

PARTIE D : Le radar

D.1. D'après le document D1, le radar est utilisé lorsqu'il fait nuit, par temps de brouillard, ou quand un navigateur en solitaire doit se reposer.

D.2. D'après le document D1, le phénomène physique à la base du principe de la détection radar est la réflexion des ondes électromagnétiques.

D.3.

D.3.1 D'après le document D2, la fréquence utilisée est de 9410 ± 30 MHz.

D.3.2 $f = 9410$ MHz = $9,41 \times 10^9$ Hz. D'après le document D3, ces ondes se situent dans le domaine des micro-ondes.

D.3.3 La longueur d'onde d'une onde électromagnétique est la distance parcourue par l'onde pendant une durée correspondant à une période.

D.3.4 La relation entre ces trois grandeurs est :

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

avec λ : longueur d'onde exprimée en mètres (m).
 c : vitesse de la lumière (m.s^{-1})
 f : fréquence en hertz (Hz)

D.3.5 D'après la question précédente, on a la relation :

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3 \times 10^8}{9,41 \times 10^9} = 0,032 \text{ m} = 3,2 \text{ cm}$$

D.3.6 D'après le document D1, seuls les objets dont la taille est supérieure ou égale à l'ordre de grandeur de la longueur d'onde seront visibles. Or la taille du bateau (10 m) est bien supérieure à celle de la longueur d'onde donc il est possible de détecter, grâce au radar, la présence d'un bateau.

D.4. On veut un rafraîchissement toutes les 1,5 s de l'écran, donc l'antenne doit faire 1 tour en 1,5 s. Donc pour 60 s (1 minute) il devra effectuer :

$$\frac{1 \times 60}{1,5} = 40 \text{ tr. min}^{-1}$$

La vitesse de rotation de l'antenne devra être fixée à 41 tours.min⁻¹.

D.5. On se place dans la situation la plus défavorable, c'est à dire, après le dernier tour d'horizon du radar le chalutier se situe exactement à 5 km du voilier et n'a pas été repéré. On calcule donc le temps mis par ce chalutier pour effectuer la distance de 5 km entre le voilier et le chalutier à la vitesse de 10 nœuds (le voilier étant à l'arrêt). On a la relation :

$$v = \frac{d}{t} \quad \text{donc} \quad t = \frac{d}{v} = \frac{5}{18,5} = 0,28 \text{ h} = 16,2 \text{ min}$$

Donc l'intervalle de temps de 20 minutes est trop grand car le chalutier peut entrer en collision avec le voilier sans que le chalutier soit repéré par le radar du voilier (il faut 16,2 minutes au chalutier pour effectuer la distance de 5 km). Il peut donc choisir les intervalles de temps de 5 ou 10 minutes.