

# BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

Session 2019

**Sciences et Technologies de l'Industrie  
et du Développement Durable  
et  
Sciences et Technologies de Laboratoire  
spécialité Sciences Physiques et Chimiques en Laboratoire**

## PHYSIQUE-CHIMIE

**Durée : 3 heures**

**Coefficient : 4**

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.  
Ce sujet comporte 11 pages numérotées de 1/11 à 11/11.

Les documents réponses de la page 11/11 sont à rendre impérativement avec la copie.

*L'usage de tout modèle de calculatrice, avec ou sans mode examen, est autorisé.*

*Il est rappelé aux candidats que la qualité de la rédaction, la clarté et la précision des explications entreront dans l'appréciation des copies. Toute réponse devra être justifiée.*

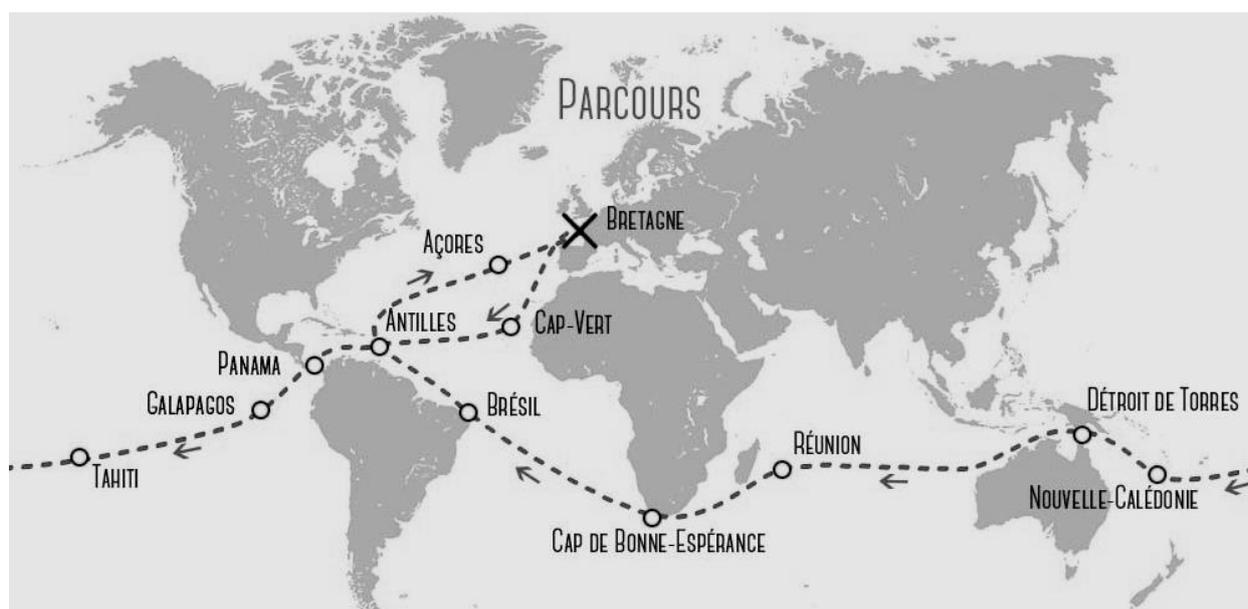
## Eco sailing project : le tour du monde écologique à la voile

**Eco Sailing Project** : c'était la réalisation par quatre marins d'un tour du monde à la voile en un an et demi, en cherchant à réduire au maximum leur impact sur l'environnement. Ce tour du monde a été fait à bord d'un voilier « l'Amasia » construit en 1978.

La source la plus polluante lors de l'utilisation d'un voilier est le moteur à essence (propulsion et génération d'électricité).



Le voilier a été transformé pour que le tour du monde soit effectué uniquement avec l'énergie du soleil, la force du vent et la force de l'eau, mais aussi en optimisant l'utilisation de ces ressources naturelles. Ce projet intégrait aussi des missions scientifiques : étude du plancton, pose de balise pour la météorologie et mesure de caractéristiques physico-chimiques des eaux traversées.



[www.ecosailingproject.com](http://www.ecosailingproject.com)

**Le sujet comporte 3 parties indépendantes les unes des autres :**

**Partie A : le système de propulsion du voilier (8 points)**

**Partie B : la vie quotidienne à bord du voilier (8 points)**

**Partie C : les missions scientifiques (4 points)**

## Partie A – Le système de propulsion du voilier (8 points)

Pour devenir autonome en énergie, le voilier a été équipé de batteries d'accumulateurs pour stocker l'énergie fournie par des panneaux solaires, une éolienne et une hélice hydro-génératrice. Cette énergie peut ensuite être redistribuée aux moteurs électriques (pour la propulsion), ou aux divers appareils électriques du bateau (équipement de servitude : pilote automatique, GPS, etc.).

