

Le passeur fluvial Nouch

PARTIE A - LES BATTERIES LITHIUM FER PHOSPHATE ET LES CAPTEURS PHOTOVOLTAÏQUES

A.1. Intérêt des batteries lithium fer phosphate (LFP)

A.1.1 Avantages et inconvénients des batteries lithium fer phosphate

Les avantages des batteries lithium fer phosphate sont :

- les plus sûres parmi les batteries au « lithium-ion » traditionnelles
- Il n'est pas nécessaire de charger complètement une batterie LFP
- la durée de vie s'améliore même légèrement en cas de charge partielle au lieu d'une charge complète
- large plage de température d'exploitation
- une résistance interne faible
- n'a aucun impact environnemental et ne possède pas de polluant
- une durée de vie en nombre de cycles plus importante que les autres batteries

Les inconvénients des batteries lithium fer phosphate sont :

- le coût élevé par rapport aux batteries
- l'énergie stockée n'est pas la plus importante de toutes les batteries

A.1.2 Représentation du schéma électrique d'une batterie LFP de 12,8 V constituée de cellules de 3,2 V, chacune symbolisée par un générateur de courant continu.

D'après le document A1, une batterie LFP de 12,8 V est composée de 4 cellules connectées en série. La représentation est donc :

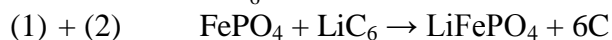
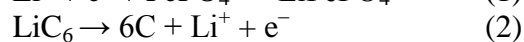
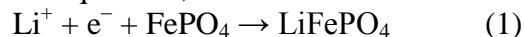


A.2. Fonctionnement de la batterie LFP

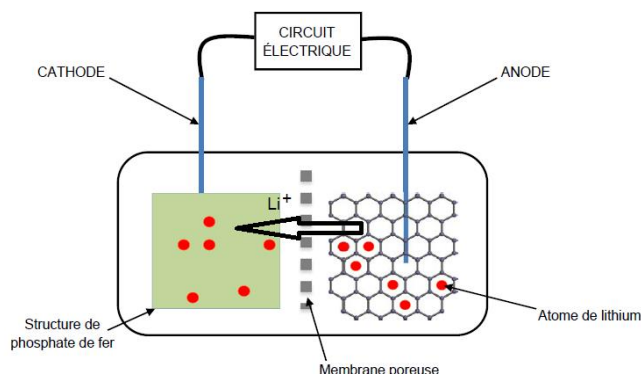
A.2.1 A la cathode, il se produit une réduction et à l'anode, il se produit une oxydation.

A.2.2 Equation bilan de fonctionnement de la batterie en décharge.

A partir des demi-équations, on a :

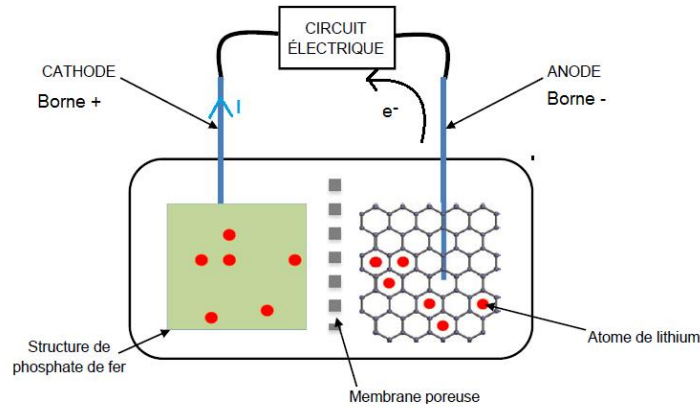


A.2.3 Trajet des ions lithium, Li^+ , à travers la membrane séparant les deux compartiments de la batterie, pendant le fonctionnement en décharge.



A.2.4 Sens des électrons dans le circuit électrique, le sens du courant électrique ainsi que la polarité des électrodes.

D'après les demi-équations, les électrons arrivent à la cathode et partent de l'anode.



