



Baccalauréat STI2D et STL- SPCL

Épreuve de physique chimie

Corrigé

Session de juin 2014
Antilles Guyane

30/06/2014

<http://www.udppc.asso.fr>

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 Δt (en heure).

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

- 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**.

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	$50 \times 2 = 100$
Poste 2 : Pilotage automatique	40	20	$40 \times 20 = 800$
Poste 3 : Ordinateur + GPS + radio	80	24	$80 \times 24 = 1\ 920$
Poste 4 : Éclairage intérieur	40	12	$40 \times 12 = 480$
Poste 5 : Feux de signalisation	70	10	$70 \times 10 = 700$
Ensemble des postes			4 000

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.

1 : inflammable

2 : toxique, irritant

3 : mutagène, cancérigène, reprotoxique

4 : dangereux pour l'environnement

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 » ?

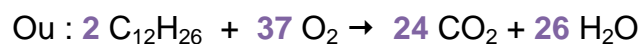
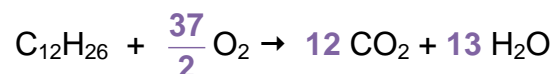
Il y a libération d'énergie lors du 3^e temps décrit dans le document ressource n°2 :

« La combustion rapide qui s'ensuit constitue le temps moteur, les gaz chauds repoussent le piston. »

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.

Pour que le mélange puisse s'auto-inflammer, il faut que la température soit supérieure à 225°C (fiche technique du gasoil).

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.



Partie B : ÉTUDE DE MODES DE PRODUCTION D'ÉNERGIE PLUS « PROPRES H.

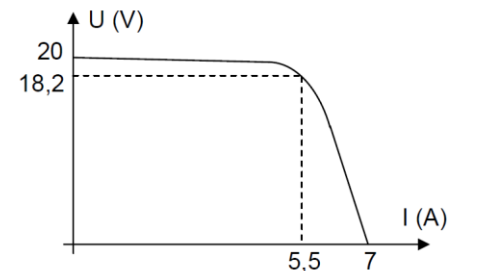
Lors de la dernière édition du Vendée Globe, l'intégralité de la flotte était équipée d'au moins un système de production énergétique alternatif que sont les éoliennes, les panneaux solaires ou les hydrogénérateurs.

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**.

Tension nominale	18,2 V	
Intensité nominale	5,5 A	
Tension à vide	20 V	
Intensité de court-circuit	7 A	

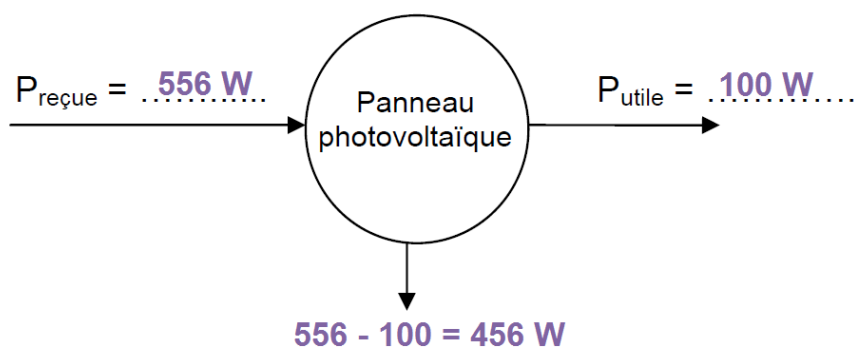
B.1.2. Calculer la puissance maximale P_{MAX} d'un panneau photovoltaïque pour les conditions de rayonnement indiquées.

$$P_{MAX} = 18,2 \times 5,5 = 100 \text{ W}$$

B.1.3. La surface de ce panneau est $S = 0,556 \text{ m}^2$. Calculer la puissance reçue, notée $P_{re\grave{c}ue}$, dans les conditions de rayonnement indiquées.

$$P_{re\grave{c}ue} = P_{rayonnement} \times S = 1000 \times 0,556 = 556 \text{ W}$$

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.

