

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

Sciences et Technologies de l'Industrie et du Développement Durable

INGÉNIERIE, INNOVATION ET DÉVELOPPEMENT DURABLE

Coefficient 16

Durée : 20 minutes -1 heure de préparation

Aucun document autorisé – Calculatrice autorisée

Constitution du sujet :

- **Dossier de Présentation** Pages 2 à 2
- **Dossier de Travail Demandé** Pages 3 à 6
 - Partie relative aux enseignements communs Pages 3 à 4
 - Partie relative à l'enseignement spécifique Pages 5 à 6
- **Dossier Technique et Ressource** Pages 7 à 9

Rappel du règlement de l'épreuve

L'épreuve s'appuie sur une étude de cas issue d'un dossier fourni au candidat par l'examineur et présentant un produit pluritechnologique.

Un questionnaire est remis au candidat avec le dossier en début de la préparation de l'épreuve. Il permet de résoudre une problématique technologique (sans entraîner le développement de calculs mathématiques importants) afin d'évaluer des compétences et connaissances associées, de la partie relative aux enseignements communs et propres à l'enseignement spécifique choisi par le candidat lors de son inscription.

Pendant l'interrogation, le candidat dispose de 10 minutes pour exposer les conclusions de sa préparation avant de répondre aux questions de l'examineur, relatives à la résolution du problème posé.

| | | |
|--|-------------------|--------------|
| Baccalauréat Sciences et Technologies de l'Industrie et du Développement Durable – STI2D | | Session 2022 |
| Ingénierie, innovation et développement durable - oral de contrôle | Code : 2022-29-EE | Page 1 / 9 |

DOSSIER DE PRÉSENTATION

Le Planet Solar (rebaptisé Race For Water)

Mise en situation

Le bateau Planet Solar a réussi le premier tour du monde en se propulsant uniquement avec l'énergie produite par des panneaux photovoltaïques lors de son premier voyage en 2010. Il a été rebaptisé en 2015 Race for Water, du nom de la Fondation qui l'exploite désormais.

Ses premières expérimentations ont démontré qu'un tel bateau est réaliste si l'autonomie issue des énergies renouvelables est d'au moins 6 jours.



Figure 1 : le Planet Solar rebaptisé Race for Water

« La Fondation Race for Water démontre qu'un avenir sans émission n'est pas une utopie, il est déjà en train de se concrétiser. L'ONU Environnement est fier de soutenir l'Odyssée autour du monde de ce navire innovant. Cette aventure démontrera la puissance des énergies renouvelables »

Erik Solheim

Directeur de l'ONU Environnement



Figure 2 : les différentes sources d'énergie du Race for Water

Problématique :

Le Planet Solar permet-il d'effectuer des voyages marins en toute autonomie ?

| | |
|--|-------------------|
| Baccalauréat Sciences et Technologies de l'Industrie et du Développement Durable – STI2D | Session 2022 |
| Ingénierie, innovation et développement durable - oral de contrôle | Code : 2022-29-EE |
| | Page 2 / 9 |

DOSSIER DE TRAVAIL DEMANDÉ

Partie relative aux enseignements communs

Partie 1 : étude de l'aile de kite

L'objectif de cette partie est de valider le choix du filin de l'aile de kite.

Dans cette partie on s'intéresse à la propulsion du bateau grâce à l'énergie éolienne provenant de l'aile de kite. Il s'agit d'un kite de traction dernière génération de 40 m² de surface qui se déploie à une hauteur de 150 m, l'équivalent de 500 m² de voile au niveau de la mer.

Cette solution innovante et performante, gérée automatiquement permet de gagner une large autonomie et d'augmenter la vitesse du navire dans certaines conditions.

Les efforts de traction sont transmis au bateau au moyen d'un filin (câble métallique).

Question 1 En utilisant le diamètre $D_{c\grave{a}ble}$ du câble de traction, **calculer** la section S du câble en mm².

DTR1

Pour les questions suivantes, on admettra une section S de 200 mm².