A.3 Les panneaux photovoltaïques

A.3.1 D'après le tableau proposé, l'unité donnée pour la capacité est le kW.h donc le terme exact à utiliser est l'énergie. Dans la deuxième ligne de ce tableau, pour le poids, l'unité utilisée est le kg donc le terme exact à utiliser est la masse.

A.3.2 Calcul de l'énergie électrique produite par l'installation photovoltaïque du passeur NOUCH par jour.

D'après le document A4, la surface des panneaux photovoltaïques est de 16 m² et d'après l'énoncé, la production moyenne des cellules photovoltaïques de 600 Wh.m⁻² par jour. Donc l'énergie électrique produite est de :

$$E_{\text{électrique}} = 600 \times 16 = 9600 \text{ Wh} = 9,6 \text{ kWh}$$

A.3.3 Définition du rendement, η , des cellules photovoltaïques.

Le rendement η des cellules photovoltaïques est le rapport de l'énergie électrique produite sur l'énergie lumineuse reçue. On a la relation : $\eta = \frac{E_{\text{électrique}}}{E_{\text{lumineuse}}}$

Calcul du rendement des cellules photovoltaïques.

D'après le document A5, l'énergie lumineuse reçue aux Sables d'Olonnes est de 3,8 kWh.m⁻² par jour.

$$E_{\text{lumineuse}} = 3,8 \times 16 = 60,8 \text{ kWh}$$

D'après la relation précédente :

$$\eta = \frac{E_{\text{électrique}}}{E_{\text{lumineuse}}} = \frac{9,6}{60,8} = 0,16 \text{ soit } 16 \%$$

A.3.4 Calculer le rendement minimal, η_{min} , et le rendement maximal, η_{max}

$$E_{\text{électrique min}} = 200 \times 16 = 3200 \text{ Wh} = 3,2 \text{ kWh}$$

$$E_{\text{électrique max}} = 1000 \times 16 = 16000 \text{ Wh} = 16 \text{ kWh}$$

On a la relation :

$$\eta_{\text{min}} = \frac{E_{\text{électrique min}}}{E_{\text{lumineuse}}} = \frac{3,2}{60,8} = 0,052 \text{ soit } 5,2\% \text{ et } \eta_{\text{max}} = \frac{E_{\text{électrique max}}}{E_{\text{lumineuse}}} = \frac{16}{60,8} = 0,263 \text{ soit } 26,3\%$$

A.3.5 D'après le document A6, le meilleur rendement est de 19 % pour des panneaux photovoltaïques. Or d'après la question A.3.3, le rendement des panneaux utilisés est de 16 % donc proche du rendement maximal. C'est pour cela que l'on peut parler d'installation photovoltaïque à haut rendement.

PARTIE B - UN PASSEUR ZÉRO ÉMISSION

B.1. Questions préliminaires. La constitution du gazole

B.1.1 D'après le document B1, la combustion du gazole produit un des principaux gaz à effet de serre, le dioxyde de carbone, ainsi que de nombreuses particules fines. Or l'utilisation de batteries permet d'éviter ces émissions. C'est pour cela que le passeur fluvial Nouch est qualifié de passeur zéro émission.

B.1.2 Le gazole est constitué de plusieurs espèces chimiques, ce n'est pas un corps pur. Cette composition chimique peut varier lors de la production par distillation. Donc le gazole n'a pas de composition fixe, sa masse volumique peut également varier dans une fourchette de valeurs.

B.1.3 D'après le document B4, la température d'ébullition du gazole est comprise entre 280 °C et 350°C.

B.2. Propriétés de l'hexadécane

B.2.1 Schéma du transducteur PT100



B.2.2 Encadrement de la température d'ébullition de l'hexadécane.

La température d'ébullition de l'hexadécane est de 286,87 °C

$$T = 286,87 \pm 0,15 \text{ °C soit } 286,72 \text{ °C} < T < 287,02 \text{ °C}$$

B.2.3 Encadrement de la résistance mesurée par la sonde.

