

## CONCOURS GÉNÉRAL DES LYCÉES

—  
SESSION 2016  
—**SCIENCES ET TECHNOLOGIES INDUSTRIELLES  
ET DU DÉVELOPPEMENT DURABLE**

(Classes de terminale STI2D)

PREMIERE PARTIE

Durée : 5 heures  
—*L'usage de la calculatrice est autorisé***Consignes aux candidats**

- Ne pas utiliser d'encre claire
- N'utiliser ni colle, ni agrafe
- Numéroté chaque page en bas à droite (numéro de page / nombre total de pages)
- Sur chaque copie, renseigner l'en-tête + l'identification du concours selon l'option choisie :

**1. Option Architecture et construction :**

Concours

C G L

Section/Option

S A R C O

Epreuve

0 0 1 0 1

Matière

A R C O

**2. Option Energies et environnement :**

Concours

C G L

Section/Option

S E N E N

Epreuve

0 0 1 0 1

Matière

E N E N

**3. Option Innovation technologique et éco-conception :**

Concours

C G L

Section/Option

S I T E C

Epreuve

0 0 1 0 1

Matière

I T E C

**4. Option Systèmes d'information et numérique :**

Concours

C G L

Section/Option

S S I N U

Epreuve

0 0 1 0 1

Matière

S I N U

# CONCOURS GENERAL DES LYCEES

## Sciences et technologies de l'industrie et du développement durable


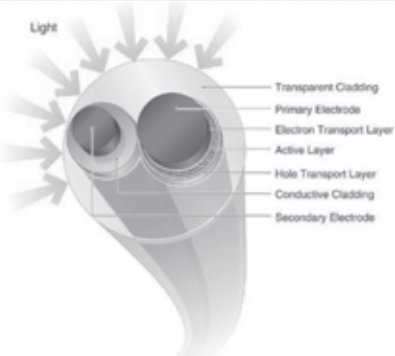

### Session 2016

Durée 5 heures

Aucun document autorisé

Calculatrice autorisée

### Constitution du sujet

		
<p><b>Partie 1 : le voilier</b></p>	<p><b>Partie 2 : photovoltaïque innovant</b></p>	<p><b>Partie 3 : catway d'amarrage</b></p>

- **Sujet** (*mise en situation et questions à traiter par le candidat*)
  - **partie 1** ..... pages 2 à 10
  - **partie 2** ..... pages 11 à 19
  - **partie 3** ..... pages 20 à 22
- **Documents techniques** ..... pages 23 à 42
- **Documents réponses** ..... pages 43 à 49

**Les documents réponses DR1 à DR11 (pages 43 à 49) seront à rendre agrafés aux copies.**

Concours général des lycées	2016
Sciences et technologies de l'industrie et du développement durable STI2D	Page <b>1 / 49</b>

Un skippeur amateur désire acquérir un voilier afin d'effectuer essentiellement des croisières mais aussi des compétitions.

Ce client est exigeant : il veut non seulement être vigilant à la sécurité à bord, au confort mais aussi aux performances techniques du voilier.

Le propriétaire désire adhérer à la charte des plaisanciers « pavillon bleu » c'est à dire s'inscrire dans une démarche écologique et responsable.

Lors de ses recherches, l'ingénieur chargé de l'étude, a retenu un constructeur de voiliers. **L'étude proposée consiste à vérifier si les exigences du cahier des charges sont remplies et éventuellement proposer des modifications au constructeur.**



La partie 1 permettra de valider différents points du cahier des charges du voilier : la propulsion et son autonomie, la mesure de la direction et de la vitesse du vent, puis la quille pendulaire.

La partie 2 déterminera une solution d'alimentation d'énergie électrique d'origine renouvelable pour les organes de servitudes.

D'autre part, le skippeur désire louer un anneau (lieu d'amarrage des bateaux). Actuellement, la capacité d'accueil des ports est limitée, les ports mettent donc en place de nouveaux appontements flottants appelés catways.

Dans la partie 3, nous étudierons les éléments constitutifs de ces catways.

## Partie 1 : le voilier

### **Étude de la motorisation et de son autonomie (questions 1.1 à 1.7)**

Le voilier spécifié est équipé d'une propulsion hybride. Cette propulsion repose sur deux moteurs électriques actionnant chacun une hélice; les moteurs sont alimentés en énergie par des batteries et/ou par un groupe électrogène. Les moteurs permettent également un fonctionnement générateur pour recharger les batteries.

La commande des deux moteurs est indépendante ; elle s'effectue depuis le poste de pilotage par deux manettes de commandes.

**Il s'agit de vérifier certaines caractéristiques de la propulsion motorisée du voilier et de justifier les critères de choix des batteries.**

Question 1.1  
*voir DT1* | Le voilier étudié doit pouvoir être propulsé autrement que par ses voiles. **Citer** la raison et **préciser** les exigences d'autonomie en termes de distance et de durée de fonctionnement motorisé (voir diagramme d'exigence sur la propulsion motorisée DT1).

☞ Identification des flux d'énergie et des fonctions relatives à la propulsion motorisée

Les moteurs peuvent être utilisés selon 3 modes :

- mode 1 : moteurs alimentés par l'énergie des batteries seulement ;
- mode 2 : moteurs alimentés par le groupe électrogène ;
- mode 3 : « moteurs » en fonctionnement générateur, lorsque la propulsion à voile permet d'entraîner les hélices pour charger les batteries.

Question 1.2  
*sur DR1* | Sur le DR1, **surligner** (en précisant le sens du flux), le flux d'énergie correspondant au mode 1 en bleu, le flux d'énergie correspondant au mode 2 en trait interrompu bleu et le flux d'énergie correspondant au mode 3 en vert.

Question 1.3 | **Compléter** les fonctions proposées sur le DR1 (F1 à F6) sous les blocs  
sur DR1 correspondants.

☞ Identification des constituants de la propulsion motorisée

Question 1.4 | **Indiquer** sur le schéma du DR2 les repères de nomenclature des constituants  
sur DR2 de la propulsion motorisée.

☞ Vérification de la puissance transmissible de la propulsion motorisée

Question 1.5 | → A l'aide des caractéristiques des constituants (voir DT2 à DT5), **justifier**  
voir DT2 à DT5 → que la tension de fonctionnement du pack de batteries est compatible  
avec la tension de sortie du groupe électrogène ainsi qu'avec la tension  
d'alimentation des moteurs et des variateurs de vitesse.  
→ **Justifier** qu'un variateur de vitesse AVB125A200 peut fournir le courant  
nominal d'un moteur ST 74.  
→ **Déterminer** le courant maximum que peut fournir le pack de batteries  
(voir DT3 et notamment le courant de décharge maximum – sans «active  
cooling»)  
→ **Justifier** que le pack de batteries peut fournir le courant nominal pour  
alimenter les deux moteurs ST 74.

☞ Détermination de la puissance consommée par les moteurs pour propulser le voilier à  
2,5 m.s<sup>-1</sup> (en propulsion motorisée, c'est-à-dire sans voile)

*Remarque : L'étude considère que le déplacement du voilier est rectiligne, à vitesse établie.*

Question 1.6 | → Sur le DT6, **relever** l'effort de traînée du voilier (force de résistance à  
voir DT6 l'avancement du voilier) lorsque celui-ci se déplace à 2,5 m.s<sup>-1</sup>.  
voir DT7 En **déduire** la force que doit exercer une hélice.  
→ A l'aide de la caractéristique d'une hélice (voir DT7), **déduire** :  
▪ la vitesse de rotation N de l'hélice,  
▪ puis, le couple résistant C sur l'arbre d'une hélice à cette vitesse.  
→ **Exprimer** la puissance mécanique développée par une hélice en fonction  
du couple et de la vitesse de rotation. **Calculer** ensuite cette puissance.  
→ Le rendement d'un ensemble "variateur + moteur" étant de 87%, **justifier**  
que la puissance consommée par les deux ensembles "variateur +  
moteur" dans ces conditions est de l'ordre de 2000 W.

☞ Analyse des critères de choix du pack de batteries de la motorisation

Question 1.7 | → **Justifier** que le pack de batteries permet les 2 heures de fonctionnement  
spécifiées au cahier des charges (on considérera que pour la propulsion  
motorisée sans voile à une vitesse de 2,5 m.s<sup>-1</sup>, le pack de batteries doit  
fournir 2100 W).

*Remarque : par mesure de sécurité, il a été prévu un surdimensionnement  
(d'ordre de 5) de la capacité des batteries pour faire face aux éventuelles  
intempéries (houle, vent, etc...)*

voir DT3  
voir DT8

→ Le tableau (DT8) présente les caractéristiques de différents types de  
batteries. **Classer** selon trois niveaux (prioritaire, moyennement prioritaire,  
secondaire) ces caractéristiques (énergie massique, nombre de cyclages,  
prix, sécurité) qui ont amené à choisir le modèle Lithium-Fer-Phosphate.

Concours général des lycées	2016
Sciences et technologies de l'industrie et du développement durable STI2D	Page 3 / 49

## L'anémomètre girouette (questions 1.8 à 1.15)

La précision des mesures de la direction et de la vitesse du vent est primordiale pour le type de voilier qui sera construit. En effet, elles permettent de border au mieux les voiles et ainsi de gagner en vitesse sans dépasser les limites et donc de prévenir les risques de chavirage.

**Il faut donc choisir l'anémomètre girouette et vérifier qu'il satisfasse aux exigences ainsi qu'aux conditions de croisière décrites et éventuellement proposer des améliorations.**

Question 1.8  
sur DR1

**Relever**, dans le diagramme IBD « chaînes d'énergie et d'information » (diagramme de blocs internes DR1), les informations indispensables lors de la propulsion à voile.

L'ingénieur chargé de l'étude a le choix pour l'anémomètre girouette entre le WSM (voir DT9) et le CV7SF à ultrason (voir DT10).

☞ Analyse des critères de choix des capteurs

Question 1.9  
voir DT9  
voir DT10  
voir DT12  
sur DR3

→ **Compléter** les caractéristiques du capteur WSM dans le tableau du DR3.  
→ **Indiquer** si les caractéristiques des **deux** capteurs correspondent aux exigences (voir DT12). Pour cela, **mettre** en évidence les caractéristiques non satisfaisantes en barrant soigneusement (sans gêner la lecture) les cases correspondantes dans le tableau du DR3.  
→ **Indiquer** le capteur qui répond le mieux aux exigences ; **argumenter**.

**L'ingénieur choisit le capteur CV7SF.**

Question 1.10  
sur DR3

Compte tenu des itinéraires possibles du voilier et des conditions météorologiques extrêmes, la température minimale peut atteindre  $-20\text{ °C}$ .  
**Préciser** si cette valeur est compatible avec les caractéristiques de l'anémomètre girouette que l'ingénieur a sélectionné. **Conclure**.