L'autonomie en énergie est primordiale, en particulier lorsque les ressources renouvelables exploitées viennent à manquer. Certaines zones géographiques, comme le « Pot-au-Noir », sont réputées pour leur absence de vent.

### A.1 Chaîne énergétique

**A.1.1** Compléter la chaîne énergétique globale du voilier en mode propulsion sur le document réponse **DR1 à rendre avec la copie**.

**A.1.2** Indiquer pourquoi la chaîne proposée vous paraît compatible avec le projet d'un voyage écologique ?

### A.2 Installation d'une éolienne

La puissance mécanique  $P_{méca}$  reçue par l'éolienne se calcule à l'aide de la relation suivante :

$$P_{méca} = \frac{1}{2} \times C_p \times \rho \times S \times v^3$$

avec  $C_p$  : coefficient de puissance,  $C_p = 0,47$

$\rho$  : masse volumique de l'air,  $\rho = 1,23 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$

$S$  : surface balayée par les pales de l'éolienne,  $S = 0,95 \text{ m}^2$

$v$  : vitesse du vent en  $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$

On prendra  $1 \text{ nd (nœud)} = 0,51 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

**A.2.1** D'après la notice technique de l'éolienne (**document 1**), à partir de quelle vitesse de vent celle-ci démarre-t-elle ?

**A.2.2** À l'aide de cette même notice, déterminer la puissance électrique maximale que peut fournir l'éolienne quand la vitesse du vent est de 20 nœuds.

**A.2.3** Calculer la puissance mécanique reçue par l'éolienne pour un vent de 20 nœuds.

**A.2.4** En déduire le rendement maximal de l'éolienne pour un vent de 20 nœuds.

### A.3 Installation d'une hélice-hydrogénératrice

**A.3.1** À l'aide de la notice technique de l'hélice hydrogénératrice (**document 2**), déterminer graphiquement la puissance restituée  $P_{res}$  par l'hydrogénérateur lorsque le voilier navigue à une vitesse de 6,5 nœuds.

**A.3.2** Calculer l'énergie produite pendant une heure sous voile avec l'hydrogénérateur lorsque le bateau navigue à la vitesse de 6,5 nœuds.

**A.3.3** À quelle durée de fonctionnement à la puissance maximale des moteurs électriques, décrits dans le **document 3**, correspond cette énergie ? Commenter la réponse.

## A.4 Choix des moteurs électriques et du parc de batteries

Au cours de son périple, lorsqu'il remonte du Brésil vers les Antilles, le voilier doit traverser le « Pot-au-Noir ». Cette zone géographique, de taille variable (100 km au moment de la traversée par l'Amasia), est réputée en raison de sa météo particulière, pouvant présenter une absence totale de vent. Si le bateau entre dans cette zone par temps couvert ou bien de nuit, il est alors nécessaire d'utiliser les batteries pour faire fonctionner les moteurs.

**A.4.1** Avec l'énergie stockée dans les batteries Lithium-Fer-Phosphate, la durée de fonctionnement des deux moteurs à pleine puissance est estimée à deux heures. Vérifier cette estimation par calcul à l'aide des informations sur le système de propulsion décrit dans le **document 3**.