On souhaite étudier la résistance mécanique du câble de traction et vérifier que le coefficient de sécurité sur l'effort réel de traction correspond bien au domaine d'utilisation.

On rappelle les deux expressions suivantes :

Lors d'un effort de traction, la formule de la contrainte appliquée dans le matériau est

$$\sigma = \frac{N}{S} \text{ avec :}$$

- σ la contrainte normale dans le matériau en MPa (N·mm⁻²) ;
- N l'effort normal de traction ou de compression appliqué sur la section en N ;
- S la section sollicitée en mm².

Le coefficient de sécurité se calcule de la façon suivante :

$$s = \frac{R_{pe}}{\sigma} \text{ avec :}$$

- σ la contrainte normale dans le matériau en MPa (N·mm⁻²) ;
- R_{pe} la résistance pratique élastique dans le matériau en MPa (N·mm⁻²) ;
- s le coefficient de sécurité.

| | |
|--|------------------------------|
| Baccalauréat Sciences et Technologies de l'Industrie et du Développement Durable – STI2D | Session 2022 |
| Ingénierie, innovation et développement durable - oral de contrôle | Code : 2022-29-EE Page 3 / 9 |

Question 2 En utilisant l'intensité de l'effort de traction exercé par l'aile de Kite sur le bateau $\|\vec{N}_{kite \rightarrow bateau}\|$ et la résistance pratique élastique R_{pe} , **calculer** la contrainte σ dans le matériau (en MPa) ainsi que le coefficient de sécurité s .

DTR1

On indique que la plage de valeur du coefficient de sécurité trouvée à la question précédente se situe entre 3 et 4.

| Coefficient de sécurité s | Applications industrielles | Charges |
|-----------------------------|--|--|
| 1,5 à 2 | Aéronautique, grande légèreté souhaitée | Charges constantes |
| 2 à 2,5 | Légèreté souhaitée, pièces moteurs aviation, charpentes avec vents ou neiges | Conditions de travail moyennes, charges constantes |
| 2,5 à 3 | Domaine automobile, légèreté souhaitée | Conditions de travail mécanique moyennes |
| 3 à 4 | Domaine marin, engins de chantiers | Conditions de travail instables, chocs |

Tableau 1: exemples de valeurs de coefficient de sécurité en fonction des applications industrielles

Question 3 Au regard du tableau ci-dessus, **conclure** sur le choix du matériau utilisé pour le filin de l'aile de kite en validant le coefficient de sécurité.

L'aile de kite est déployée quand la vitesse du vent est comprise entre 5 et 15 $m \cdot s^{-1}$. Afin de mesurer cette vitesse, un capteur de vent communique via le protocole CIBus.

La capture d'une réponse du capteur vent donne la trame suivante :

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|----|---|-------|-----|----|-------|-------|-------|------|--------|-------|------|-------|---|
| <SOH> | 92 | A | <STX> | C13 | 03 | 03131 | 09144 | 04126 | 0408 | 111133 | 04141 | 0468 | <EOT> | 6 |
|-------|----|---|-------|-----|----|-------|-------|-------|------|--------|-------|------|-------|---|

Question 4 À partir de cette trame de communication sous le protocole CIBus, **déterminer** la vitesse du vent moyen 10 minutes, du vent instantané et du vent moyen 2 minutes. **Justifier** que dans ces conditions l'aile de kite peut-être déployée.

DTR2

Parties relatives à l'enseignement spécifique

Partie 2 : validation de l'installation photovoltaïque

L'objectif de cette partie est de vérifier si la quantité d'énergie produite par les panneaux photovoltaïques est suffisante pour propulser le bateau.