☞ Recherche du composant dont la gamme de températures n'est pas adaptée  
Après des recherches et avec les éléments donnés par le constructeur (voir DT11), l'ingénieur doit trouver le composant responsable du problème afin de proposer une solution.  
Pour un bon fonctionnement du capteur CV7SF, le courant minimum fourni par les cellules solaires (XOB17) ne doit pas être inférieur à 5 mA et la tension ne doit pas être inférieure à 5 V.

Question 1.11  
voir DT11

→ **Indiquer** le composant qui n'est pas adapté à la gamme de températures désirée.  
→ **Expliquer** pourquoi le CV7SF ne fonctionnera pas correctement.

☞ Analyse d'une solution pour remédier au problème de température

Pour remédier au problème, l'ingénieur propose à la société LCV, dans la gamme de températures problématique, de limiter le nombre de transferts entre l'émetteur en haut du mât et le récepteur afin de laisser du temps pour la recharge du supercondensateur.

Question 1.12

→ **Relever** dans la documentation (sur DR3), les fréquences de rafraîchissement de sortie en mode jour, lever et coucher du soleil puis en nuit.

Le nouveau programme sera modifié, pour le mode jour seulement, de la façon suivante :

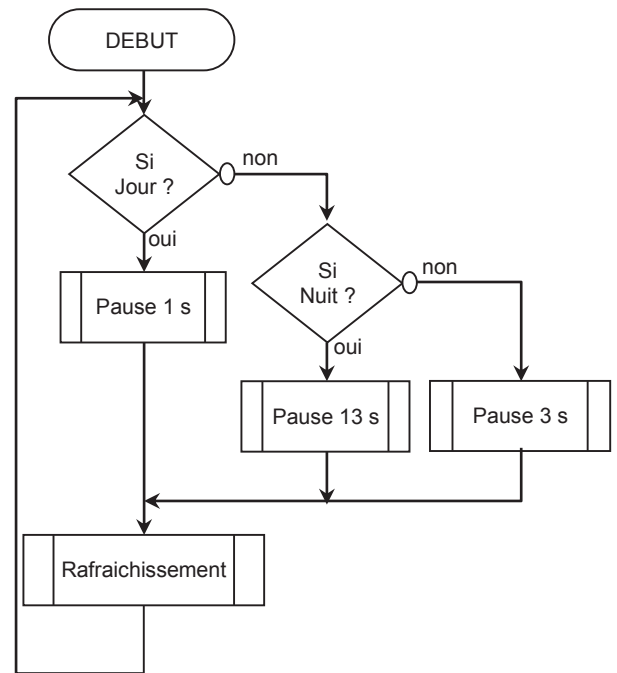
sur DR3

**Si** « température < -10 °C » l'appel à la macro « rafraîchissement » se fera toutes les 3 secondes,

**Sinon** pas de changement.

→ **Transformer** et **retracer** à main levée (sur votre copie) le nouveau programme afin qu'il réponde à la nouvelle contrainte de température « mode jour ».

Organigramme



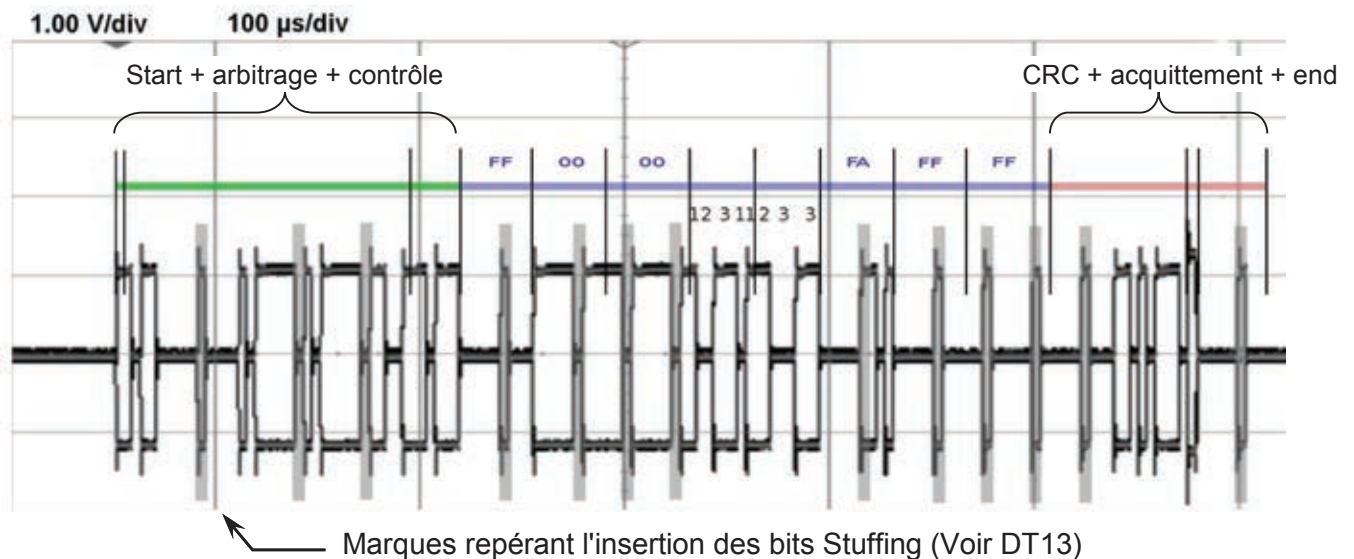


### ☞ Test du capteur à -20 °C

Le capteur CV7SF ainsi modifié doit être vérifié dans la nouvelle gamme de températures. L'ingénieur propose de comparer deux mesures d'une même direction du vent pour deux températures différentes (-20 °C et +20 °C). La mesure doit être précise, d'où l'utilisation d'un oscilloscope qui capture les trames sur le bus NMEA2000@.

Le document technique DT13 regroupe les renseignements obtenus sur le site NMEA.org.

Le premier relevé à +20 °C fournit le chronogramme ci-dessous et permet de calculer le taux de transfert en baud.



Question 1.13

voir DT13

- **Mesurer** la durée de cette trame sur le chronogramme.
- **Calculer** le nombre de bits contenus dans cette trame en vous aidant du DT13, et en tenant compte des bits de Stuffing.
- **En déduire** la vitesse de transmission de cette liaison.

### ☞ Décodage de la trame.

Question 1.14

- En vous aidant du DT13, **justifier** si la mesure relevée par cette trame est en vent réel ou relatif.
- En vous aidant du chronogramme précédent, ainsi que de la norme NMEA (DT13), **retrouver** les valeurs hexadécimales des octets manquants, sachant que lors de la transmission d'un octet, c'est le bit de poids fort qui est transmis en premier (les chiffres au dessus indiquent le nombre de bits consécutifs d'un état donné).
- **Indiquer** à quoi font référence ces octets dans la trame (voir DT13)
- **Calculer** la grandeur du vent correspondante.

### ☞ Synthèse

Question 1.15

- La seconde mesure à -20 °C donne un angle de 78,92°.
- **Indiquer** si la différence reste inférieure à 1° (tolérance du constructeur).
  - **Conclure et argumenter** sur le choix du capteur avec la modification logicielle.

## La quille pendulaire (questions 1.16 à 1.24)

Afin de répondre aux critères du cahier des charges stipulant que le niveau de performance doit être digne d'un bateau de course tout en préservant des conditions optimales de confort, le bureau d'étude a été amené à envisager l'installation d'une quille pendulaire capable de s'incliner sur commande par rapport au plan médian du bateau.

Il est toutefois nécessaire:

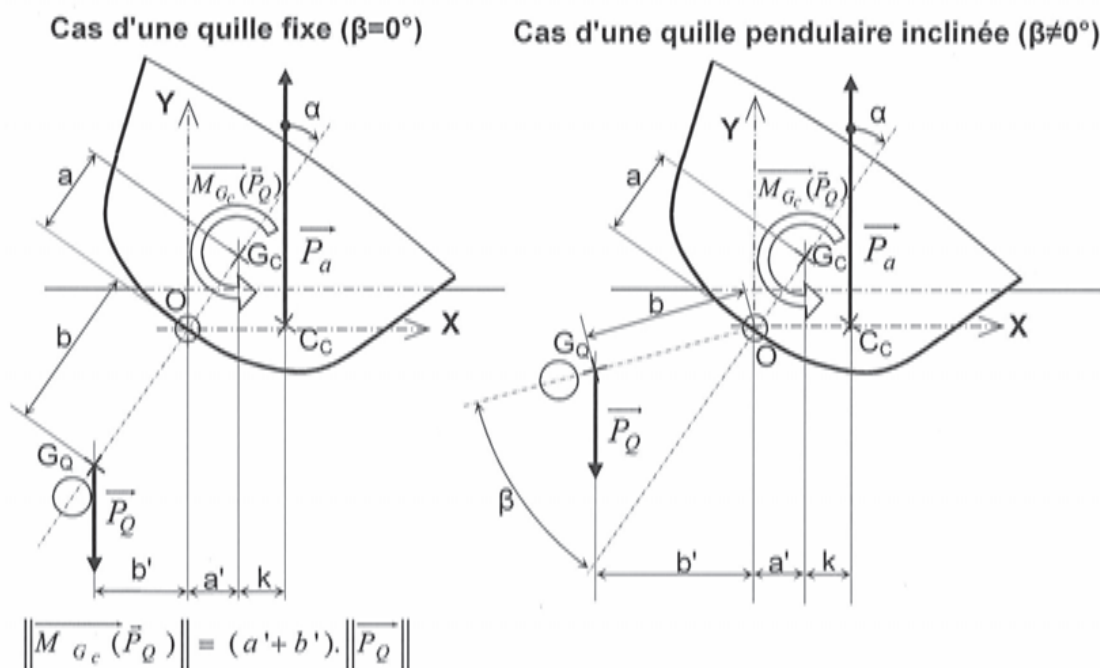
- d'évaluer les bénéfices apportés par l'inclinaison de la quille;
- de dimensionner les éléments de la chaîne de transformation et transmission d'énergie;
- de vérifier, dans les conditions critiques, la résistance aux efforts de l'élément le plus sollicité.

☛ Bénéfices apportés par une quille pendulaire.

L'ingénieur doit vérifier que cette technologie innovante est susceptible d'apporter un gain substantiel sur les performances globales.

Sur un bateau traditionnel à quille fixe, les efforts exercés par le vent sur les voiles provoquent la gîte du bateau (inclinaison  $\alpha$  par rapport à l'axe vertical : voir figure ci-dessous). Les conséquences sont une perte de confort pour les passagers et une diminution de prise au vent.

Le rôle de la quille, du fait de cette inclinaison, de son poids et de la position basse de son centre de gravité, est de créer un couple de redressement tendant à remettre le bateau droit.



$\vec{P}_Q$  : Poids de l'ensemble de la quille (bulbe + voile de quille).

$\vec{P}_a$  : Poussée d'Archimède (force verticale de poussée exercée par l'eau sur la coque, appliquée au centre de carène  $C_c$  = centre géométrique de la partie immergée).