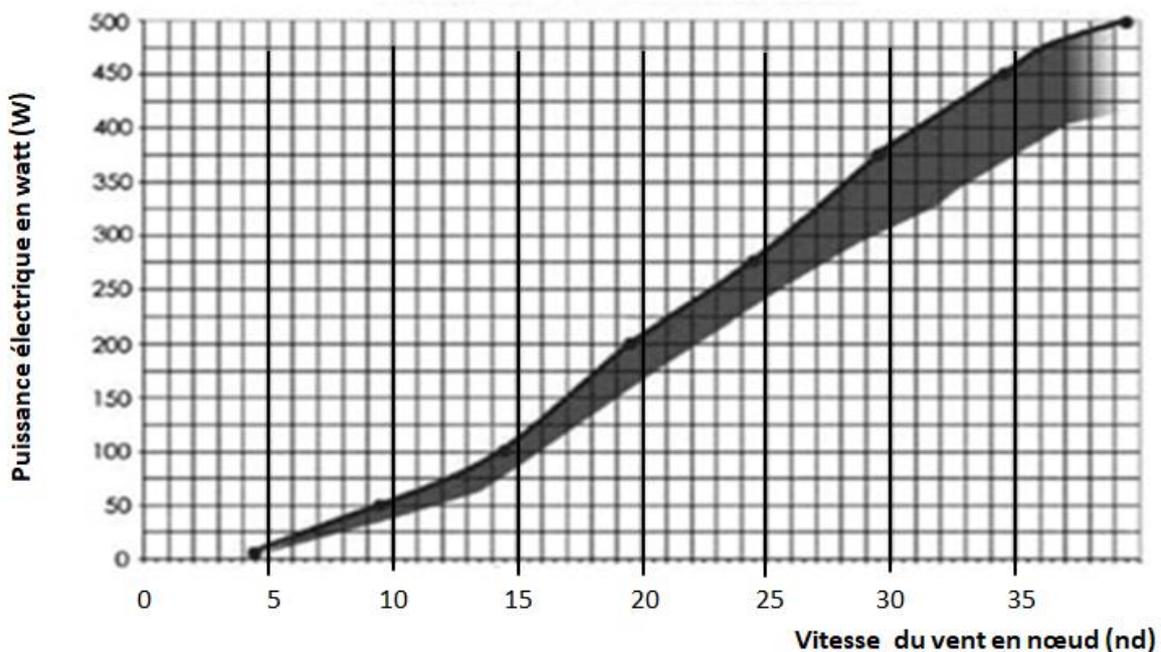
**A.4.2** À pleine puissance, les moteurs propulsent le bateau à une vitesse  $v_{max} = 7,0$  nd. Montrer que l'Amasia ne parvient pas à franchir les 100 km lui permettant de sortir du « Pot-au-Noir » dans ces conditions. Justifier par un calcul.

**A.4.3** En propulsant le bateau à une vitesse  $v_{réduite} = 3,0$  nd, l'autonomie est estimée à 24 heures. Les marins résolvent-ils le problème de la traversée ?

### Document 1 - Notice technique de l'éolienne de l'Amasia

#### Performance de l'éolienne

Courbe indicative dont la précision est variable en fonction de la force et la constance du vent.