D'après le document B5, on a la relation :

$$T(\text{°C}) = 2,597 \times R - 259,7 \quad \text{donc} \quad R = \frac{T(\text{°C}) + 259,7}{2,597}$$

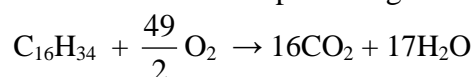
$$\text{Pour } T = 286,72\text{°C} \quad R = \frac{T(\text{°C}) + 259,7}{2,597} = \frac{286,72 + 259,7}{2,597} = 210,40 \text{ } \Omega$$

$$\text{Pour } T = 287,02\text{°C} \quad R = \frac{T(\text{°C}) + 259,7}{2,597} = \frac{287,02 + 259,7}{2,597} = 210,52 \text{ } \Omega$$

Donc, on a l'encadrement $210,40 \text{ } \Omega < R < 210,52 \text{ } \Omega$

B.3. La combustion du gazole

B.3.1 Equation de combustion complète du gazole.



B.3.2 Calcul de l'énergie produite par la combustion de 20 L de gazole.

D'après le document B3, la masse volumique moyenne du gazole est de 850 g.L⁻¹. On a la relation :

$$\rho = \frac{m}{V} \quad \text{donc} \quad m = \rho \times V = 850 \times 20 = 17000 \text{ g} = 17 \text{ kg}$$

D'après le document B3, le pouvoir calorifique moyen est de 44,8 MJ.kg⁻¹. Donc l'énergie produite est de :

$$E = PC_{\text{moyen}} \times m = 44,8 \times 17 = 761,6 \text{ MJ} = 7,62 \times 10^3 \text{ kJ}$$

$$E = \frac{7,62 \times 10^3}{3600} = 211,6 \text{ kWh}$$

B.3.3 L'énergie libérée par la combustion de 20 L de gazole est proche de 200 kWh, donc cela correspond au 200 kWh fournit par la batterie.

B.3.4 Calcul de la quantité de matière contenue dans 20 L de gazole.

La masse de gazole est de 17 kg = 17000 g donc la quantité de matière de gazole est de :

$$n_{\text{gazole}} = \frac{m_{\text{gazole}}}{M_{\text{gazole}}} = \frac{17000}{226} = 75 \text{ mol}$$

B.3.5 Calcul de la quantité de matière en moles de 20 L produite par la combustion complète de 20 L de gazole.

	$\text{C}_{16}\text{H}_{34}$	+	$\frac{49}{2}\text{O}_2$	→	16CO_2	+	$17\text{H}_2\text{O}$
Etat initial	75		Excès		0		0
Etat intermédiaire x	75- x		Excès		16x		17x
Etat final	0		Excès		1200		1275

Le réactif limitant est le dioxygène (le dioxygène est en excès), $75 - x = 0$ donc $x = 75$ mol

$$n_{\text{CO}_2} = 16x = 16 \times 75 = 1200 \text{ mol}$$

B.3.6 Calcul du volume de dioxyde de carbone produit par la consommation de 20 L de gazole

D'après l'énoncé, le volume molaire $V_m = 24 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$. Donc une mole de dioxyde de carbone occupe un volume de 24 L. Le volume de dioxyde de carbone est de :

$$V_{\text{CO}_2} = V_m \times n_{\text{CO}_2} = 24 \times 1200 = 2,88 \times 10^4 \text{ L} = 28,8 \text{ m}^3$$

B.4. Gain d'émission de CO2 par traversée

B.4.1 Calcul du besoin énergétique d'une traversée.

D'après le document A4, le nombre de passager est de 35 et la consommation par passager est de $16 \text{ Wh} \cdot \text{km}^{-1}$. La distance parcourue est de $100 \text{ m} = 0,1 \text{ km}$. Donc le besoin énergétique est de :

$$E = 35 \times 16 \times 0,1 = 56 \text{ Wh}$$

B.4.2 Calcul du volume de dioxyde de carbone équivalent produit par chaque traversée avec une propulsion à combustion.