$\overline{M_{G_c}(\vec{P}_Q)}$  : Moment de redressement dû au poids de la quille autour de l'axe  $(G_c, \vec{z})$ .

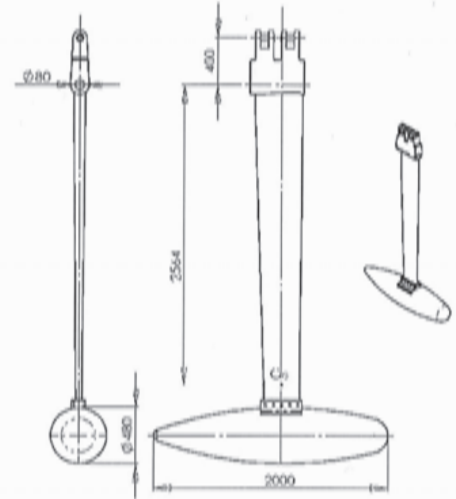
Question 1.16

Dans le cas d'une quille pendulaire, identifier le paramètre dimensionnel qui varie lors du basculement d'un angle  $\beta$  de la quille et justifier sans calcul que la norme  $\|\overline{M_{G_c}(\vec{P}_Q)}\|$  du moment de redressement dû au poids de la quille autour de  $(G_c, \vec{z})$  est plus importante que pour une quille fixe.



A partir des caractéristiques du bateau (dimensions, poids, hauteur de mât et surface de la voile), un avant-projet du mécanisme de quille pendulaire (voir DT14) établi par le bureau d'étude a permis d'aboutir aux caractéristiques principales de quille suivantes :

- Masse du bulbe (en plomb) : **2410 kg.**
- Masse du voile de quille (en acier Inox) : **654 kg.**
- Distance du centre de gravité de l'ensemble mobile de la quille (bulbe + voile de quille) / axe de rotation de quille : **2564 mm.**



Le graphe DT15 exprime le couple de redressement exercé par le poids de la quille autour de l'axe  $(G_c, \vec{z})$  en fonction de l'angle de gîte  $\alpha$  et de l'angle d'inclinaison  $\beta$  de la quille par rapport au plan médian du bateau.

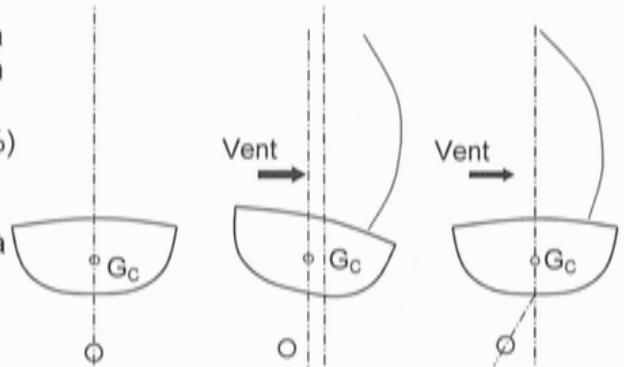
Question 1.17

voir DT15

Dans des conditions moyennes de vents de travers, le voilier à quille fixe ( $\beta=0^\circ$ ) prend une gîte naturelle  $\alpha \approx 15^\circ$  (selon la voile installée). **Déterminer**, à partir du DT15, le gain obtenu sur le couple de redressement lorsqu'on incline la quille pendulaire au maximum ( $\beta=40^\circ$ ).

Sur un bateau à quille pendulaire, le réglage de la position de la quille engendre une augmentation importante du couple de redressement et permet :

- une réduction du poids de la quille (de l'ordre de 40%) comparativement à une quille fixe, entraînant une réduction de l'enfoncement de la coque dans l'eau (tirant d'eau) et donc une réduction de la résistance à l'avancement ;
- une diminution de l'angle de gîte dans la plupart des conditions de vent.



Question 1.18

En utilisant le schéma et les explications ci-dessus, **expliquer** en quoi la diminution du poids de la quille, par rapport à un même bateau à quille fixe, va permettre d'augmenter les performances du voilier.

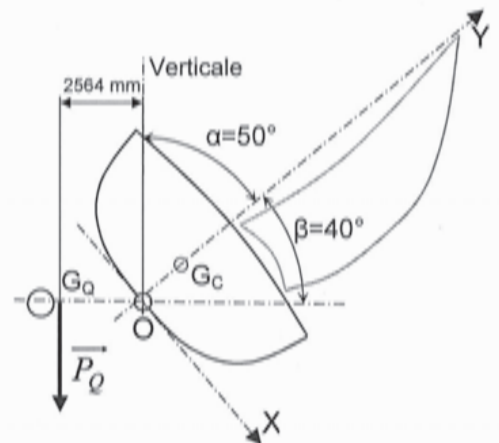
### ☞ Choix du convertisseur d'énergie

L'ingénieur doit maintenant dimensionner et choisir le convertisseur d'énergie permettant d'actionner la quille.

Le mécanisme de manœuvre de la quille pendulaire est défini (voir DT14) par un éclaté et un schéma cinématique en perspective.

Le cahier des charges fonctionnelles impose que le basculement complet de la quille entre deux positions extrêmes soit effectué en moins de 10 s (lors d'un changement de bord).

De plus, le dispositif de manœuvre de la quille doit être capable de supporter les efforts dans la situation extrême correspondant à une gîte du bateau amenant la quille pendulaire à l'horizontale comme sur la figure ci-contre.



### Détermination de la pression d'huile

Question 1.19 Dans la situation extrême du schéma précédent, **calculer** le poids total de la quille={voile de quille + bulbe}  $P_Q$  et **déterminer** la norme du moment exercé par le poids de la quille autour de son axe d'articulation  $(O, \vec{z})$ ,  $\|\overrightarrow{M}_{O_z}(\vec{P}_Q)\|$  (on prendra  $\|\vec{g}\|=10 \text{ m.s}^{-2}$ ).

Le théorème du moment statique, relatif à l'équilibre de l'ensemble quille+bulbe, en projection sur l'axe  $(O, \vec{z})$  impose aux vérins de produire autour de l'axe de rotation  $(O, \vec{z})$  de la quille :

$$\|\overrightarrow{M}_{O_z}(\vec{F}_{\text{vérin1} \rightarrow \text{quille}}) + \overrightarrow{M}_{O_z}(\vec{F}_{\text{vérin2} \rightarrow \text{quille}})\| \geq \|\overrightarrow{M}_{O_z}(\vec{P}_Q)\| = 80 \text{ kN.m}$$

Une simulation informatique permet d'établir le graphe (DT16) représentant le couple total exercé par les **deux** vérins autour de l'axe  $(O, \vec{z})$  en fonction de la position angulaire  $\beta$  de la quille et de la pression d'alimentation en huile (exprimée en MPa).

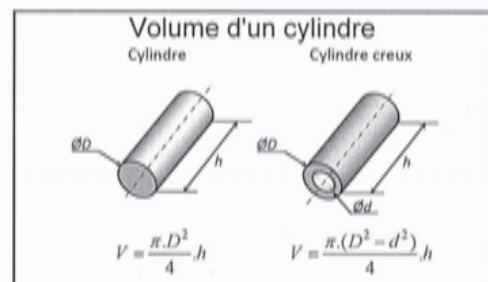
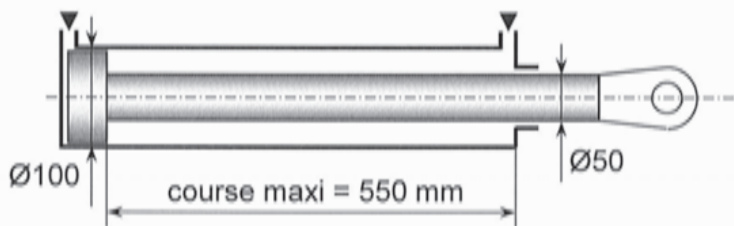
Question 1.20 **Déterminer** la pression d'huile minimum pour actionner la quille (voir DT16) dans la situation extrême définie précédemment.  
voir DT16

### Détermination du débit de la pompe

Le schéma cinématique plan fourni sur le DR4 modélise, à l'échelle 1:10, le mécanisme de quille pendulaire en position droite ( $\beta = 0^\circ$ ).

Question 1.21 Lors d'un réglage de quille :  
→ **Définir** la nature géométrique de la trajectoire du point A appartenant à la quille 2 par rapport au bâti 1 (notée  $T_{A \in 2/1}$ ).  
voir DT14 sur DR4  
→ Sur le schéma cinématique à l'échelle 1:10 (sur DR4), **dessiner** cette trajectoire et **repérer** les positions de fins de course correspondant aux positions  $\beta = +40^\circ$  et  $\beta = -40^\circ$  de la quille/coque.  
→ **Déterminer** graphiquement (sur DR4) la course utile des vérins.

Un prédimensionnement des vérins par le bureau d'étude a abouti aux caractéristiques dimensionnelles définies sur le schéma ci-dessous :



Question 1.22 **Déterminer** le volume d'huile nécessaire pour assurer un basculement complet de la quille. En **déduire** le débit minimum de la pompe en litres/minute (on rappelle que le basculement complet doit être effectué en 10 s maximum).

### Choix de la pompe hydraulique

On prendra une pression d'huile de 25 MPa et un débit de  $47 \text{ l.min}^{-1}$ .

Question 1.23 **Choisir** une pompe correspondant aux critères de pression et de débit dans l'extrait de catalogue fourni dans le dossier technique (voir DT17).  
voir DT17

## ☞ Vérification de la résistance du voile de quille

Le voile de quille constitue l'élément clé du mécanisme de quille pendulaire ; plusieurs contraintes de conception essentielles se dégagent :

- transmettre les efforts dus au poids du bulbe jusqu'à la coque du bateau, mais également résister aux chocs avec d'éventuels objets flottants ( $\frac{\sigma_{ee}}{\sigma_{Maxi}} > 5$ ) ;
- résister à l'ambiance marine particulièrement corrosive ;
- opposer un minimum de résistances hydrodynamiques ;
- présenter une rigidité suffisante afin de limiter les vibrations et la fatigue du matériau ;
- être recyclable.

Parmi les matériaux susceptibles de répondre à ces critères de conception, le choix de l'architecte s'est orienté vers un acier inoxydable à haute limite élastique (*X 5 Cr Ni Cu Nb 17-4*) permettant l'obtention d'un voile de quille monobloc par forgeage suivi des usinages de finition nécessaires.

L'avant projet de dessin du voile de quille permet une simulation informatique (voir DT18) visualisant les contraintes dans la situation extrême définie précédemment.

Question 1.24  
voir DT18

**Relever** le niveau de contrainte normale maximum et **conclure** quant à la capacité de résistance de la quille.



## Partie 2 : photovoltaïque innovant

L'électricité joue un rôle de plus en plus important à bord des bateaux de plaisance : indispensable au niveau de la navigation et des instruments de communication, et nécessaire aussi au nombre croissant d'appareils de confort.