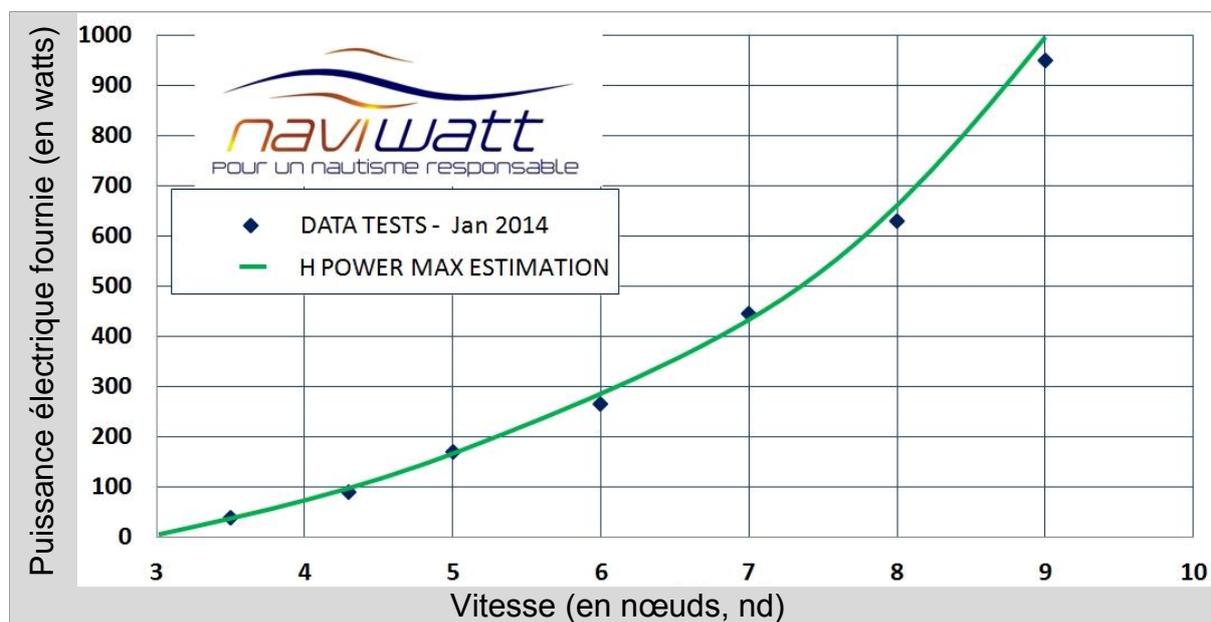
#### **ATMB : conception et avantages**

- L'éolienne ATMB D400 a été conçue pour délivrer un ampérage élevé avec de faibles vitesses de vent, elle est extrêmement silencieuse et fonctionne sans vibrations. L'empennage a un profil spécial anti-turbulences. L'alternateur haut rendement, le profil des pales permettent de fonctionner à régime lent ( $1200 \text{ tr}\cdot\text{min}^{-1}$  maxi).
- Les avantages de la D400 sont ses hautes performances : la production dépasse 500 W à 40 nœuds. Cette éolienne innove de par sa qualité de fabrication et son design. Elle est un gage de fiabilité à long terme.

## Document 2 - Notice technique de l'hélice-hydrogénératrice

La solution H POWER MAX combine l'effet propulsif et la régénération pour les voiliers (restitution de l'énergie vers les batteries).

Sans vous préoccuper de son action sous l'eau, l'hélice EWOL et l'hydro-générateur H POWER MAX restitueront une énergie considérable vers les batteries : plus de 150 watts à 5 nœuds et plus de 600 watts à 8 nœuds. Cette énergie se stocke dans les batteries de propulsion ou peut également être consommée directement par les équipements électriques du voilier (pilote automatique, frigo, chauffage, éclairage, etc ...).



[www.naviwatt.fr](http://www.naviwatt.fr)

## Document 3 - Système propulsion

Deux batteries lithium fer phosphate 1<sup>ère</sup> génération : 2 x 400 Ah en 48 V (38,4 kWh) ; 400 kg.  
Moteurs électriques : 2 x 10 kW (2 x 13,5 ch) ; 54 kg.  
Panneaux solaires rigides : 590 W ; éolienne 400 W ; hydrogénérateur : jusqu'à 1 kW.

D'après [www.ecosailingproject.com](http://www.ecosailingproject.com)

## Partie B - La vie quotidienne à bord du voilier (8 points)

Données :  $M(O) = 16,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

$M(Pb) = 208 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$

1  $F = 9,65 \cdot 10^4 \text{ C}$  : charge électrique portée par une mole d'électrons

1 Ah = 3600 C

### B.1 Batteries utilisées pour alimenter les servitudes

Pour stocker l'énergie nécessaire à l'alimentation des appareils du "système servitude", on utilise un bloc de batteries au plomb. L'ensemble de ces appareils, s'ils fonctionnent en même temps, nécessite une intensité du courant de 16 A.

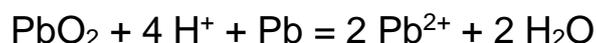
Le schéma de la batterie au plomb utilisée est donné dans le **document 5**.

**B.1.1** Compléter les pointillés du **document réponse DR2**, à l'aide des mots suivants : **électrons ; courant électrique ; électrolyte ;  $H^+$  ;  $SO_4^{2-}$** .

**B.1.2** Indiquer l'électrode où a lieu l'oxydation et celle où a lieu la réduction.

**B.1.3** Équilibrer les demi-équations modélisant les réactions ayant lieu aux électrodes de la batterie au plomb sur le **document réponse DR3**.

**B.1.4** En déduire que l'équation-bilan globale correspondant à la décharge de la batterie se met sous la forme :



**B.1.5** À partir des caractéristiques données dans le **document 4**, déterminer la durée maximale d'utilisation du bloc de batteries sans effectuer de recharge si tous les appareils de servitude fonctionnent.

**B.1.6** Déterminer la quantité d'électricité totale disponible dans le bloc de batteries au plomb. En déduire la quantité d'électrons que peut faire circuler le bloc de batteries.

**B.1.7** En faisant l'hypothèse que le réactif limitant dans les batteries au plomb est l'oxyde de plomb  $PbO_2$ , le bloc de batteries est totalement déchargé quand tout l'oxyde de plomb a réagi. Vérifier que la masse de cet oxyde consommé lors de la décharge totale des deux batteries vaut environ  $m(PbO_2) = 4,5 \text{ kg}$ .

### B.2 Batterie en mode recharge

Si le bloc de batteries est déchargé, celui-ci est utilisé en mode récepteur. Il est alors branché aux panneaux solaires flexibles qui lui fournissent le courant nécessaire pour le recharger.

**B.2.1** Les panneaux solaires flexibles fournissent une puissance totale de 400 W. À partir du **document 4**, déterminer l'intensité  $I$  du courant lors de la recharge du bloc de batteries avec ces panneaux.