D'après la question B.3.2, l'énergie produite par la combustion de 20 L de gazole est de 200 kWh. Donc pour une énergie de 56 Wh, le volume de gazole est de :

$$V_{\text{gazole}} = \frac{20 \times 56}{200 \times 10^3} = 5,6 \times 10^{-3} \text{ L}$$

Une consommation de 20 L de gazole libère 29 m^3 de dioxyde de carbone donc pour $5,6 \times 10^{-3} \text{ L}$, le volume libéré de dioxyde de carbone est de :

$$V_{\text{CO}_2} = \frac{29 \times 10^3 \times 5,6 \times 10^{-3}}{20} = 8,1 \text{ L}$$

B.4.3 Calcul du gain annuel en tonnes de dioxyde de carbone du choix de la propulsion électrique.

D'après l'énoncé, 1 L de dioxyde de carbone a une masse de 1,8 g. Donc pour 8,1 L, la masse est de :

$$m_{\text{CO}_2} = 1,8 \times 8,1 = 14,6 \text{ g}$$

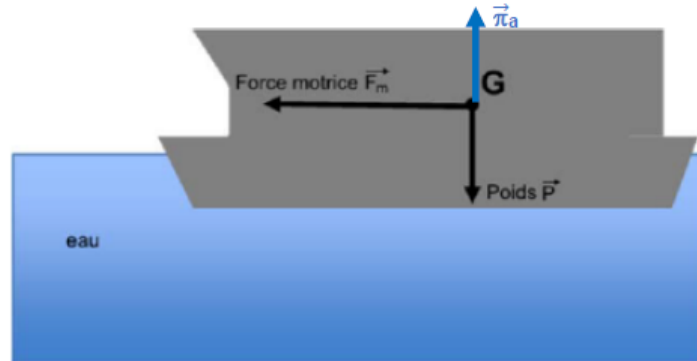
Donc pour 200 traversées par jour pendant un an, la masse est de :

$$m_{\text{CO}_2} = 14,6 \times 200 \times 365 = 1,07 \times 10^6 \text{ g} = 1,07 \text{ t}$$

PARTIE C - L'AMÉLIORATION DE L'HYDRODYNAMIQUE

C.1. Les forces exercées sur le passeur

C.1.1 Le poids est une force verticale dirigée vers le bas. La poussée d'Archimède est une force verticale dirigée vers le haut. De plus le bateau flotte, donc les deux forces ont la même direction, la même valeur mais des sens opposés. La force de poussée d'Archimède, π_a , compense exactement le poids du passeur.



C.1.2 Le coefficient, C_x des forces de frottements fluides est sans unité.

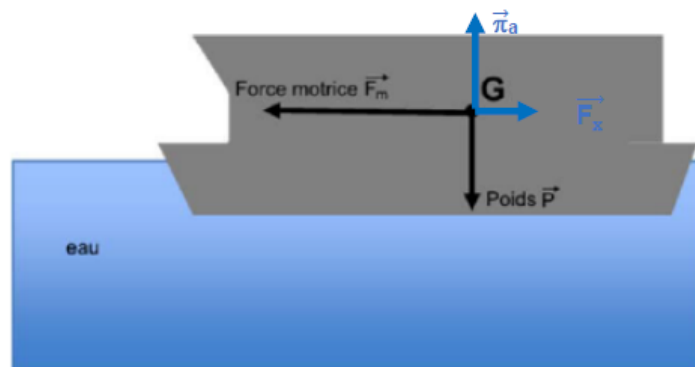
Une force s'exprime en newton mais aussi en $kg.m.s^{-2}$.

D'après le document C1, on a la relation :

$$F_x = \frac{1}{2} \times \rho \times S \times C_x \times v^2 \quad \text{donc} \quad C_x = \frac{2F_x}{\rho \times S \times v^2}$$

$$C_x : \frac{kg.m.s^{-2}}{kg.m^{-3}.m^2.m^2.s^{-2}} : \frac{kg.m.s^{-2}}{kg.m.s^{-2}} : \text{pas d'unité}$$

C.1.3 Représentation vectorielle de la force de frottements fluides .