Durant une course transatlantique, la bonne gestion de l'énergie électrique est primordiale pour naviguer de façon efficace et dans de bonnes conditions de sécurité. En l'absence d'éléments de confort à bord, le consommateur d'énergie le plus important est sans conteste le pilote automatique, le reste étant consommé par l'électronique (incluant le PC de bord).

Tous ces équipements sont alimentés par un pack de batteries de servitude, distinct du pack de batteries d'alimentation des moteurs. En effet, les caractéristiques et profils d'utilisation sont tout à fait différents.

Le propriétaire souhaite que la recharge de la batterie de servitude se fasse à l'aide d'énergies douces (photovoltaïques et/ou éoliennes).

Cependant, une solution de secours est envisagée : la batterie de servitude pourra être rechargée, de manière exceptionnelle, à partir du pack de batteries moteurs à l'aide d'un chargeur batterie à batterie.



### Choix des batteries (questions 2.1 à 2.4)

L'ingénieur chargé d'étude doit choisir la technologie de la batterie de servitude et dimensionner sa capacité.

**Hypothèse d'étude : consommation journalière de 40 Ah sous 12 V.**

Question 2.1  
voir DT19 et DT20  
sur DR5

A l'aide des documents DT19 et DT20, **compléter** le DR5 en cochant les cases qui caractérisent une batterie de servitude.

Question 2.2  
voir DT19 et DT20

A l'aide des documents DT19 et DT20 :  
→ **Citer** les deux technologies les plus appropriées pour une batterie de servitude parmi les batteries Plomb-Acide proposées.  
→ **Indiquer** la technologie la plus adaptée aux décharges profondes.

Question 2.3

En s'autorisant une profondeur de décharge de batterie de 80%, et compte tenu de la consommation journalière, **calculer** la capacité théorique  $C_{théo}$  en Ah que doit avoir la batterie pour avoir une autonomie d'une journée.

Lors d'essais en simulation pour différents scénarios de parcours de skippeur, l'ingénieur a pu se rendre compte que les performances de la batterie en termes de capacité n'étaient pas celles attendues.

Question 2.4  
voir DT21

A l'aide du document DT21 :  
→ **Indiquer** la cause la plus probable de cette anomalie, et **expliquer** ;  
→ **Proposer** une solution afin de résoudre le problème et permettant de naviguer partout.

### Choix d'une source d'énergie d'origine renouvelable (questions 2.5 à 2.6)

Il s'agit de sélectionner la source d'énergie d'origine renouvelable respectant le plus les spécifications exigées par le client et par la structure du bateau.

☞ Source d'énergie de type éolien

Dans cette étude, nous allons déterminer si cette solution d'énergie renouvelable répond aux critères d'exigences de performance de navigation et de sécurité du voilier.

Question 2.5  
voir DT22

Au regard des spécifications de l'armateur et en analysant la documentation de l'éolienne (DT22), **justifier** pourquoi cette solution n'est pas viable.

☞ Source d'énergie de type photovoltaïque

Cette source d'énergie doit être placée sur une surface. Pour trouver le type de panneaux photovoltaïques adaptés, nous utiliserons un outil d'aide à la résolution de solution : la matrice TRIZ (DT23).

La principale contrainte rencontrée pour l'implantation de panneaux photovoltaïques est liée à la surface. En effet, le rendement faible des panneaux photovoltaïques impose souvent de grandes surfaces pour répondre aux besoins en énergie, nécessaires pour recharger les batteries dans le temps imparti. En conséquence, par rapport à la structure du voilier, les panneaux doivent pouvoir **s'adapter** parfaitement aux surfaces. Ils doivent aussi ne pas changer **la masse du voilier, surtout lorsqu'il navigue**, et ils doivent être posés de manière contigüe et ne pas être ombragés.

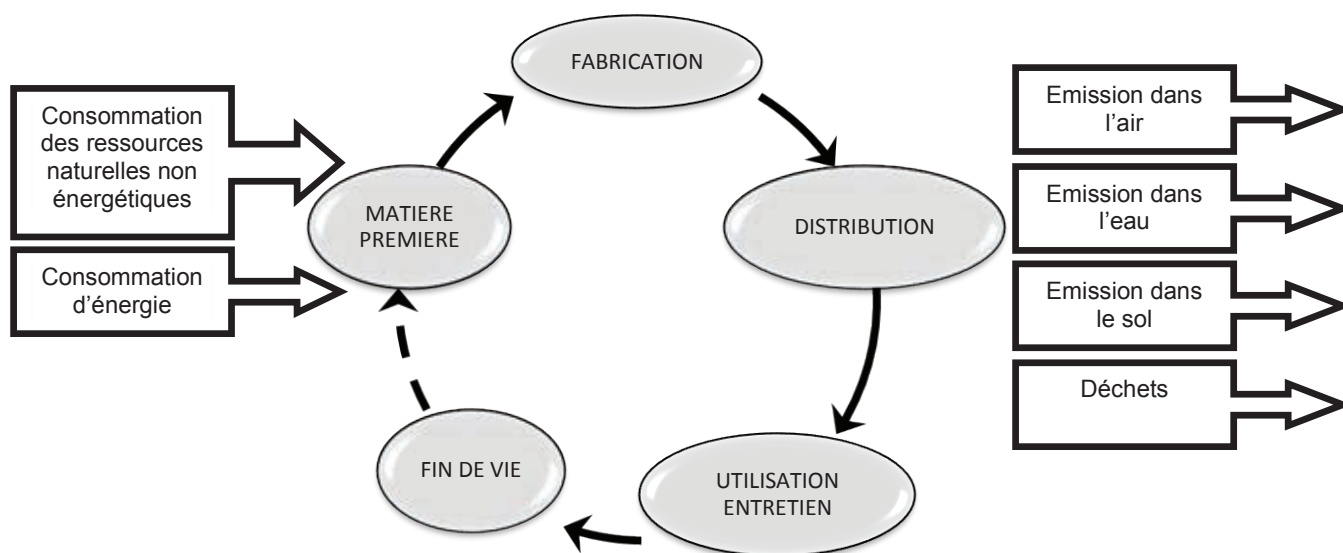
Question 2.6  
voir DT23

→ A partir de l'extrait du tableau TRIZ, (DT23) **donner** les contradictions correspondantes.  
→ **Indiquer** ensuite les principes associés au croisement de ces deux contradictions.  
→ **En déduire** le principe le plus adapté.  
→ **Conclure** sur les spécificités que devront avoir les panneaux photovoltaïques ainsi que sur l'implantation la plus appropriée de ceux-ci sur le voilier pour répondre au principe retenu.

## Étude de l'impact environnemental des solutions photovoltaïques (questions 2.7 à 2.11)

L'équipe d'ingénieurs souhaite maintenant choisir la technologie photovoltaïque. Pour répondre à la charte pavillon bleu (voir page 2), le choix se fera après une étude d'impact environnemental de différents panneaux solaires :

- un panneau rigide au silicium monocristallin ;
- un panneau en couche mince au silicium amorphe ;
- une toile en tissu polymère.



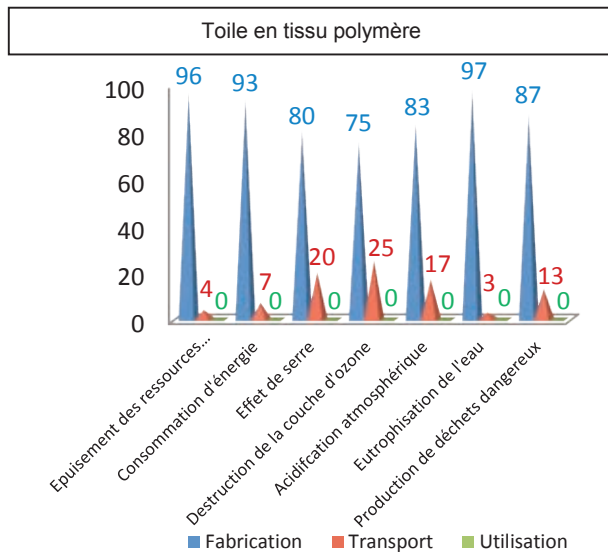
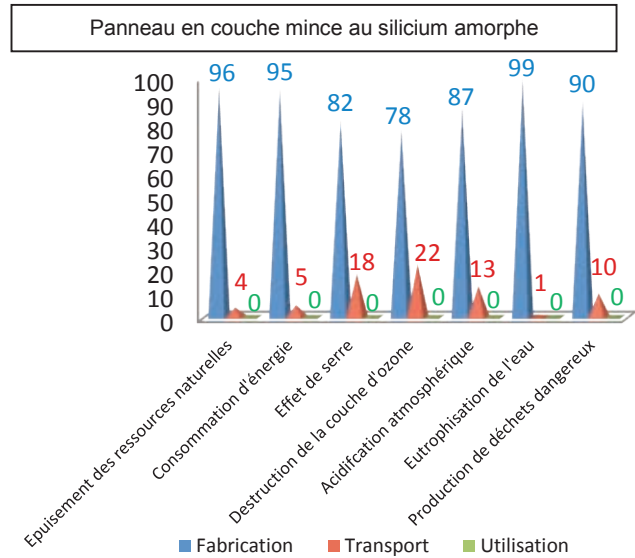
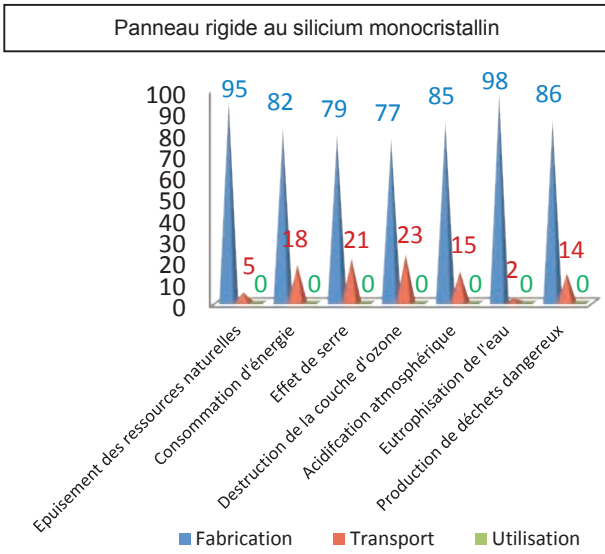
Question 2.7  
voir DT24  
voir DT25  
sur DR6 et DR7

A l'aide des documents DT24 et DT25 et en vous aidant des informations insérées dans le DR7, **compléter** les diagrammes des différentes étapes du cycle de vie du produit (DR6).



Question 2.8

Au regard des résultats précédents et des graphes ci-dessous, **citer** l'étape la plus appropriée pour mener l'étude comparative. **Justifier** votre réponse.



Afin d'estimer les impacts environnementaux liés à la fabrication des systèmes de production électrique d'origine photovoltaïque, il est nécessaire d'utiliser une unité comparable.

Question 2.9

Sur DR7

En vous appuyant sur les valeurs du document réponse DR7, **proposer** une unité équivalente permettant de réaliser une ACV sur les systèmes de production électrique d'origine photovoltaïque.