**B.2.2** En déduire la durée de recharge avec les panneaux.

### B.3 Utilisation du vinaigre comme détartrant

L'entretien d'Amasia se doit lui aussi d'être respectueux de l'environnement. En effet, l'utilisation de produits de nettoyage, de peintures anti-salissures et autres polluants pose problème. Mal gérés, ces produits se retrouvent dans l'eau et peuvent constituer une pollution grave pour les côtes, les ports et, principalement, le milieu marin.

Le vinaigre peut être considéré comme une solution d'acide éthanoïque de formule  $\text{CH}_3\text{COOH}_{\text{aq}}$  appartenant au couple acide base  $\text{CH}_3\text{COOH}_{\text{aq}} / \text{CH}_3\text{COO}^-_{\text{aq}}$ .

Le vinaigre peut être utilisé comme détartrant pour dissoudre le calcaire (carbonate de calcium  $\text{CaCO}_3$ ) dont le couple acide/base est  $\text{HCO}_3^-_{\text{aq}} / \text{CO}_3^{2-}_{\text{aq}}$ .

**B.3.1** Écrire l'équation de la réaction acido-basique entre les ions carbonate  $\text{CO}_3^{2-}_{\text{aq}}$  et l'acide éthanoïque  $\text{CH}_3\text{COOH}_{\text{aq}}$ .

**B.3.2** L'acide éthanoïque réagit ensuite avec les ions hydrogénocarbonate  $\text{HCO}_3^-$  formés selon l'équation :  $\text{CH}_3\text{COOH}_{\text{aq}} + \text{HCO}_3^-_{\text{aq}} = \text{CH}_3\text{COO}^-_{\text{aq}} + \text{CO}_2_{\text{aq}}, \text{H}_2\text{O}$ . Quels sont l'acide et la base formés lors de cette réaction ?

#### Document 4 - Système servitude

Équipement : 1 pilote automatique, 2 GPS, 1 VHF fixe et 1 mobile, 4 ordinateurs, 2 tablettes, 4 téléphones intelligents, 1 téléphone satellite iridium. Tous ces appareils sont alimentés en 12 V et, s'ils fonctionnent en même temps, ils appellent un courant total dont l'intensité est égale à 16 A.

Un bloc de batteries au plomb classiques : 1000 Ah en 12 V

Panneaux solaires flexibles : 400 W

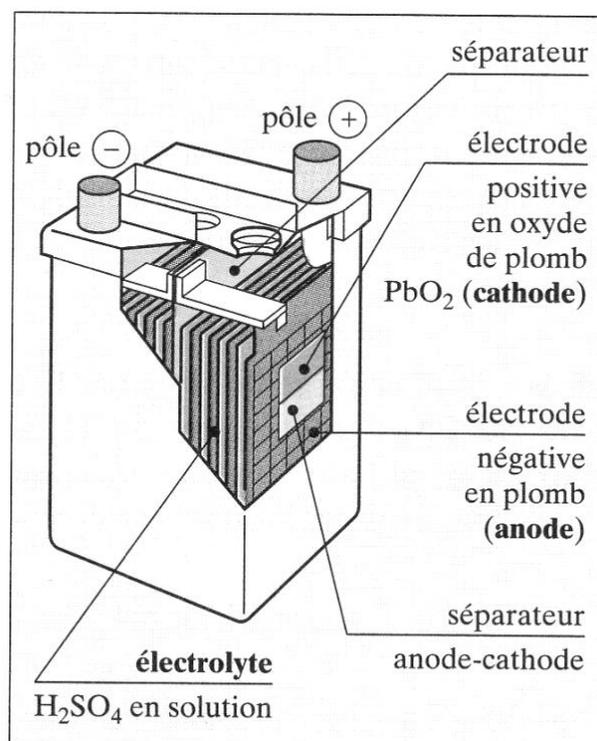
D'après [www.ecosailingproject.com](http://www.ecosailingproject.com)

#### Document 5 - Utilisation de la batterie au plomb sur l'Amasia

Couples redox mis en jeux :

Au pôle + :  $\text{PbO}_2(\text{s}) / \text{Pb}^{2+}(\text{aq})$

Au pôle - :  $\text{Pb}^{2+}(\text{aq}) / \text{Pb}(\text{s})$



Livre Hachette 1<sup>ère</sup>S 1994

## Partie C – Les missions scientifiques (4 points)

En collaboration avec le Réseau International des Éco Explorateurs de la Mer (R.I.E.M.), les navigateurs de l'Amasia ont réalisé plusieurs missions distinctes dont celles qui nous intéressent.