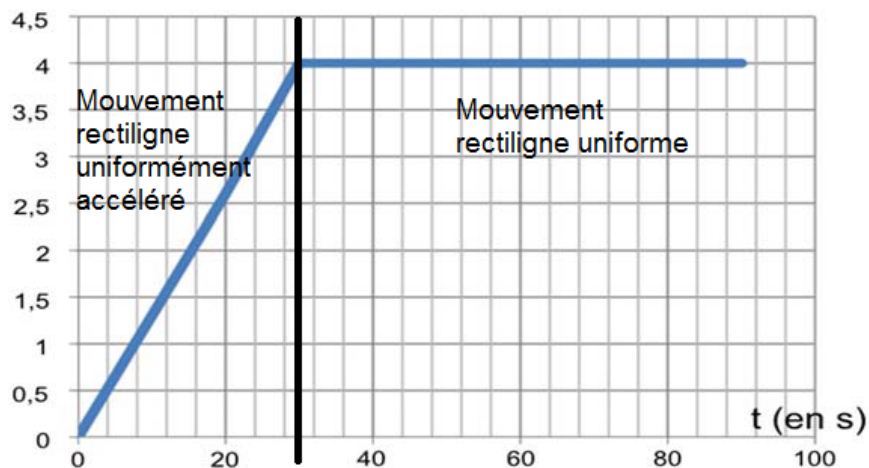


C.1.4 D'après le document C2, la surface immergée S est plus petite avec le catamaran qu'avec le monocoque. Donc d'après la relation du document C1, si S diminue, alors F_x diminue aussi. Donc l'utilisation d'un catamaran plutôt qu'un monocoque permet d'améliorer l'hydrodynamisme du passeur.

C.2. La dynamique du passeur

C.2.1 Identification du mouvement pour chacune des deux parties distinctes de cette modélisation.

Vitesse V (en noeuds)

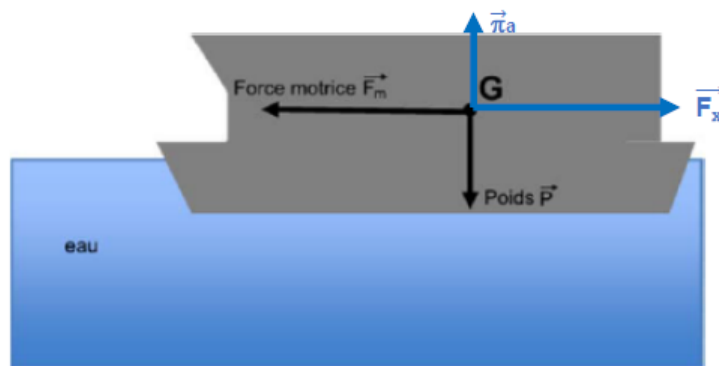


C.2.2. Évaluation graphique à l'aide de la vitesse de croisière atteinte par le passeur NOUCH.

D'après le document réponse DR4, la vitesse maximale est de 4 noeuds. D'après l'énoncé, 1 noeud = $1,85 \text{ km.h}^{-1}$. Donc pour une vitesse de 4 noeuds :

$$v = 4 \times 1,85 = 7,4 \text{ km.h}^{-1}$$
$$v = \frac{7,4 \times 1000}{3600} = 2,06 \text{ m.s}^{-1}$$

C.2.3 Lorsque la vitesse de croisière est atteinte, les forces exercées sur le passeur NOUCH se compensent car le mouvement est rectiligne uniforme.



C.2.4 Calcul l'accélération, a , pour l'intervalle de temps entre 0 et 30 s correspondant au démarrage.

D'après le document réponse DR4, à $t = 0 \text{ s}$, $v = 0 \text{ noeud} = 0 \text{ m.s}^{-1}$ et à $t = 30 \text{ s}$, $v = 4 \text{ noeuds} = 2,06 \text{ m.s}^{-1}$.

On a la relation :

$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{2,06 - 0}{30 - 0} = 0,069 \text{ m.s}^{-2}$$

C.2.5 Calcul de la valeur de la résultante des forces.

On a la relation :

$$a = \frac{F_{tot}}{m} \quad \text{donc} \quad F_{tot} = a \times m = 0,069 \times 7 \times 10^3 = 483 \text{ N}$$