Question 2.10

Sur DR7

**Reformuler** les valeurs du DR7 en utilisant l'unité fonctionnelle proposée dans la question précédente.

Question 2.11

Sur DR7

**Conclure** sur le système de production électrique le moins impactant.

## Détermination de la puissance des panneaux photovoltaïques (questions 2.12 à 2.21)

Nous allons à présent nous intéresser à la recharge de la batterie de servitude par panneau photovoltaïque.

**Hypothèse d'étude : consommation journalière de 40 Ah sous 12 V.**

La production d'énergie électrique des panneaux variera en fonction de l'ensoleillement, due à la situation géographique et à la période de l'année. Il faut donc appréhender ces variations d'ensoleillement.

Une surface exposée au soleil reçoit, à un instant donné, un rayonnement solaire en  $W.m^{-2}$ .

L'irradiation désigne la quantité d'énergie reçue du soleil en une journée sur une surface de  $1 m^2$ . Elle s'exprime donc en  $kWh.m^{-2}$  et par jour.

Question 2.12

Voir DT26

A l'aide du document DT26 :

→ **Indiquer** l'énergie solaire quotidienne minimale et maximale en  $kWh.m^{-2}$  reçue sur la France.

→ **Calculer**, en pourcentage de la valeur maximale, l'écart entre ces deux valeurs.

→ Pour la ville de Brest, **indiquer** les valeurs d'énergie solaire quotidienne minimale et maximale ainsi que les mois correspondants.

→ **Calculer** l'écart entre ces valeurs d'énergie solaire, en pourcentage de la valeur maximale.

→ **Déduire** si le facteur prépondérant sur les variations d'énergie solaire reçue en France est l'emplacement géographique ou le mois de l'année.

Parmi les spécifications du cahier des charges, et afin de limiter les surcoûts inutiles, le propriétaire habitant Brest a précisé que :

→ le bateau ne serait amené à sortir que sur la période du 1<sup>er</sup> mars au 1<sup>er</sup> novembre.

→ la référence d'ensoleillement pour assurer l'autonomie de la batterie de servitude doit être l'ensemble du littoral français.

Question 2.13

voir DT26

A l'aide du document DT26, **donner** la valeur de l'énergie solaire  $E_{SOL}$  à prendre en compte, dans le cas le plus défavorable, pour le dimensionnement des panneaux.

Question 2.14

L'énergie solaire  $E_{SOL}$  reçue au bout d'une journée est l'équivalent d'une puissance de rayonnement de  $1000 W.m^{-2}$  reçue pendant un temps  $T_e$ . A partir de la valeur trouvée à la question précédente, **déterminer** ce temps  $T_e$  en heures, durant lequel le panneau photovoltaïque sera soumis à une puissance de  $1000 W.m^{-2}$ .

Quand un panneau photovoltaïque reçoit une puissance de rayonnement solaire de  $1000 W.m^{-2}$ , il produit une puissance électrique  $P_c$  (W).

Cette puissance électrique, appelée puissance crête est donnée par le fabricant du panneau.

Question 2.15

**Déterminer** l'expression littérale de l'énergie électrique  $E_{ELEC}$  produite au bout d'un temps  $T_e$  (h) par un panneau photovoltaïque de puissance électrique  $P_c$ , et exposé à un rayonnement solaire de  $1000 W.m^{-2}$ .

Question 2.16 | A partir de la consommation journalière en Ah, **calculer** le besoin journalier d'énergie électrique  $E_J$  (en kWh).

Question 2.17 | A partir du besoin journalier en énergie électrique  $E_J$ , et de l'expression de l'énergie électrique  $E_{ELEC}$  produite quotidiennement par le panneau photovoltaïque, **déterminer** la puissance électrique crête théorique  $P_{c\_théo}(W)$  que doit avoir le panneau photovoltaïque.

La voile ne permet pas un angle d'incidence optimum du rayonnement solaire et le panneau photovoltaïque doit donc être surdimensionné. Des simulations, à travers différents scénarios, ont permis de mettre en évidence que globalement, il existe un coefficient de performance (CP) de 0,9.

Question 2.18 | **En déduire** la puissance électrique crête  $P_c(W)$  que doit avoir le panneau photovoltaïque en tenant compte du coefficient de performance.

L'ingénieur choisit une toile photovoltaïque de puissance crête  $P_c = 220 W$ .

Question 2.19 | **Justifier** si ce choix est convenable.

Question 2.20  
*voir DT27* | → A l'aide de la documentation du panneau photovoltaïque, **déterminer** :  
- la tension à vide délivrée par le panneau (pour un éclairement de  $1000 W.m^{-2}$ ) ;  
- le courant de court-circuit (pour un éclairement de  $1000 W.m^{-2}$ ) ;  
- comment évoluent ces valeurs lorsque l'éclairement diminue ;  
- comment évoluent ces valeurs lorsque la température augmente ;  
→ **En déduire** les conditions idéales de fonctionnement d'un panneau photovoltaïque.

Question 2.21  
*voir DT27* | → A l'aide de la documentation du panneau photovoltaïque, **estimer** le rendement  $\eta_e$  de la conversion d'énergie lumineuse en énergie électrique en supposant que le panneau délivre la puissance maximum. On supposera un éclairement  $E = 1000 W.m^{-2}$ .  
→ **Conclure**.

## Étude des conditions optimales de fonctionnement du GPV (Générateur PhotoVoltaïque) (questions 2.22 à 2.36)

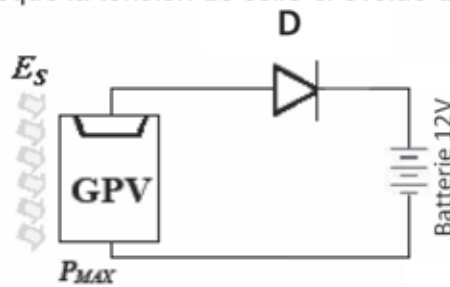
Hypothèse d'étude :

Sauf mention contraire, par défaut, les conditions standards de test (STC) sont remplies, c'est-à-dire :

- AM = 1.5
- température de 25 °C
- éclairement de 1000 W.m<sup>-2</sup>

### ☞ Branchement direct de la batterie au GPV

La batterie est supposée être connectée directement au panneau photovoltaïque comme l'indique le schéma ci-dessous. Nous allons nous intéresser à la puissance que transmet le panneau photovoltaïque à la batterie lorsque la tension de celle-ci évolue de 10 V à 15 V.



- Question 2.22  
*voir DT27 sur DR8* | A l'aide de la documentation du GPV (DT27), **compléter** la ligne " $I_{\text{Bat}}$  (A)" du tableau sur DR8 en y reportant la valeur de l'intensité du courant en Ampère généré par le panneau solaire pour chacune des tensions de batterie  $U_{\text{Bat}}$  mentionnées.
- Question 2.23  
*voir DT27* | **En déduire** le type de générateur que représente le panneau solaire lorsque la batterie se charge. **Justifier**.
- Question 2.24 | Afin de prolonger la durée de vie de la batterie, le constructeur recommande de stopper la charge dès lors que la tension dépasse 14,7 V.  
**Indiquer** si cette contrainte sera respectée. **Justifier** votre réponse.
- Question 2.25 | **Indiquer** le rôle de la diode (du schéma ci-dessus) et **préciser** dans quelles circonstances elle intervient.
- Question 2.26  
*sur DR8* | **Compléter** la ligne " $P_{\text{Bat}}$  (W)" du tableau sur DR8 en y reportant la puissance en Watt transmise du GPV vers la batterie pour chacune des tensions mentionnées.
- Question 2.27  
*sur DR8* | **Compléter** la ligne " $\eta_{\text{transfert}}$  (%)" du tableau sur DR8 en y reportant le rendement du transfert énergétique calculé de la manière suivante :  
$$\eta_{\text{transfert}} = \frac{P_{\text{Bat}}}{P_c} \times 100$$
 où  $P_c$  représente la puissance crête, c'est-à-dire la puissance maximum que peut délivrer le panneau.
- Question 2.28 | **Conclure** quant à l'efficacité énergétique de ce dispositif de transfert d'énergie.

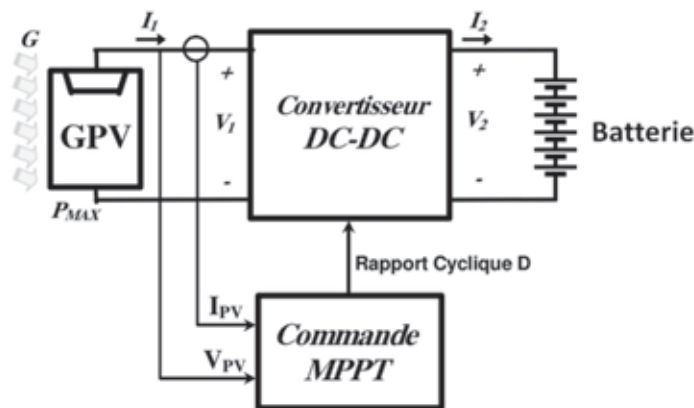
### ☞ Branchement de la batterie au GPV (Générateur PhotoVoltaire) avec un régulateur MPPT (Maximum Power Point Tracking)

Un panneau solaire est capable de fournir une puissance qui dépend directement de l'ensoleillement mais aussi pour une part non négligeable, de la tension qui se trouve à sa sortie, comme constatée précédemment.

Ainsi, la puissance crête  $P_c$  ne peut être obtenue que pour un seul point donné de la courbe  $I=f(U)$  caractérisé par :

- $V_{MPP}$  : tension lorsque le GPV produit le maximum de puissance
- $I_{MPP}$  : intensité du courant lorsque le GPV produit le maximum de puissance

La tension de la batterie, variable en fonction de son état, ne correspondant pas à la tension  $V_{MPP}$ , il convient d'insérer un étage d'adaptation entre les deux éléments permettant d'extraire à chaque instant le maximum de puissance disponible aux bornes du GPV. La figure suivante illustre le principe :



Montage en connexion à travers un régulateur MPPT.

L'étage d'adaptation, appelé régulateur MPPT, applique un coefficient  $K$  d'amplification ou de réduction entre la tension  $V_1$  aux bornes du GPV et la tension  $V_2$  aux bornes de la batterie de façon à ce que la puissance délivrée par le panneau soit optimale. La méthode de détermination du coefficient  $K$  est appelée MPPT (Maximum Power Point Tracking) et sera abordée ultérieurement.

$$K = \frac{V_2}{V_1}$$

Nous allons tout d'abord nous intéresser au comportement énergétique du système.

- Question 2.29 | **Indiquer** les valeurs de tension  $V_{MPP}$  et de courant  $I_{MPP}$  nécessaires en sortie du GPV pour délivrer la puissance maximale  $P_c$ .  
*voir DT27*
- Question 2.30 | En supposant que la tension  $V_2$  aux bornes de la batterie soit de 12 V, en **déduire** la valeur du coefficient  $K$ .
- Question 2.31 | **Déterminer** l'expression littérale de :  
→ la puissance  $P_1$  délivrée par le GPV en fonction  $V_1, I_1$  ;  
→ la puissance  $P_2$  reçue par la batterie en fonction  $V_2, I_2$ .