**Mission 1 : pose de balises électroniques** : « ces largages entrent dans le cadre d'études sur la météorologie. Nous larguerons ces bouées à des coordonnées précises. »

**Mission 2 : mesure de quelques caractéristiques physiques de l'eau de mer** : « ce capteur autonome posé sur la coque du bateau collectera des données telles que la température, le taux de salinité pendant toute la durée du tour du monde. »

### C.1 Mission 1 : pose de balises électroniques

Pour transmettre les données à la station marine qui se situe en Bretagne, on utilise une balise électronique (**document 6**) qui utilise la transmission par technologie GSM.

À l'aide des données fournies par les **documents 7 et 8**, indiquer quel est la dénomination internationale du domaine des ondes électromagnétiques utilisées par cette technologie.

Donnée : vitesse de la lumière dans le vide :  $c = 3,0 \cdot 10^8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$

### C.2 Mission 2 : capteur posé sur Amasia

Le capteur posé sur la coque du voilier est une thermistance CTN dont l'allure de la caractéristique de transfert est donnée dans le **document 9**.

**C.2.1** Quelles sont les grandeurs d'entrée et de sortie de la sonde CTN ?

**C.2.2** L'abréviation CTN signifie *coefficient de température négatif*, justifier cette appellation.

**C.2.3** Lorsque la température de l'eau de mer est égale à 20°C, déterminer la valeur de la résistance de la sonde CTN.

**C.2.4** La température varie autour d'une faible valeur  $\Delta\theta$  autour de 20°C. Montrer qu'alors la variation de la valeur en ohm de la résistance de la CTN peut se mettre sous la forme :

$$\Delta R \approx k \times \Delta\theta \text{ avec } k = -7 \Omega \cdot \text{K}^{-1}$$

$\Delta\theta$  étant exprimé en °C ou en K.

## **Document 6 - Fiche technique de la balise électronique**

La solution « tout-intégré » mono-paramètre pour le suivi physico-chimique des eaux naturelles.

### **Capteurs disponibles :**

- Conductivité / Salinité / Température : BAN-CE
- pH / Redox / Température : BAN-PH
- O<sub>2</sub> / Température : BAN-OX
- Turbidité NTU-MES / Température : BAN-TU



### **Technologie numérique pour des mesures optimisées :**

- Bouée compacte et auto-stable
- Récupération des données sur site par radio depuis la berge
- GSM / GPRS/3G / Sigfox intégré en option pour le suivi des données par internet ou superviseur
- Communication dynamique entre plusieurs bouées

[www.ijinus.com](http://www.ijinus.com)

## **Document 7 - Dénomination des ondes électromagnétiques**

Dénomination internationale	Dénomination francophone	Longueur d'onde
<b>ELF</b> (extremely low frequency)	EBF (extrêmement basse fréquence)	100 000 km à 10 000 km
<b>SLF</b> (super low frequency)	SBF (super basse fréquence)	10 000 km à 1 000 km
<b>ULF</b> (ultra low frequency)	UBF (ultra basse fréquence)	1 000 km à 100 km
<b>VLF</b> (very low frequency)	TBF (très basse fréquence)	100 km à 10 km
<b>LF</b> (low frequency)	BF (basse fréquence)	10 km à 1 km
<b>MF</b> (medium frequency)	MF (moyenne fréquence)	1 km à 100 m
<b>HF</b> (high frequency)	HF (haute fréquence)	100 m à 10 m
<b>VHF</b> (very high frequency)	THF (très haute fréquence)	10 m à 1 m
<b>UHF</b> (ultra high frequency)	UHF (ultra haute fréquence)	1 m à 10 cm
<b>SHF</b> (super high frequency)	SHF (super haute fréquence)	10 cm à 1 cm
<b>EHF</b> (extremely high frequency)	EHF (extrêmement haute fréquence)	1 cm à 1 mm
Téraherz	Téraherz	1 mm à 100 µm