Pour estimer la production photovoltaïque destinée à la propulsion, on utilise le modèle de simulation ci-dessous :

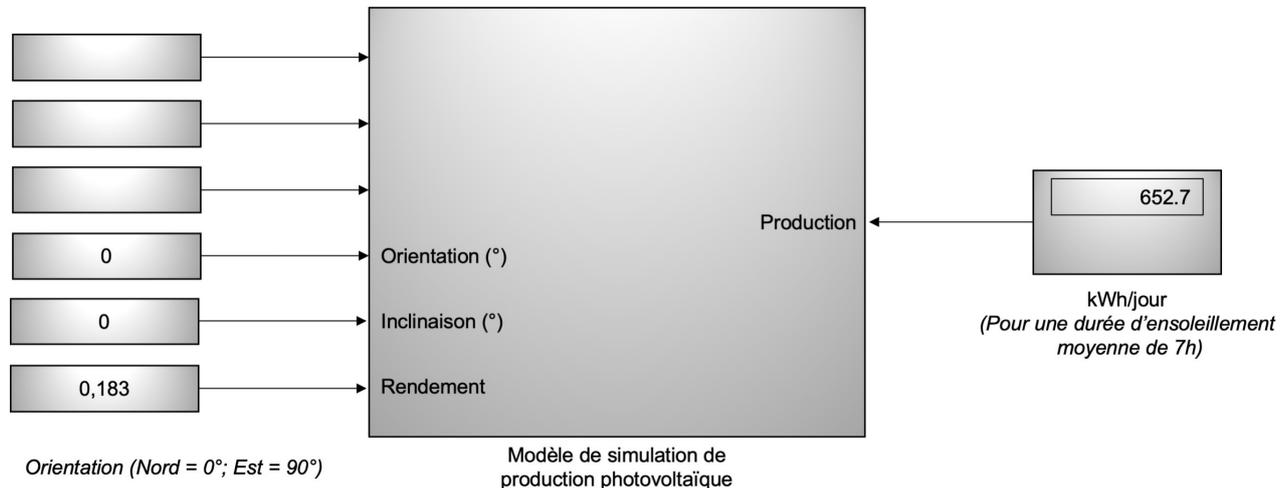


Figure 3 : modèle de simulation

Question 5 **Indiquer** les paramètres d'entrée manquants sur la figure 3, nécessaires à la réalisation de la simulation.

DTR1

L'irradiance est la puissance de rayonnement solaire par unité de surface.
La valeur de l'irradiance à la surface de la terre par temps ensoleillé est de $1000 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$.

On donne :

$$P_{\text{entrée}} = \text{Irradiance} \times S_{\text{panneau photovoltaïque}} \times N_{\text{bpanneaux photovoltaïques}}$$

$$P_{\text{sortie}} = P_{\text{crête panneau photovoltaïque}} \times N_{\text{bpanneaux photovoltaïques}}$$

Question 6 **Calculer** les puissances d'entrée et de sortie de l'installation photovoltaïque par temps ensoleillé.

DTR1

On rappelle que la puissance des moteurs en régime de croisière $P_{\text{croisière}}$ est de 20 kW.

Question 7 Compte tenu de la puissance des moteurs $P_{\text{croisière}}$, **conclure** sur la capacité du bateau à être propulsé uniquement grâce à la puissance de l'installation photovoltaïque.

| | |
|--|-------------------|
| Baccalauréat Sciences et Technologies de l'Industrie et du Développement Durable – STI2D | Session 2022 |
| Ingénierie, innovation et développement durable - oral de contrôle | Code : 2022-29-EE |
| | Page 5 / 9 |

Partie 3 : étude de l'autonomie du bateau

L'objectif de cette partie est de vérifier l'autonomie énergétique du bateau.

Le pack de batteries Li-ion d'une masse totale de 8 tonnes possèdent une densité énergétique massique $D_{batteries}$ égale à $250 \text{ W}\cdot\text{h}\cdot\text{kg}^{-1}$. Afin de maximiser la durée de vie du pack de batteries, la profondeur de décharge des batteries équipant le bateau est de 36 %.

On donne la formule générale permettant de calculer une autonomie énergétique A :

$$A = \frac{E_{\text{stockée}} \times P_{\text{décharge}}}{P_{\text{croisière}}}$$

avec : $E_{\text{stockée}}$ en $\text{W}\cdot\text{h}$

$P_{\text{croisière}}$ en W

A en h

$P_{\text{décharge}}$, la profondeur de décharge

Question 8 **Calculer** l'autonomie énergétique $A_{batteries}$ du bateau.