Question 2.32 | En supposant qu'il n'y ait aucune perte de puissance dans le convertisseur :  
 → **Ecrire** la relation liant  $V_1, I_1, V_2, I_2$  ;  
 → **Déduire** l'expression du courant  $I_2$  en fonction de  $I_1$  et de  $K$ .  
 → **Calculer** alors la valeur de  $I_2$  pour la valeur de  $K$  trouvée précédemment lorsque le panneau travaille à son maximum de puissance.

Nous allons à présent nous intéresser au transfert de puissance au cours de la charge de la batterie.

Question 2.33 | **Compléter** sur le tableau du document DR9, pour chacune des tensions de batterie  $U_{\text{Bat}}$  mentionnées :  
 → la ligne  $K$  en y reportant la valeur à donner au coefficient  $K$  pour que le GPV travaille à puissance maximale, c'est-à-dire avec une tension à ses bornes égale à  $V_{\text{MPP}}$  ;  
 → la ligne  $I_{\text{Bat}}$  (A) en y reportant la valeur de l'intensité du courant de batterie ;  
 → la  $P_{\text{Bat}}$  (W) en y reportant la puissance reçue par la batterie calculée à partir de  $U_{\text{Bat}}$  et  $I_{\text{Bat}}$ .

*voir DR9*

Question 2.34 | **Compléter** la ligne  $\eta_{\text{transfert}}$  (%) du tableau DR9 en y reportant le rendement du transfert énergétique calculé de la manière suivante :  

$$\eta_{\text{transfert}} = \frac{P_{\text{Bat}}}{P_c} \times 100$$
 où  $P_c$  représente la puissance crête, c'est-à-dire la puissance maximale que peut délivrer le panneau.

*sur DR9*

Question 2.35 | A partir du tableau DR9 et du document DT27, et en se situant dans des conditions qui ne sont pas nécessairement les conditions standards de test, **citer** trois facteurs qui vont influencer sur la valeur de  $K$  au cours du processus de charge de la batterie.

*voir DT27 sur DR9*

Question 2.36 | **Conclure** quant à l'intérêt de ce dispositif de transfert d'énergie.

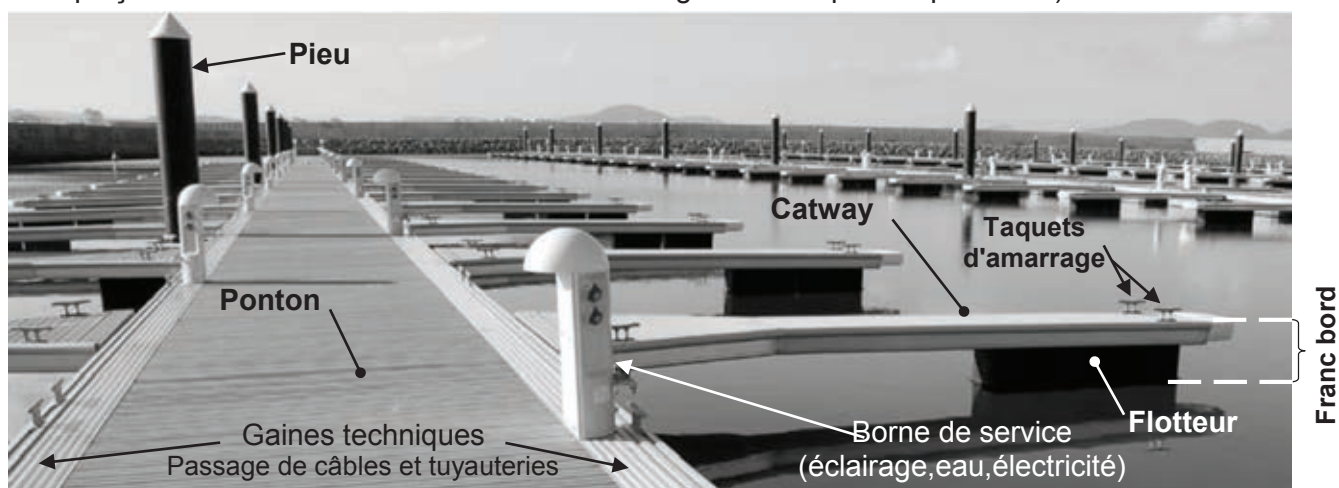


## Partie 3 : structure d'amarrage d'un port de plaisance

Le marché de la plaisance et de la navigation de loisir connaît une croissance importante depuis plusieurs années. La forte augmentation du nombre des plaisanciers et les exigences en matière d'accueil et de confort obligent les communes maritimes ayant un fort potentiel touristique à s'équiper en infrastructures portuaires adaptées.

C'est dans ce cadre qu'une commune du Finistère prévoit :

- d'étendre son port de plaisance pour accueillir des bateaux plus grands, (ne sera pas abordé dans cette étude) : les pontons flottants existants sont conservés, les nouveaux qui seront installés auront les mêmes caractéristiques : franc bord léger de 500 à 550 mm (*hauteur au-dessus de la ligne de flottaison à vide*) et capacité de charge  $200 \text{ kg.m}^{-2}$  (2 à 3 personnes par  $\text{m}^2$ ) ;
- de remplacer l'ancienne passerelle vétuste par une passerelle d'accès aux pontons flottants permettant une charge d'exploitation plus importante ;
- de revoir l'aménagement (voir DT28) afin d'optimiser le nombre d'anneaux d'amarrage ;
- d'installer des catways articulés en épi sur des pontons flottants afin de rationaliser l'amarrage et améliorer le confort d'accès aux bateaux (ces catways doivent être légers et facilement déplaçables afin de faciliter l'évolution de la configuration du port de plaisance).



### **Objectif de l'étude :**

Avant de passer commande du matériel nécessaire au déploiement de catways de 4,5 et 6 m de long, il convient de choisir précisément les flotteurs et de vérifier la résistance des structures porteuses.

### **Hypothèse d'étude :**

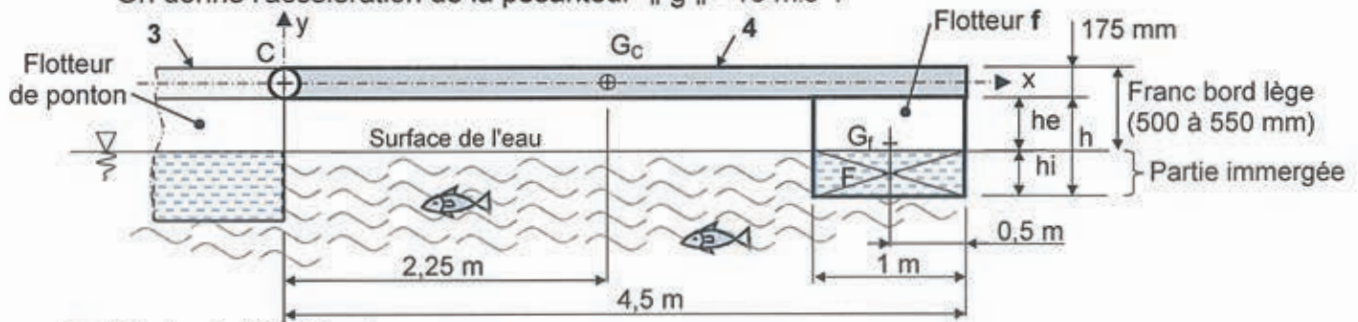
On se limitera à l'étude du catway (voir DT27) le plus court ( $L=4,5 \text{ m}$ ) qui, équipé d'un seul flotteur semble être le plus sensible à la charge.

Concours général des lycées	2016
Sciences et technologies de l'industrie et du développement durable STI2D	Page 20 / 49

## Dimensionnement du flotteur (questions 3.1 à 3.8)

### Données et hypothèses :

- Le schéma ci-dessous représente un catway de 4,5 m x 0,75 m léger (sans charge d'exploitation) ; le catway 4 est alors horizontal en prolongement du ponton 3 ;
- Le catway, assimilé à une poutre, est articulé en C sur le ponton 3 (considéré fixe) ; on définit un repère supposé fixe  $(C, \vec{x}, \vec{y}, \vec{z})$  lié au ponton 3 ;
- La charge d'exploitation maximale admissible sur le catway est de  $100 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-2}$  ;
- La masse d'un flotteur est de  $25 \text{ kg}$  ; son centre de gravité est noté  $G_f$  ;
- La masse du catway sans flotteur est supposée répartie de façon homogène le long de la ligne moyenne ( $40 \text{ kg/mètre linéaire}$ ) ; son centre de gravité est noté  $G_c$ .
- On donne l'accélération de la pesanteur  $\|\vec{g}\| = 10 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ .



### Etude à vide (lège)

Une étude statique légère (sans charge d'exploitation) montre que :

- l'eau exerce sur le flotteur  $f$  une action mécanique (appelée portance) modélisable par une force verticale (poussée d'Archimède) appliquée au centre de carène  $F$  du flotteur (centre géométrique de la partie immergée) et d'intensité  $\|\vec{F}_{\text{eau} \rightarrow f}\| = 1265 \text{ N}$  ;
- l'action de contact du ponton 3 sur le catway 4 (dans l'articulation d'axe  $(C, \vec{z})$ ) est modélisable en C par une force notée  $\vec{C}_{3 \rightarrow 4}$ .

L'ensemble catway avec flotteur est isolé (voir DR10), les charges agissant sur celui-ci en situation légère (sans charge d'exploitation) sont définies par l'inventaire suivant :

- l'effort résultant correspondant au poids du catway,
- la résultante du poids du flotteur,
- la résultante de la poussée d'Archimède sur le flotteur,
- l'action de contact du ponton 3 sur le catway 4.

**Question 3.1** | En appliquant le principe fondamental de la statique, **déterminer** l'intensité de l'action du ponton 3 sur le catway 4.

**Question 3.2** | Sur DR10, **représenter**, avec l'échelle indiquée, l'ensemble de ces actions (échelle de représentation des forces :  $1 \text{ mm} \rightarrow 40 \text{ N}$ ).

**Question 3.3** | Sachant qu'un flotteur a une portance de  $65 \text{ N par cm d'enfoncement}$  dans l'eau, **déterminer** la hauteur  $h_i$  de la partie immergée du flotteur lorsque le catway n'est pas chargé ( $h_i$  défini sur le schéma ci-dessus). **Choisir** le flotteur (voir DT29 et schéma ci-dessus) permettant de satisfaire l'exigence de franc bord compris entre 500 et 550 mm.

## ☞ ETUDE EN CHARGE

Sous l'action de la charge d'exploitation maximale admissible par le catway ( $100 \text{ kg.m}^{-2}$ ), l'effort en  $F$  exercé par l'eau sur le flotteur  $f$  augmente en intensité et vaut  $\left\| \overrightarrow{F_{\text{eau} \rightarrow f}} \right\| = 3160 \text{ N}$ .