Les pertes sont de nature thermique.

B.1.6. L'énergie électrique nécessaire par jour à bord du voilier est $E_{jour} = 4,00 \text{ kW.h}$. 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 W.m^{-2} .

B.1.6.1. Calculer l'énergie $E_{panneau}$ produite par un mètre carré de panneau pour une journée proposant 5 heures d'un rayonnement supposé équivalent à 1000 W.m^{-2} .

1 m² de panneau produit une puissance de $P = 180 \text{ W}$, donc, en $\Delta t = 5 \text{ h}$ d'éclairement, 1 m² de panneaux produit une énergie :

$$E_{panneau} = P \times \Delta t = 5 \times 180 = 900 \text{ W.h} = 0,900 \text{ kW.h}$$

B.1.6.2. En déduire la surface de panneaux devant être installée sur le bateau.

En un jour, on a besoin d'une énergie $E_{\text{jour}} = 4,00 \text{ kW.h}$

$$\text{Soit : } n = \frac{E_{\text{jour}}}{E_{\text{panneau}}} = \frac{4,00}{0,900} = 4,44 \text{ panneaux}$$

B.1.6.3. Quels paramètres peuvent influencer sur l'énergie produite par ces panneaux solaires photovoltaïques ?

- **L'éclairement**
- **L'inclinaison du panneau**

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.

Éolienne :



Hydrogénérateur :

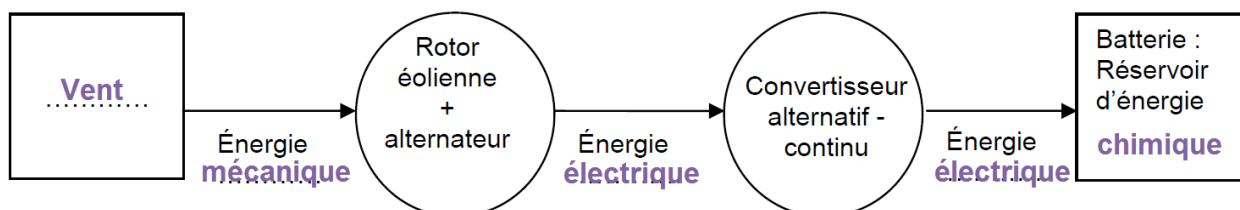


B.2.1. En utilisant certaines des propositions données ci-dessous, compléter les chaînes de conversion d'énergie « éolienne vers batterie » et « hydrogénérateur vers batterie » sur le **document réponse n°4 page 12/12**.

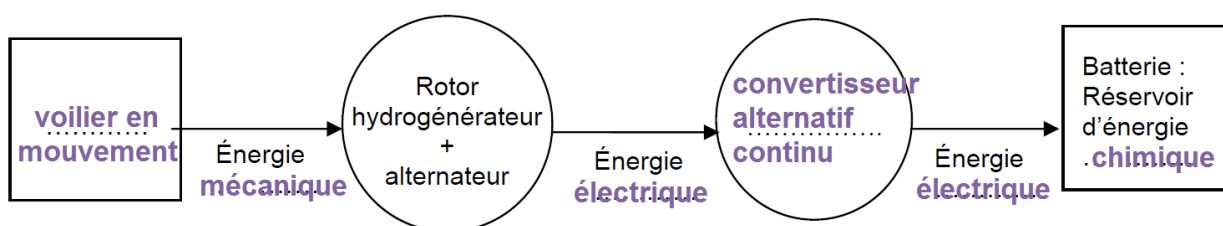
Propositions :

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

Chaîne de conversion « éolienne vers batterie »



Chaîne de conversion « hydrogénérateur vers batterie »