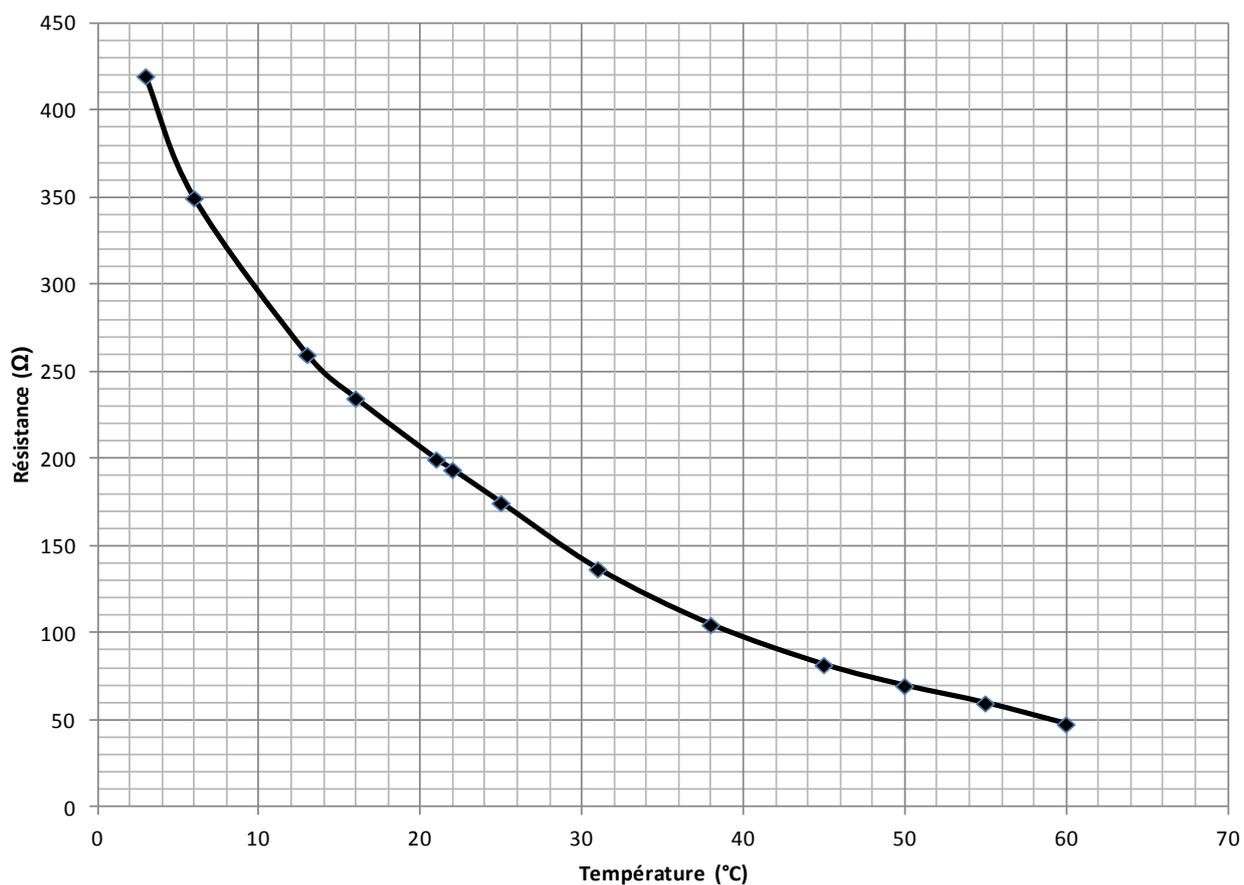
D'après [https://fr.wikipedia.org/wiki/Onde\\_radio](https://fr.wikipedia.org/wiki/Onde_radio) - version du 23/01/2019

### Document 8 - Fréquences utilisées en France par quelques applications de communication grand public

Application	Fréquence
Radio FM	≈ 100 MHz
TNT	450 – 860 MHz
GSM	≈ 900 MHz
UMTS	≈ 2100 MHz
Wi-Fi (b-g)	≈ 2400 MHz
WiMAX	≈ 3500 MHz