Question 3.4 | **Déterminer** la nouvelle valeur  $h_i$  de la hauteur immergée et **vérifier** qu'avec le flotteur choisi précédemment le catway n'est pas submergé. **Conclure** quant à la pertinence du choix du flotteur.

## Vérification de la résistance des profilés

### Données et hypothèses :

- Le catway est constitué de deux profilés principaux de section constante en alliage d'aluminium 6005 T6 dont la limite élastique à l'extension est  $\sigma_{ee} = 230 \text{ MPa}$  (voir DT30).
- Ces deux profilés assurent ensemble la reprise des efforts agissant sur le catway.
- Le module de flexion de l'ensemble de ces deux profilés vaut :  $\frac{I_{Gz}}{v} = 132 \text{ 700 mm}^3$ .
- La figure du document DR11 modélise les charges s'appliquant sur le catway (sans flotteur) : le poids propre du catway et la charge d'exploitation sont modélisés par des charges uniformément réparties sur la ligne moyenne ; la poussée du flotteur est modélisée par une charge uniformément répartie sur la zone de contact.

Question 3.5 | **Indiquer**, sur les diagrammes (DR11) de l'effort tranchant et moment fléchissant, les valeurs limites.  
*voir DT30  
sur DR11*

Question 3.6 | **Identifier** la nature des sollicitations agissant sur les profilés.  
**Déterminer** l'abscisse  $x$  de la section la plus sollicitée si on néglige l'effet de l'effort tranchant.  
*sur DR11*

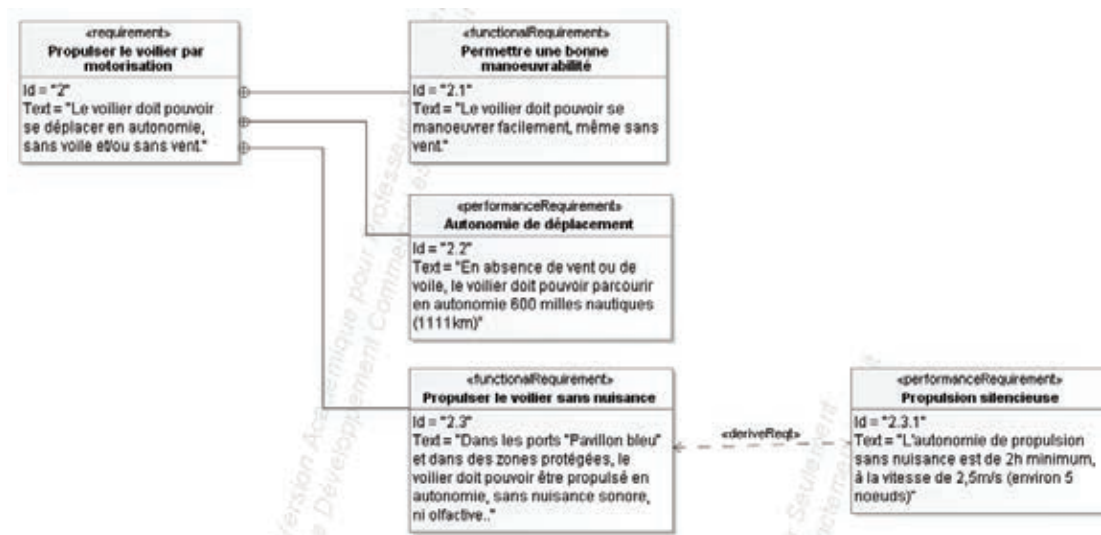
Question 3.7 | **Calculer** la contrainte normale maximale dans cette section (voir DT30), en prenant, pour le moment fléchissant, la valeur suivante :  
 $M_{fz} = 2230 \text{ N.m}$  à  $x = 2 \text{ m}$   
*voir DT30  
sur DR11*

Pour la question suivante on considérera que  $\sigma_M = 20 \text{ MPa}$

Question 3.8 |  $\rightarrow$  **Justifier** l'écart constaté entre  $\sigma_{ee}$  et  $\sigma_M$  en identifiant, sans les évaluer, les charges qui n'ont pas été prises en compte dans cette étude mais qui sont susceptibles d'agir sur les catways.  
*voir DT30  
sur DR10 et DR11*  
 $\rightarrow$  **Conclure** quant au choix des profilés.



## DT1 - Diagramme d'exigences « propulser le voilier par motorisation »



## DT2 - Moteur électrique type ST 74



Moteur ST 74	
Type	Brushless
Puissance de sortie	9 kW
Vitesse nominale	860 tr.min <sup>-1</sup>
Couple nominal	100 N.m
Tension	144 Vdc
Courant nominal	64 A
Masse	65 kg

## DT3 - Pack de batteries



Caractéristiques du Pack de batteries	
Tension nominale	144 Volts
Capacité nominale	23kWh

Le pack est constitué de 45 cellules LiFePO4 Lithium-Fer-Phosphate type **IB-B-FHE-160**, associées en série. Un circuit électronique gère la charge et la décharge en surveillant l'état de chaque cellule.

LiFePO4 Packaged Cells		
Specification	Condition	IB-B-FHE-160
Nominal Voltage	(C/3)	3.2 Volts
Nominal Capacity	(C/3)	160 Ah
Nominal Energy	(C/3)	512 Wh
Specific Energy	(C/3)	94 Wh/Kg
Self-Discharge Rate	Monthly, RT	<3%
Cycle Life @ 25 °C	100% DOD	>2000 Cycles
Cycle Life @ 55 °C	100% DOD, 1C, Active Cooling	>1000 Cycles
Cell Weight	Integrated Cell	5.4 Kg
Recommended Cutoff Voltages	Charge	3.6 Volts
	Discharge	2.5 Volts
Max Continuous Charge Current	100% DOD	80 A (C/2)
Max Continuous Charge Current	100% DOD, Active Cooling	160 A (C)
Max Continuous Discharge Current	10% to 90% DOD	160 A (C)
Max Continuous Discharge Current	10% to 90% DOD, Active Cooling	480 A (3C)
Charging Efficiency	100% DOC @ C/3	90%
(Ratio of charge/discharge time)	10% to 90% DOC @ C/3	98%
Operating Temperature	Charge	0°C to 50°C
	Discharge	-20°C to 55°C

## DT4 - Variateur de vitesse AVB125A200

Contrôleur réversible 4 quadrants pour moteur brushless.



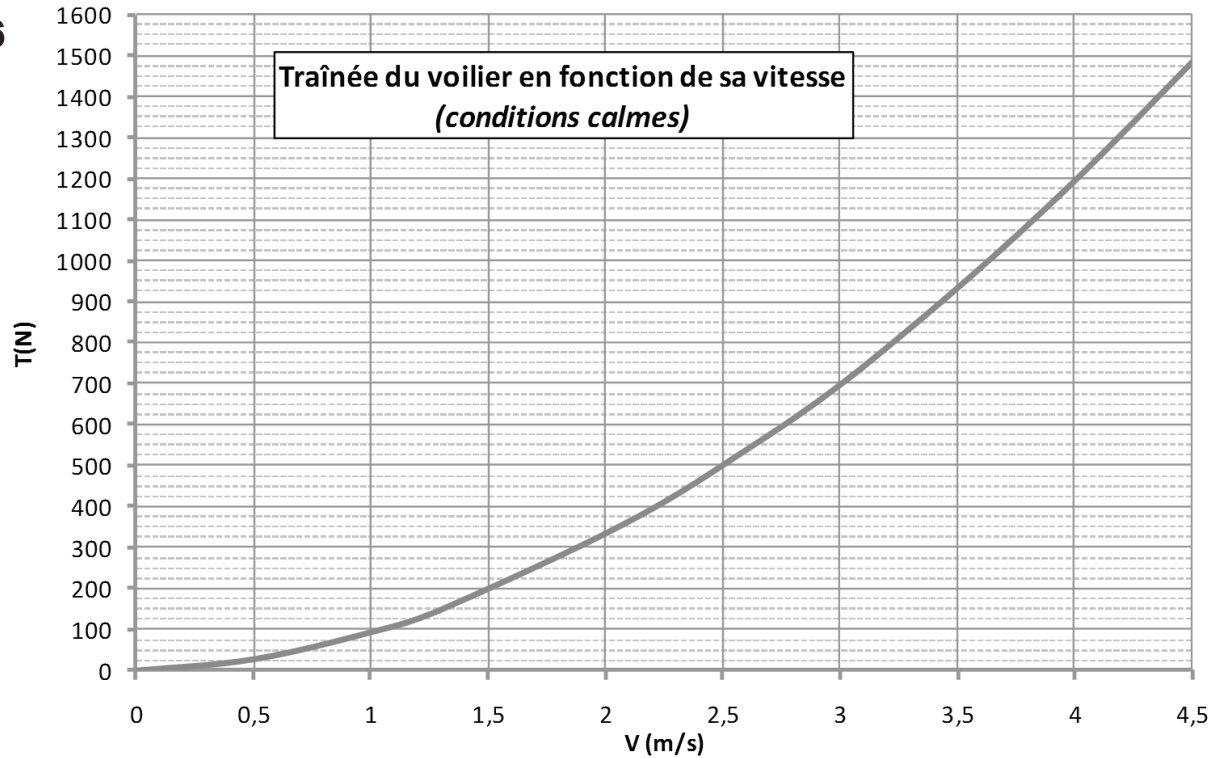
Caractéristiques de puissance	
Gamme de tension d'alimentation	40 – 175 Vdc
Seuil de surtension	190 V
Seuil de sous-tension	36 V
Courant max en crête	125 A
Courant max permanent	80 A
Caractéristiques de commande	
Information de commande	0 – 5 V ou 0 - 5 kΩ