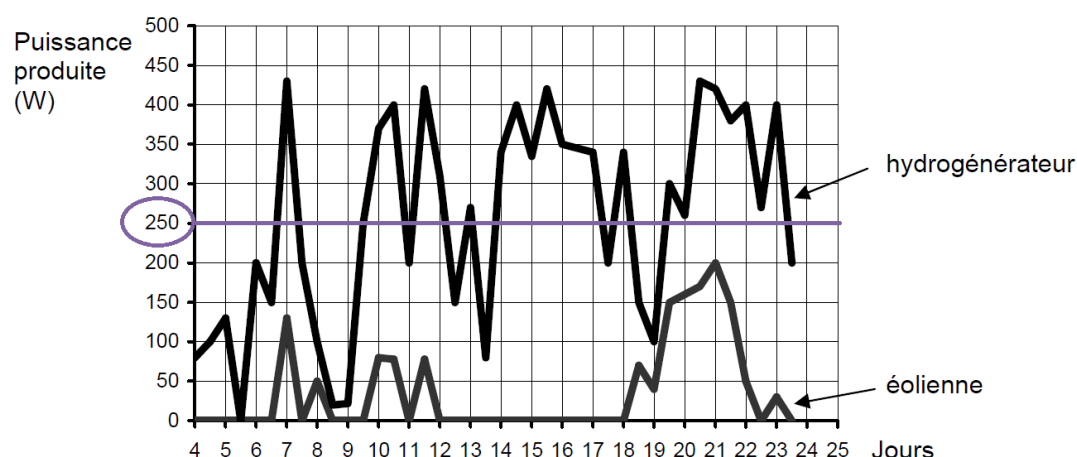
B.2.2. Analyser le **document ressource n°3 page 9/12** puis répondre aux questions suivantes :

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

D'après ce document, la puissance produite par l'hydrogénérateur est supérieure à celle produite par une éolienne.

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 $E_{\text{jour}} = 4,00 \text{ kW.h}$



On peut estimer que la puissance moyenne fournie par l'hydrogénérateur est d'environ 250 W par jour.

Donc en une journée, on peut, en moyenne, récupérer une énergie $E_{\text{moy}} = 250 \times 24 = 6.10^3 \text{ W.h} = 6 \text{ kW.h}$.

Ce qui couvre les besoins journaliers en énergie.

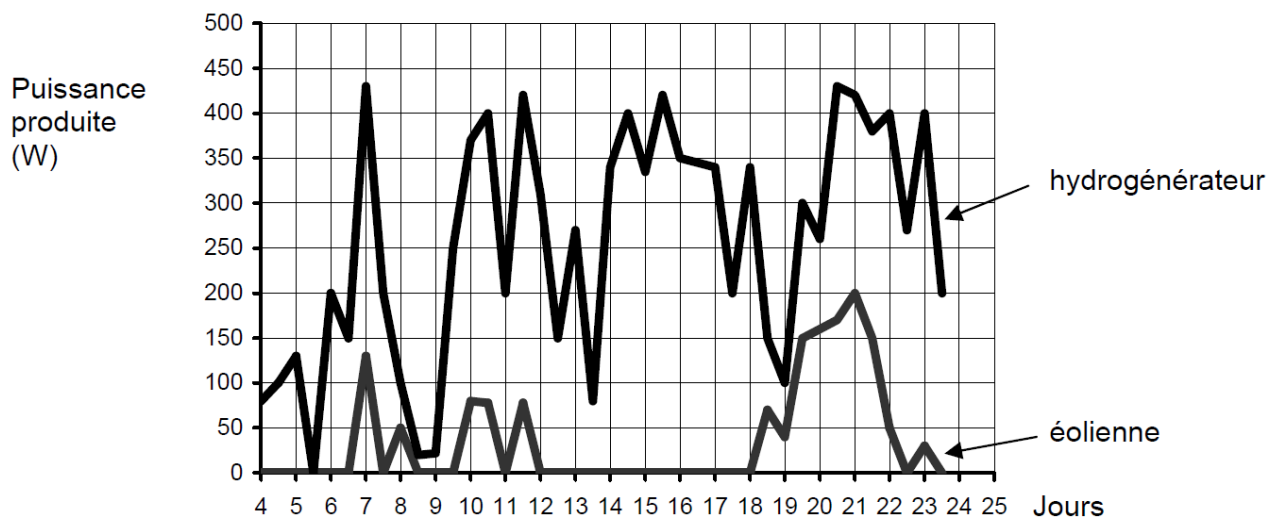
B.2.3. Analyser les **documents ressources n°3 et n°4 page 9/12** puis répondre aux questions suivantes :

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

D'après le document 4 : « 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. »

L'éolienne est sur le bateau, ses performances dépendent donc du vent apparent.