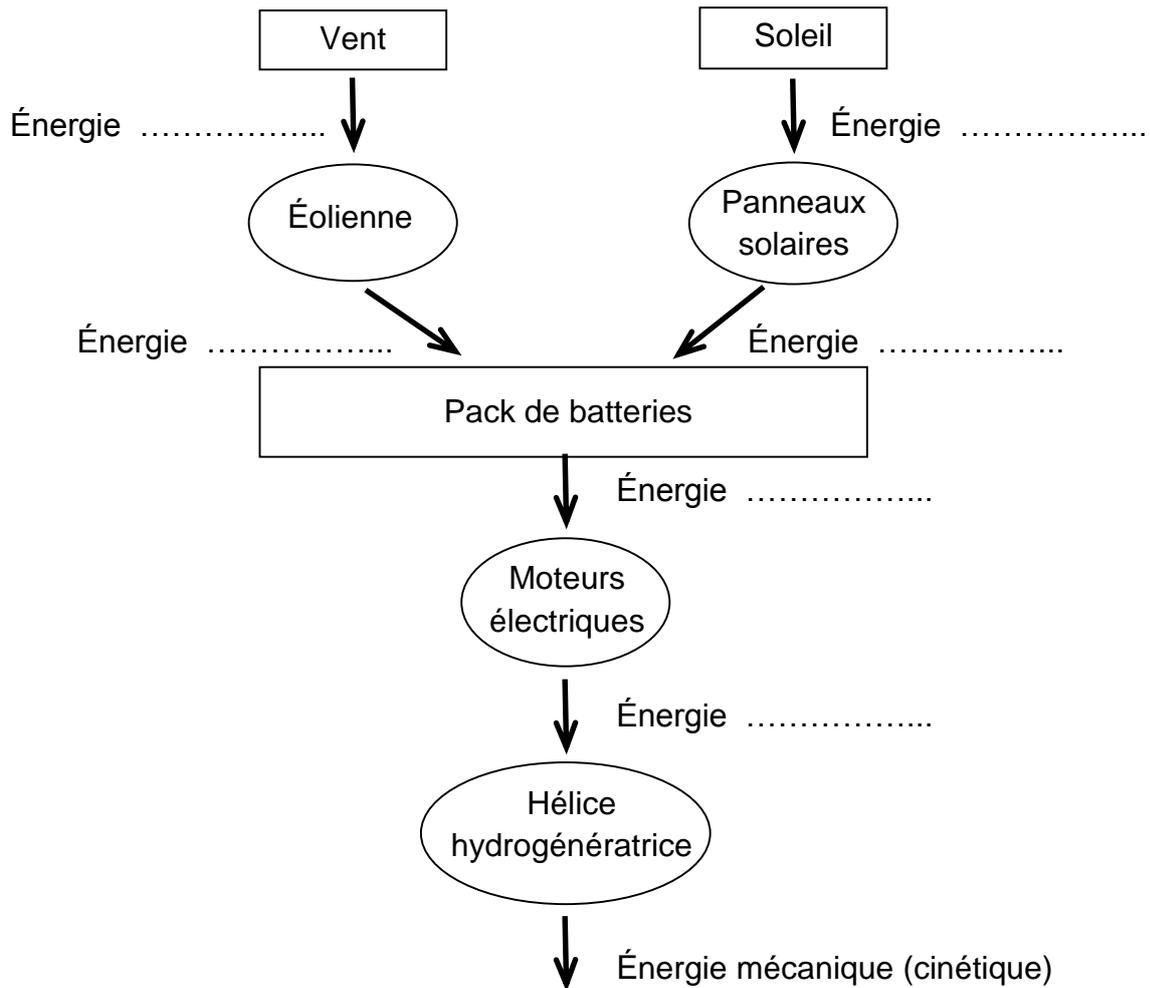
[www.ant.developpement-durable.gouv.fr/le-point-sur-la-gestion-des-frequences-radio-a19.html](http://www.ant.developpement-durable.gouv.fr/le-point-sur-la-gestion-des-frequences-radio-a19.html)

### Document 9 - Caractéristique typique d'une sonde CTN

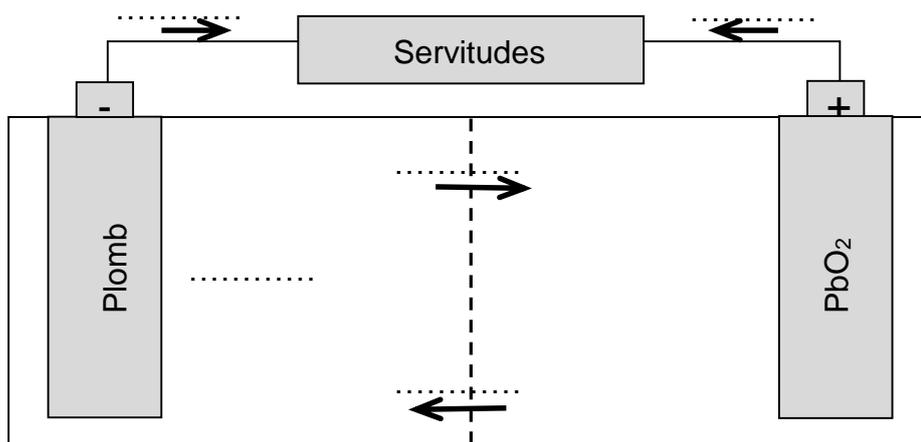


Courbe expérimentale CTN Jeulin

**DR1 - Chaîne énergétique du voilier en mode propulsion**



**DR2 - Schéma de la batterie au plomb associée au système de servitude**



**DR3 – Équation-bilan globale correspondant à la décharge de la batterie**

