

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 ?

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).

Q1) En utilisant le diamètre $D_{\text{câble}}$ du câble de traction (DTR1), **calculer** la section S du câble en mm^2 .

$S =$

Pour les questions suivantes, on admettra une section S de 200 mm^2 .

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

$$\sigma = \frac{N}{S} \quad \text{avec :} \quad \begin{array}{l} \sigma \text{ la contrainte normale dans le matériau en MPa (N}\cdot\text{mm}^{-2}\text{)} ; \\ N \text{ l'effort normal de traction ou de compression appliqué sur la section en N ;} \\ S \text{ la section sollicitée en mm}^2. \end{array}$$

Le coefficient de sécurité se calcule de la façon suivante :

$$s = \frac{R_{pe}}{\sigma} \quad \text{avec :} \quad \begin{array}{l} \sigma \text{ la contrainte normale dans le matériau en MPa (N}\cdot\text{mm}^{-2}\text{)} ; \\ R_{pe} \text{ la résistance pratique élastique dans le matériau en MPa (N}\cdot\text{mm}^{-2}\text{)} ; \\ s \text{ le coefficient de sécurité.} \end{array}$$

Q2) En utilisant l'intensité de l'effort de traction exercé par l'aile de Kite sur le bateau $\|\vec{N}_{\text{kite} \rightarrow \text{bateau}}\|$ et la résistance pratique élastique R_{pe} (DTR1), **calculer** la contrainte σ dans le matériau (en MPa) ainsi que le coefficient de sécurité s .

$\sigma =$

$s =$

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

Q3) 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 $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$. 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
-------	----	---	-------	-----	----	-------	-------	-------	------	--------	-------	------	-------	---

Q4) 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 (DTR2). **Justifier** que dans ces conditions l'aile de kite peut-être déployée.

✍ **Vitesse du vent moyen 10 min :**

✍ **Vitesse du vent instantané :**

✍ **Vitesse du vent moyen 2 min :**

✍

Partie relative 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 :

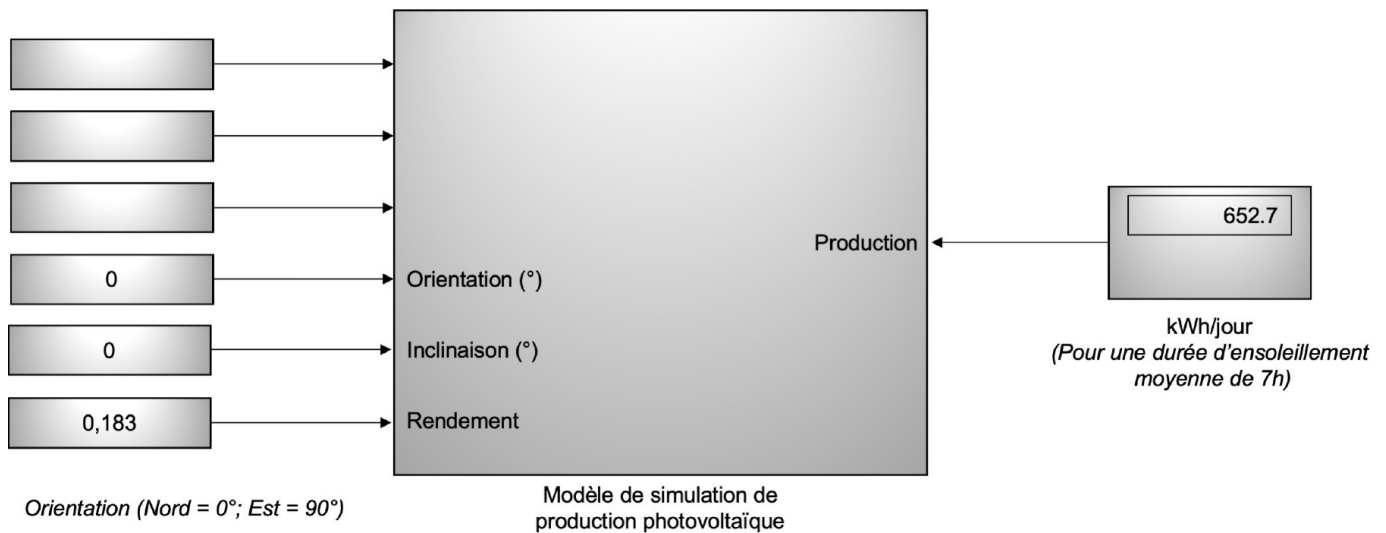


Figure 3 : modèle de simulation

Q5) 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 :

$$P_{\text{entrée}} = \text{Irradiance} \times S_{\text{panneau photovoltaïque}} \times Nb_{\text{panneaux photovoltaïques}}$$

$$P_{\text{sortie}} = P_{\text{crête panneau photovoltaïque}} \times Nb_{\text{panneaux photovoltaïques}}$$

Q6) En vous référant au document technique DTR1, **calculer** les puissances d'entrée et de sortie de l'installation photovoltaïque par temps ensoleillé.

 $P_{\text{entrée}} =$

 $P_{\text{entrée}} =$

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

Q7) 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.



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 $D_{\text{batteries}}$ 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 :

$$A = \frac{E_{\text{stockée}} \times P_{\text{décharge}}}{P_{\text{croisière}}} \quad \text{avec :} \quad \begin{array}{l} E_{\text{stockée}} \text{ en W}\cdot\text{h} \\ P_{\text{croisière}} \text{ en W} \\ A \text{ en h} \\ P_{\text{décharge}}, \text{ la profondeur de décharge} \end{array}$$

Q8) En vous référant au document technique DTR1, **calculer** l'autonomie énergétique $A_{\text{batteries}}$ du bateau.

 $A_{\text{batteries}} =$

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 $2600 \text{ kW}\cdot\text{h}$.

Q9) En vous référant au document technique DTR1, **calculer** l'autonomie énergétique A_{hydr} à la vitesse de croisière du bateau obtenue grâce uniquement à la technologie hydrogène.

 $A_{\text{hydr}} =$

Q10) 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