- 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.



Sur ce document, on peut observer que l'éolienne ne produit rien entre le 12 et le 18, alors que l'hydrogénérateur produit de l'énergie.

- 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.

On peut penser qu'il s'agit de jours pour lesquels l'allure était « vent arrière » : le vent apparent est alors faible. Le bateau étant en mouvement, l'hydrogénérateur, lui, produit du courant.

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.

Un oxydant est une espèce chimique capable de capter au moins un électron.

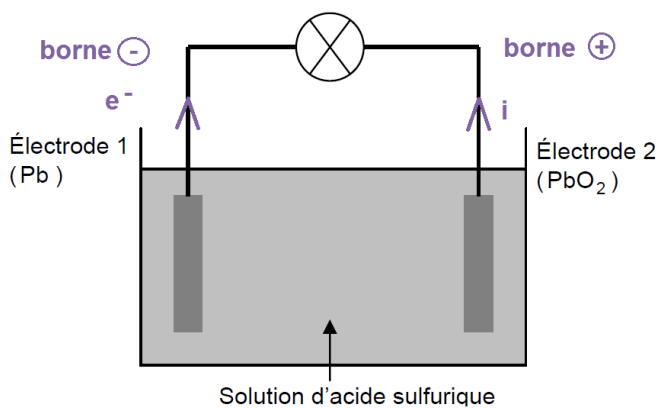
Un réducteur est une espèce chimique capable de céder au moins un électron.

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,
Les électrons sortent de l'électrode 1 : électrode où à lieu l'oxydation.
- le sens conventionnel du courant à l'extérieur de la batterie,
le courant circule dans le sens inverse du sens de circulation des électrons.
- les bornes + et – de la batterie,
Le courant sort de la borne + de la batterie.
- le nom de la réaction (oxydation ou réduction) ayant lieu sur chacune des électrodes.

Électrode 1 : Pb perd des électrons (c'est donc un réducteur) pour donner PbSO₄ : c'est une oxydation.

Électrode 2 : PbO₂ capte des électrons (c'est donc un oxydant) pour former PbSO₄ : c'est une réduction.



Électrode 1 :
 $\text{Pb} + \text{SO}_4^{2-} = \text{PbSO}_4 + 2\text{e}^-$
 nom de la réaction :

Oxydation

Électrode 2 :
 $\text{PbO}_2 + \text{SO}_4^{2-} + 4\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{PbSO}_4 + 2\text{H}_2\text{O}$
 nom de la réaction :

Réduction

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

On additionne les deux demi-équations données ci-dessus :



Equation de 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 ?

Il s'agit de la capacité de la batterie.

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

$$E_{\text{batterie}} = Q \times U = 160 \times 12 = 1920 \text{ W.h}$$

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

- D'après le document, l'énergie massique d'une telle batterie est comprise entre 30 et 40 W.h.kg⁻¹.

- $E_{\text{batterie}} = 1920 \text{ W.h}$

- $E_{\text{massique}} = \frac{E_{\text{batterie}}}{m}$ donc $m = \frac{E_{\text{batterie}}}{E_{\text{massique}}} = \frac{1920}{40} = 48 \text{ kg}$

(pour obtenir la masse minimale, on divise par l'énergie massique maximale)

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.

- L'énergie massique d'une batterie lithium ion est plus grande. Dans notre exemple, si la batterie était une batterie lithium ion, sa masse minimale ne serait que de : $\frac{1920}{200} \approx 10 \text{ kg}$.