DTR1

En 2017, la technologie hydrogène a été ajoutée au bateau afin d'améliorer son autonomie énergétique. La quantité totale d'énergie stockée dans les 25 bouteilles d'hydrogène est de $2600 \text{ kW}\cdot\text{h}$.

Question 9 **Calculer** l'autonomie énergétique A_{hydr} à la vitesse de croisière du bateau obtenue grâce uniquement à la technologie hydrogène.

DTR1

Question 10 **Conclure** sur la cohérence des choix opérés par le constructeur afin de pouvoir voyager en toute autonomie énergétique.

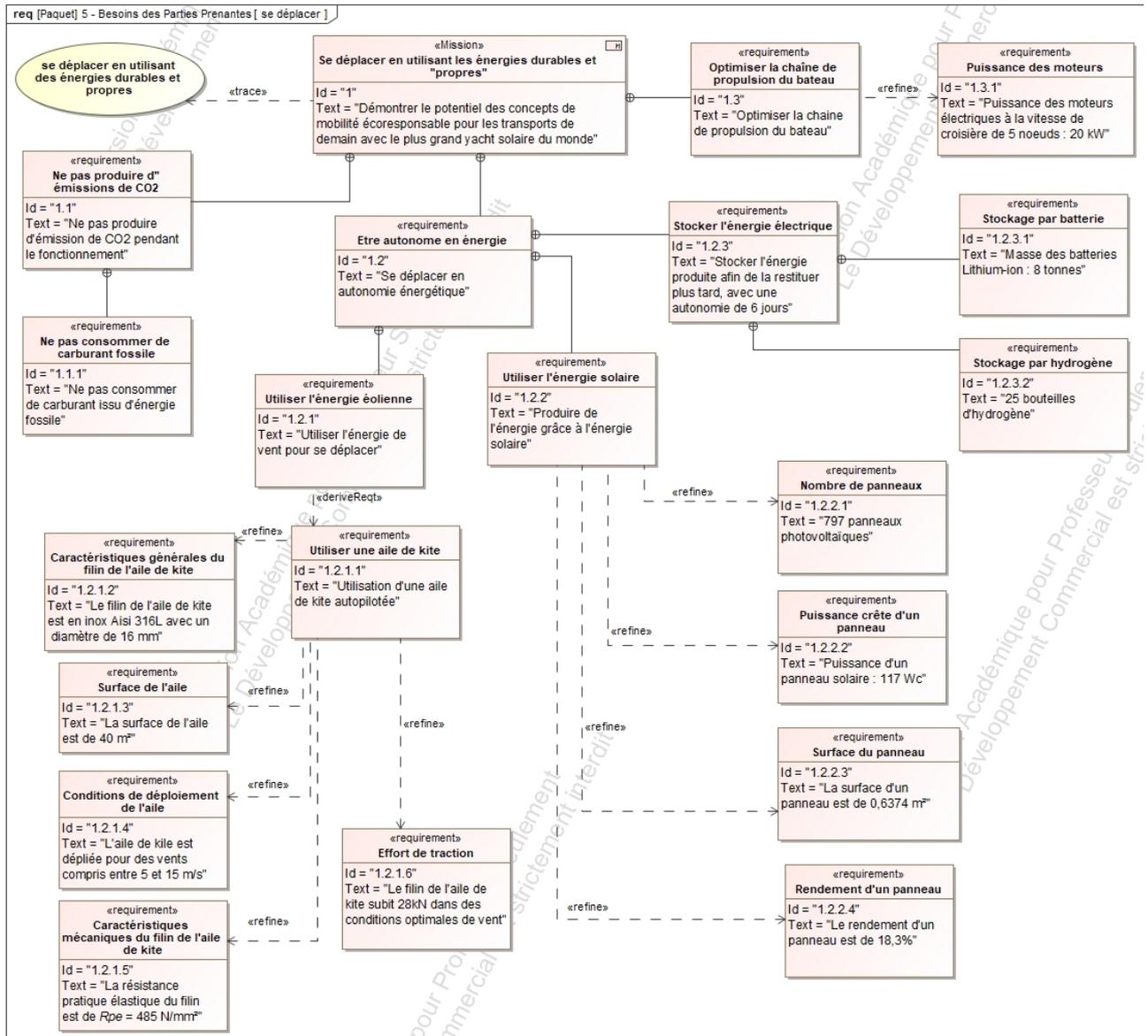
DTR1

DTR3

DTR4

DOSSIER TECHNIQUE ET RESSOURCE

DTR1 : cahier des charges SysML



DTR2 : protocole CIBus

Les données de la trame sont exprimées en décimal.

