

TRAVERSEÉE DE L'ATLANTIQUE À LA VOILE

Partie 1 : Utilisation d'un récepteur GPS pour se repérer

1.1/ Le système GPS

1.1.1. Relation liant la fréquence, la longueur d'onde et la célérité $c = \lambda \times f$ ou $\lambda = \frac{c}{f}$ ou $f = \frac{c}{\lambda}$

1.1.2. D'après le document 1, on a deux fréquences possibles :

$f_1 = 1575,42$ MHz et $f_2 = 1227,60$ MHz

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

$$\lambda_1 = \frac{c}{f_1} = \frac{3,00 \cdot 10^8}{1575,42 \cdot 10^6} = \boxed{0,190 \text{ m}} \text{ et } \lambda_2 = \frac{c}{f_2} = \frac{3,00 \cdot 10^8}{1227,6 \cdot 10^6} = \boxed{0,244 \text{ m}}$$

Donc, d'après le document 2, ces ondes font partie du domaine des **ondes radio**.

1.1.3. Il n'est pas envisageable d'utiliser des ondes sonores à la place des ondes électromagnétiques car le document 1 précise que les satellites du système GPS sont situés « dans le vide spatial à 20184 km », or les ondes sonores ne se propagent pas dans le vide. Elles ont besoin d'un support matériel pour se propager ce qui n'est pas le cas des ondes électromagnétiques.

1.2/ La précision du GPS

1.2.1. La durée du trajet entre un satellite et le récepteur GPS du bateau permet de déterminer la distance d entre le satellite et le GPS, mais pas leurs positions respectives.

Le GPS du bateau mesurera qu'il se trouve à une distance d du satellite soit au niveau de la surface de la mer en un point quelconque d'un cercle (ou d'une ellipse). Si le GPS reçoit le même type d'information d'un deuxième satellite sa position à l'intersection des cercles. Plus le GPS détecte de signaux de satellites, plus le recouvrement de ces zones sera réduit et la localisation du bateau sera plus précise.

1.2.2. Lors de la traversée de l'ionosphère la direction de propagation de l'onde radio est modifiée. Elle s'éloigne de la normale à la couche ionosphérique lors de l'entrée dans l'ionosphère, puis se rapproche de la normale lors de la sortie de cette couche. Cette déviation est analogue à la réfraction subie par un rayon lumineux qui traverse une lame à faces parallèles. Le phénomène décrit s'apparente à la **réfraction**.

1.3/ La vitesse du bateau

Si la fréquence du signal reçue est inférieure de 31,5 kHz à celle de la fréquence f_1 émise par le satellite on a : $f_{\text{reçue}} < f_{\text{émise}}$

La fréquence f étant égale à l'inverse de la période du signal $f = \frac{1}{T}$ donc $T = \frac{1}{f}$

$T_{\text{reçue}} > T_{\text{émise}}$; On en conclut que **le satellite et le bateau s'éloignent**.

Partie 2 : Alimentation d'un récepteur GPS par une pile au lithium

2.1/ Information sur les piles au lithium

Le lithium est un métal qui convient ici car :

- C'est un métal, donc un conducteur qui peut constituer une électrode.
- C'est un bon réducteur car $E^0 = -3,04\text{V}$ qui peut donc facilement être oxydé à l'anode. Avec le bon réducteur qu'est le lithium on va obtenir une f.e.m. relativement élevée aux bornes de cette pile.
- Le lithium a une capacité massique élevée ce qui est un avantage car pour une même masse transportée on stocke une énergie plus grande.
- Le lithium a une faible masse volumique, ce qui permet d'avoir une pile de faible masse.

2.2/ Fonctionnement d'une pile au lithium

2.2.1. $\text{Li}^+ + \text{e}^- = \text{Li}$

$$E_{\text{Li}} = E_{\text{Li}}^0 + 0,06 \times \log([\text{Li}^+]) = -3,04 + 0,06 \times \log 0,01 = \boxed{-3,16 \text{ V}}$$

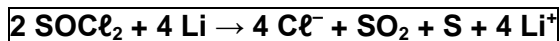
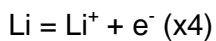
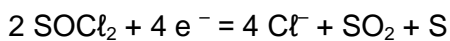
2.2.2. Force électromotrice de la pile : $e = E^+ - E^-$

$$E_{\text{carbone}} = +0,65 \text{ V} \rightarrow E^+ = 0,65 \text{ V}$$

$$E_{\text{lithium}} = -3,16 \text{ V} \rightarrow E^- = -3,16 \text{ V}$$

$$e = E^+ - E^- = 0,65 - (-3,16) = \boxed{3,81 \text{ V}}$$

2.2.3. Équation de la réaction



2.2.4. L'anode est l'électrode où a lieu l'oxydation du réducteur

Le schéma formel d'une oxydation d'un réducteur est $\text{Red} = \text{Ox} + n \text{e}^-$

Ce que l'on identifie ici à la demi-équation qui concerne le lithium $\text{Li} = \text{Li}^+ + \text{e}^-$

L'anode est donc l'électrode de lithium

Réciproquement l'électrode de carbone est la cathode où se déroule la réduction.