- De même, l'énergie volumique d'une batterie lithium ion est plus grande que celle d'une batterie plomb.

Pour une même quantité d'énergie, la batterie lithium ion pèse moins lourd et prend moins de place qu'une batterie au plomb (ce qui n'est pas négligeable sur un voilier !)

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 : $\rho = 1000 \text{ kg.m}^{-3}$

Pour une telle course, il faudrait embarquer $100 \times 10 = 1000 \text{ L} = 1 \text{ m}^3$ d'eau douce, soit une masse d'une tonne d'eau. Sur un voilier, on n'a pas forcément la place nécessaire à un tel stockage. De plus, ça alourdit le voilier et donc diminue les performances.

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

D'après le document, le dessalinisateur a un débit de $5,7 \text{ L.h}^{-1} \pm 15\%$.

En deux heures de fonctionnement, il produit $5,7 \times 2 = 11,4 \pm 1,7 \text{ L}$ d'eau.

Soit entre 9,7 et 13,1 L d'eau.

Ce qui couvre les besoins en eau pour la journée.

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

ΔD_V est la tolérance sur le débit volumique

- $1 \text{ L} = 10^{-3} \text{ m}^3$ donc $D_V = 5,7 \text{ L} \cdot \text{h}^{-1} = 5,7 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1}$.

- $1 \text{ h} = 3600 \text{ s}$ donc $D_V = 5,7 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{h}^{-1} = \frac{5,7 \cdot 10^{-3}}{3600} = 1,58 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

Le débit est donné avec une tolérance de $\pm 15 \%$ soit $0,24 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$

$$D_V = (1,58 \pm 0,24) \cdot 10^{-6} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$$

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).

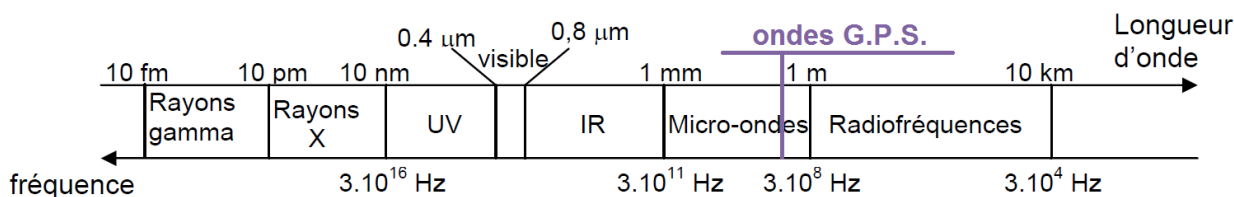
Ces ondes électromagnétiques contiennent les informations nécessaires au calcul de la position des satellites.

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.

Une onde électromagnétique est constituée d'un champ électrique et d'un champ magnétique.

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.



Pour le domaine civil : $f = 1\,575,42 \text{ MHz} = 1,575\,42 \cdot 10^9 \text{ Hz}$

Pour le domaine militaire : $f = 1\,227,60 \text{ MHz} = 1,227\,60 \cdot 10^9 \text{ Hz}$

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

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

- C.3.4.** Calculer la longueur d'onde λ pour une onde électromagnétique de fréquence $f = 1575,42 \text{ MHz}$.
On rappelle la valeur de la célérité : $c = 3,00 \cdot 10^8 \text{ m.s}^{-1}$

$$\lambda = \frac{c}{f} = \frac{3,00 \cdot 10^8}{1575,42 \cdot 10^6} = 0,190 \text{ m.}$$

- 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.

$$D = c \times \Delta t = 3,00 \cdot 10^8 \times 70,0 \cdot 10^{-3} = 2,10 \cdot 10^7 \text{ m (21 000 km)}$$

Ce qui est une altitude tout à fait possible pour un satellite puisque les satellites gestionnaires sont à environ 36 000 km d'altitude.