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|-----|---|-------|----|-----|-------|-------|-------|------|------|-------|------|-------|-------|
| <SOH> | Raa | A | <STX> | Cx | VSS | DDFF1 | DDFF2 | DDFF3 | ddDD | ffff | DDFF4 | VVVV | <EOT> | <LRC> |
|-------|-----|---|-------|----|-----|-------|-------|-------|------|------|-------|------|-------|-------|

| | |
|-------|--|
| Raa | Adresse physique du capteur dans le réseau CIBUS |
| A | Identification de message de données minutes |
| Cx | Identification logique de la mesure du vent |
| VSS | Version du message du capteur vent / statuts public / statuts privés ; (V=3) |
| DDFF1 | Vent moyen 10 minutes |
| DDFF2 | Vent instantané : maximum dans les 10 minutes précédentes |
| DDFF3 | Vent moyen 2 minutes |
| ddDD | Vent moyen : domaine de variation des directions dans les 10 minutes précédentes |
| ffff | Vent moyen : domaine de variation des vitesses dans les 10 minutes précédentes |
| DDFF4 | Vent instantané : maximum dans la minute précédente |
| VVVV | Vent passé dans la minute précédente |

Tableau 2 : signification des différents termes de la trame transmise

<SOH> <EOT> et <LRC> sont des éléments qui permettent de délimiter/contrôler la trame

Dans les champs de type DDFFi :

« DD » représente la direction du vent en dizaine de degrés

« FFi » représente la force du vent en dixième de $m \cdot s^{-1}$

Exemple d'interprétation des trames

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-------|----|---|-------|-----|----|-------|-------|-------|------|--------|-------|------|-------|---|
| <SOH> | 92 | A | <STX> | C13 | 03 | 03131 | 09144 | 04126 | 0408 | 111133 | 04141 | 0468 | <EOT> | 6 |
|-------|----|---|-------|-----|----|-------|-------|-------|------|--------|-------|------|-------|---|