2.3/ Durée de fonctionnement

2.3.1. Charge électrique

$$n_{\text{Li}} = \frac{m_{\text{Li}}}{M_{\text{Li}}} = \frac{1,20}{6,90} = \mathbf{0,174 \text{ mol}}$$

$$Q = n_{\text{e}^-} \times F \text{ or } n_{\text{e}^-} = n_{\text{Li}}$$

$$Q = 0,174 \times 9,65 \cdot 10^4 = \boxed{1,68 \cdot 10^4 \text{ C}}$$

2.3.2. Durée de fonctionnement

$$Q = I \times t \rightarrow t = \frac{Q}{I} = \frac{1,68 \cdot 10^4}{0,01} = 1,68 \cdot 10^6 \text{ s} = 467 \text{ h} = \boxed{19,4 \text{ j}}$$

2.3.3. L'incertitude relative sur I ($\frac{UI}{I} = 0,2 \cdot 10^{-2}$) est 12,5 fois plus faible que l'incertitude relative sur la

masse ($\frac{Um_{Li}}{m_{Li}} = 2,5 \cdot 10^{-2}$).

Dans l'expression de $\frac{Ut}{t}$, le terme $\left(\frac{UI}{I}\right)^2$ (égal à $12,5^2 = 156$) est 156 fois plus faible que le terme

$\left(\frac{Um_{Li}}{m_{Li}}\right)^2$; on peut donc négliger le terme $\left(\frac{UI}{I}\right)^2$

$$\frac{Ut}{t} = \sqrt{\left(\frac{Um_{Li}}{m_{Li}}\right)^2 + \left(\frac{UI}{I}\right)^2} = \sqrt{\left(\frac{Um_{Li}}{m_{Li}}\right)^2} = \frac{Um_{Li}}{m_{Li}} = 2,5 \cdot 10^{-2}$$

2.3.4. $Ut = t \times \frac{Um_{Li}}{m_{Li}} = 19,4 \times 2,5 \cdot 10^{-2} = \boxed{0,5 \text{ jours}}$

t = (19,4 ± 0,5) jours

2.3.5. 18,9 jour < t < 19,9 jours

La traversée de l'Atlantique durant au moins 22 jours (supérieur à 19,9 jours), la pile n'a pas une autonomie suffisante pour fournir de l'énergie durant toute la traversée. De plus le calcul de la charge a été fait en supposant que tout le lithium présent pouvait être utilisé ce qui surestime l'autonomie.

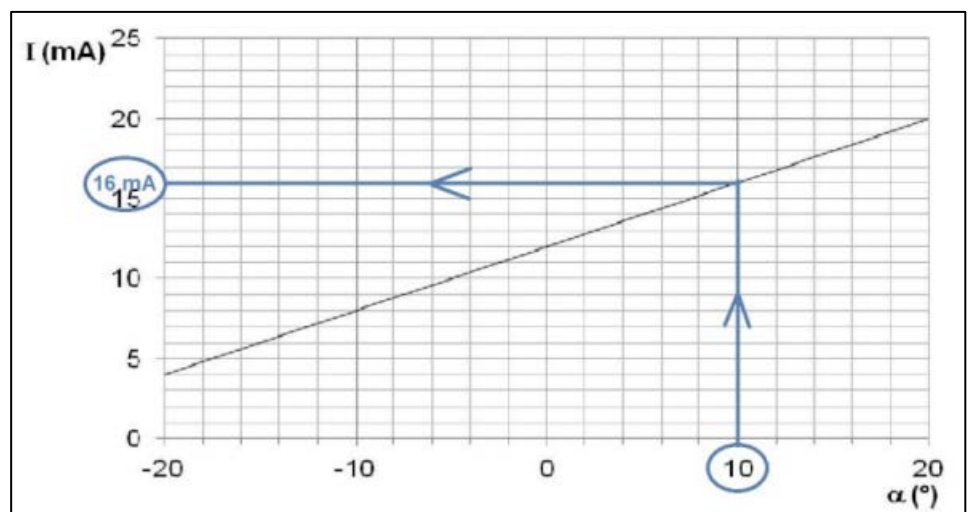
Partie 3 : Utilisation du pilote automatique

3.1/ Vérification du capteur d'angle

3.1.1. Le document 6 nous informe que le capteur-transmetteur d'angle peut être soumis à des signaux parasites de hautes fréquences. Pour éviter les perturbations de la mesure il faut donc filtrer les signaux hautes fréquences à l'aide d'un filtre HF (filtre hautes fréquences) encore parfois dit filtre passe-bas, c'est à dire qui laisse passer les plus basses fréquences.