La valeur DDFF4 est 04141

Cette valeur est découpée en deux parties : DD FF4

DD correspond à $04_{(10)}$ soit une direction de vent de 40°

FF4 correspond à $141_{(10)}$ soit $14,1 m \cdot s^{-1}$

DTR3 : fonctionnement de la technologie hydrogène dans le Race for water

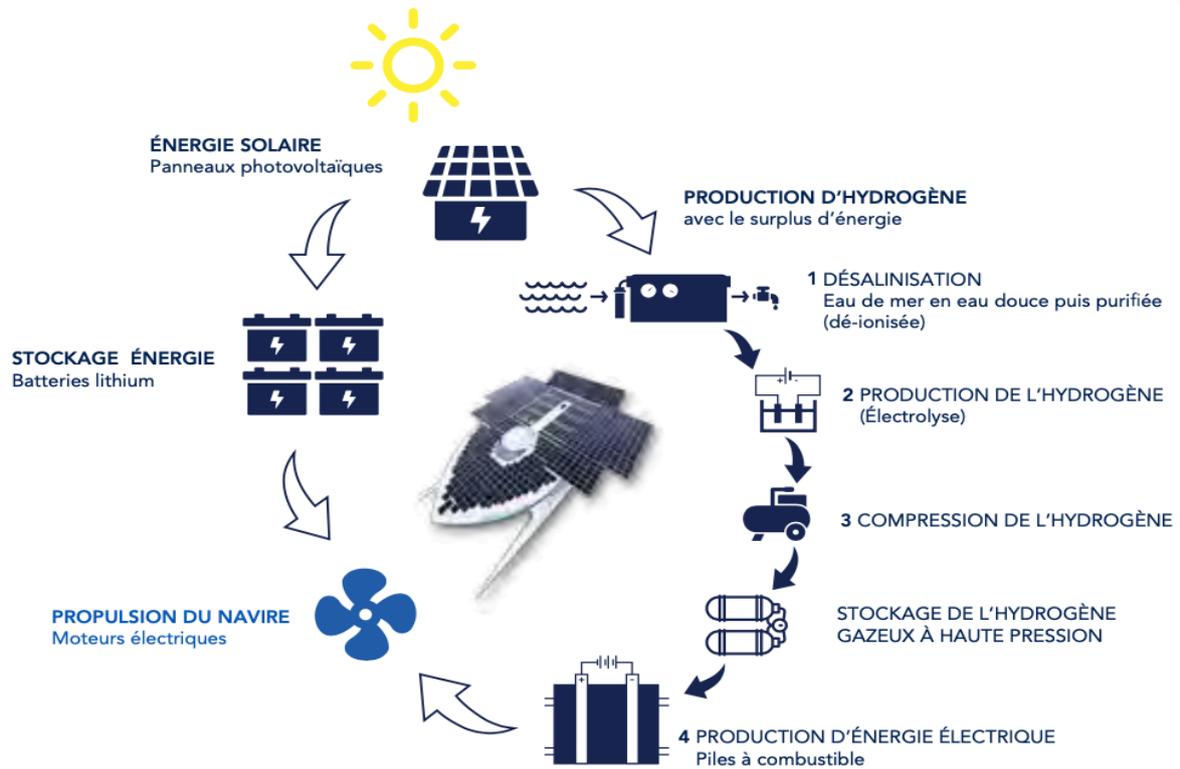


Figure 4 : illustration de l'utilisation de la pile à combustible sur le Race for Water

DTR4 : comparaison des différents modes de stockage de l'énergie

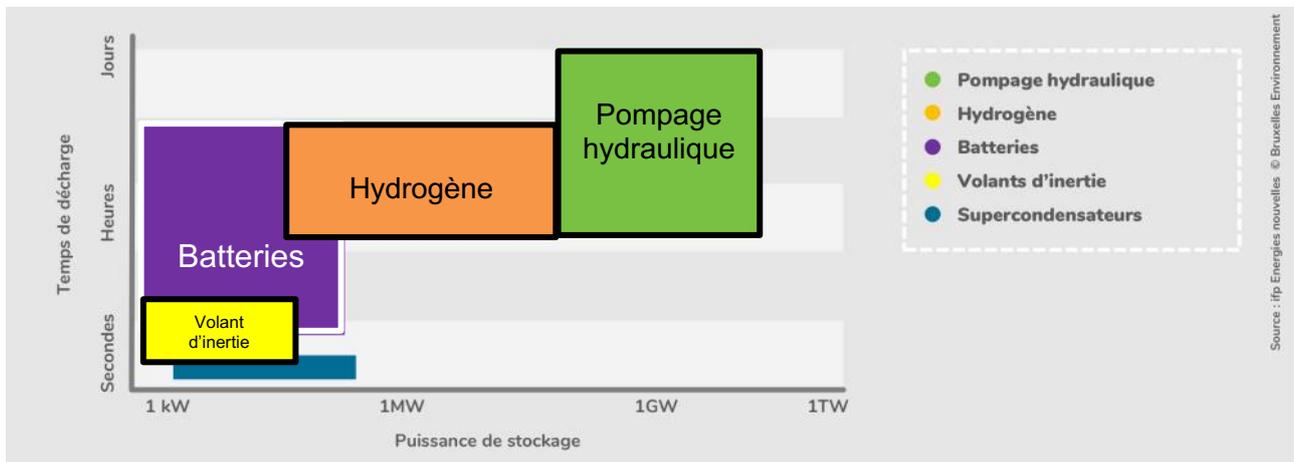


Figure 5 : comparaison des modes de stockage de l'énergie