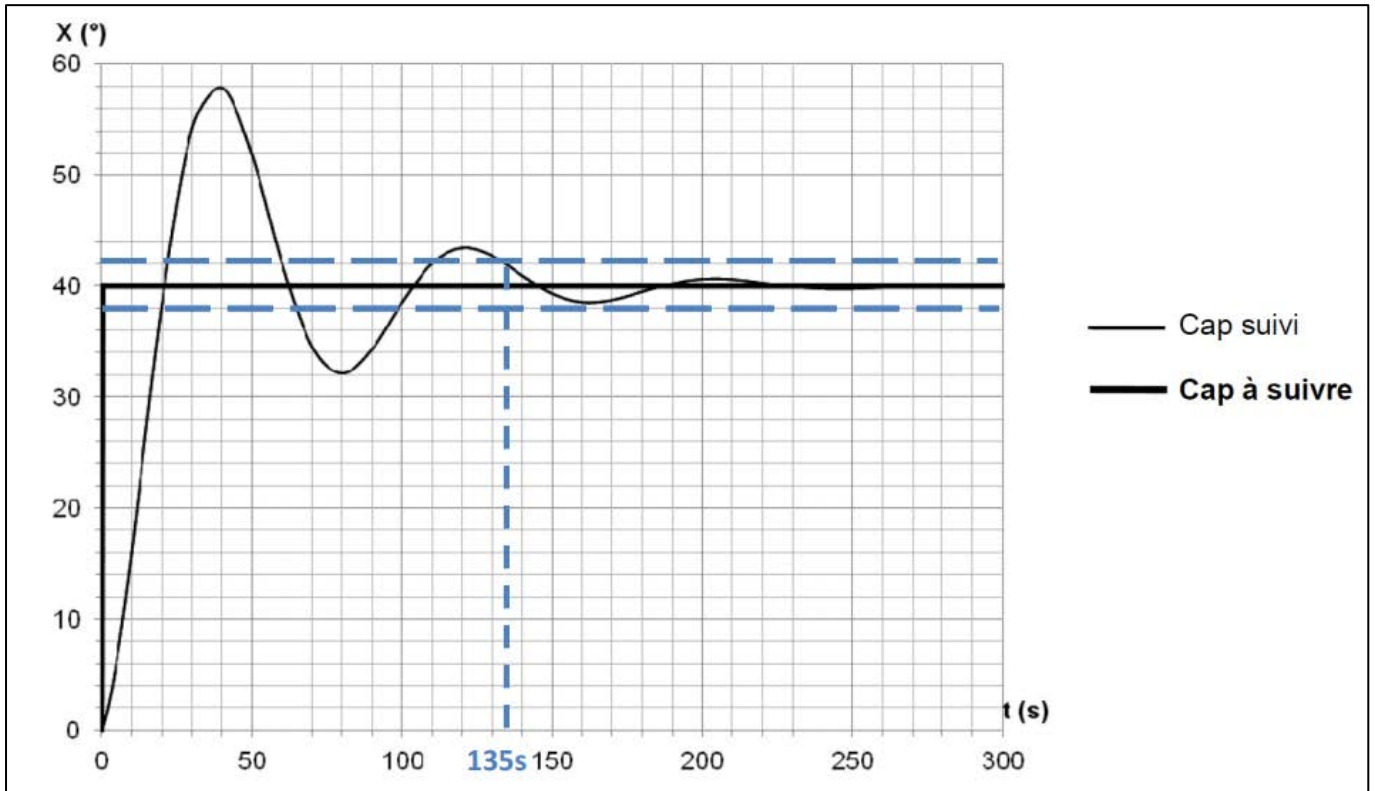
3.1.2. D'après le graphique, pour un angle de 10°, on devrait mesurer une intensité de 16 mA. Or, l'intensité mesurée est de 18,0 mA.

On peut donc penser que les soupçons sont justifiés.



3.2/ Evaluation des performances du pilote automatique

3.2.1.



La grandeur de sortie est l'angle, exprimé en degrés. La valeur finale de la grandeur de sortie est $X_f = 40^\circ$.

Pour définir le temps de réponse à 5%, la valeur de l'angle X doit varier entre 95% et 105% de X_f soit entre :

$$0,95 \times 40 = 38^\circ$$

$$1,05 \times 40 = 42^\circ$$

Ces deux limites sont tracées sur la courbe et on déduit graphiquement que le temps de réponse à 5% vaut ici 135 s

3.2.2. D'après le document 7, un navigateur moyennement expérimenté peut changer de cap en moyenne toutes les deux minutes (égales à 120s) contre 135 s pour le pilote automatique. Le pilote automatique a donc un moins bon temps de réponse car plus élevé que celui de l'humain.