## DT5 - Le groupe électrogène PDC 8220VP-30

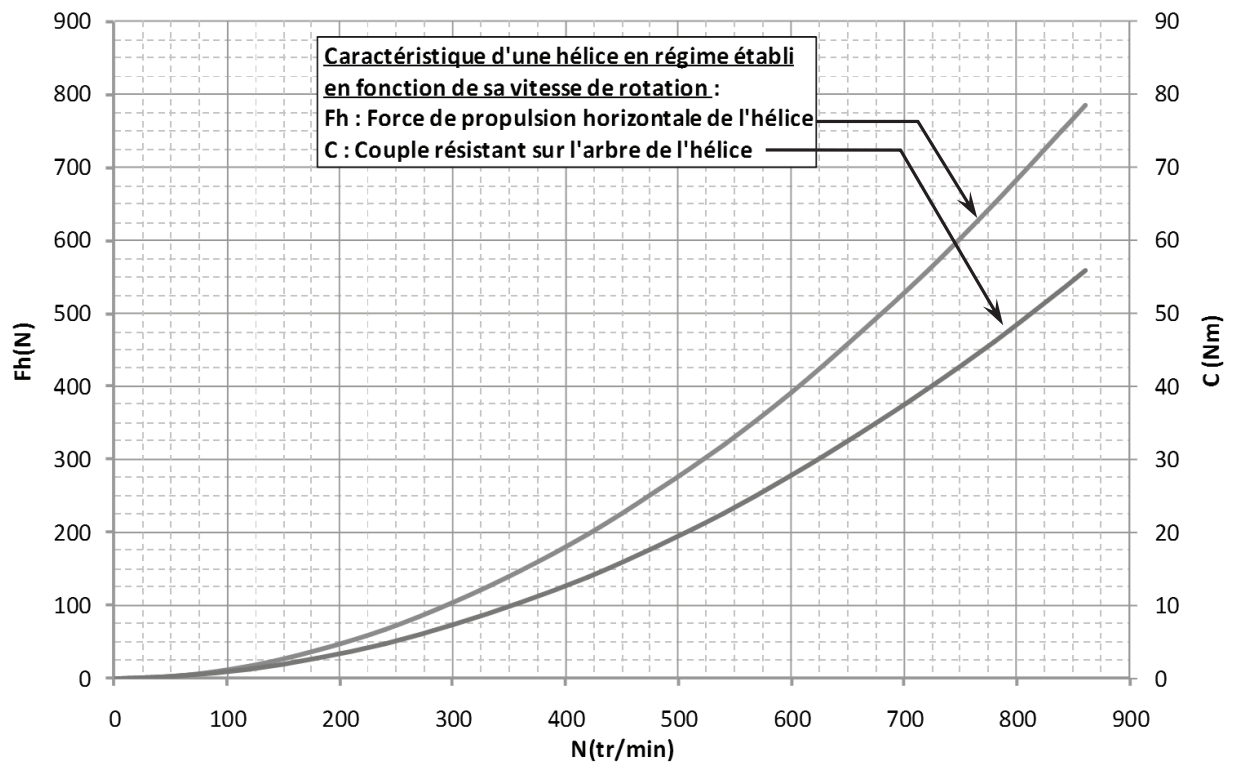


<b>PDC 8220VP-30</b>	
<b>Ratings kW (continuous)</b>	14kw
<b>Output DC Voltage</b>	48 - 144V
<b>Engine RPM</b>	2900
<b>Cylinders</b>	3
<b>Cylinder Volume</b>	1.13 Liters
<b>Weight</b>	153kg/337lbs
<b>Operating Temperature</b>	-20°C to 72°C
<b>Fuel Consumption</b>	0.34L/kWhr (calculated)
<b>Hard Enclosure Dimensions</b>	Length: 700mm/27.6" Width: 535mm/21" Height: 650mm/25.6"

## DT6



## DT7



## DT8 - Caractéristiques pour différents types de batteries

Type de batterie	Plomb (Pb)	NiMH	Li-ion	
			Cobalt LiCoO <sub>2</sub>	Phosphate LiFePO <sub>4</sub>
Energie massique (Wh.kg <sup>-1</sup> )	30 - 50	60 - 120	150 - 190	90-120
Nombre de cycle charge/décharge	100 – 1000 (selon profondeur de décharge)	300 - 800	1000	2000
Coût	< 100 €·kWh <sup>-1</sup>	~ 1000 €·kWh <sup>-1</sup>	500 – 1000 €·kWh <sup>-1</sup>	500 – 1000 €·kWh <sup>-1</sup>
Sécurité (risque d'emballement thermique)	Version AGM : Pas de risque de fuite ou d'explosion	Pas de risque	Risque potentiel d'emballement thermique	Pas de risque

## DT9 - Documentation du WSM : Marine Wind Sensor

Le WSM utilise une girouette très sensible pour la direction du vent de l'ordre de 5° ainsi qu'un anémomètre précis pour la vitesse du vent de 1,5 à 99 nœuds avec une précision de 0.5 nœuds. Il recalcule des données du vent 10 fois par seconde. Le WSM a été conçu pour fonctionner avec tout appareil compatible NMEA2000. Livré avec 30m de câble NMEA2000.



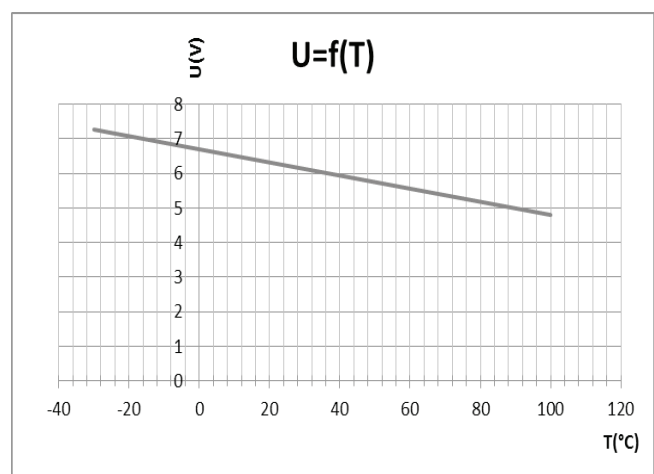
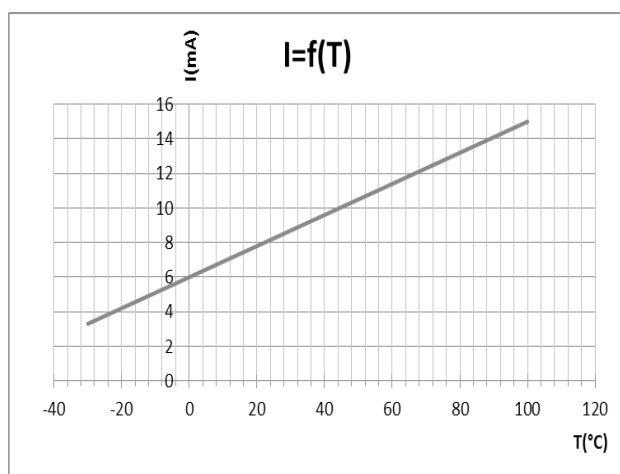
## DT10 - Documentation du CV7SF

Sur les navires, il supprime le poids du câble dans le mât. CV7SF allie les technologies de pointe : mesures ultrasons, alimentation par cellules solaires (XOB17), transmissions numériques sans fil, stockage électrique à super condensateur.



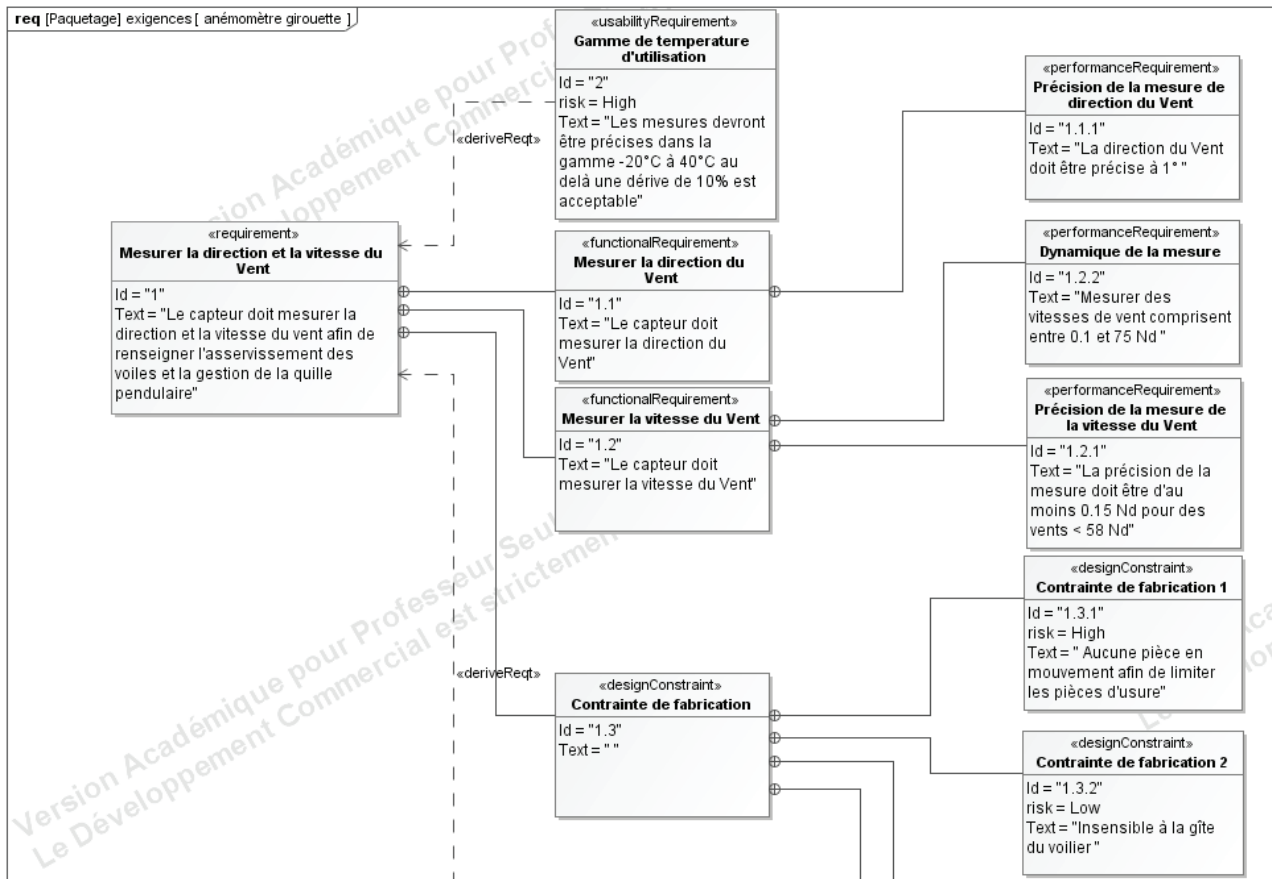
## DT11 - Gamme de températures des composants

- Composants électroniques : série I "Industriel" -40°C à +85°C,
- Supercondensateurs -30°C à +60°C,
- Emetteur récepteur ultrason -40°C à 85°C,
- Support en matière plastique : grande rigidité, solidité et dureté - faible absorption de l'humidité et très bonne tenue dimensionnelle dans la gamme de températures -100°C à +80°C ; de plus, le traitement anti-UV permet une bonne tenue dans le temps,
- Les cellules solaires (XOB17 de IXYS) intégrées au capteur ont les caractéristiques suivantes : tension et courant délivrés par les cellules photoélectriques en fonction de la température





# DT12 : Diagramme d'exigences (partiel)



## DT13 : Norme NMEA tableaux des champs d'une trame

Start of frame	Champ d'arbitrage	Champ de contrôle	Champ de données	Champ CRC	Champ d'acquiescement	End of frame
1 bit	32 bits	6 bits	8 octets	16 bits	2 bits	7 bits

Poids fort de l'identificateur	SRR	IDE	Poids faible de l'identificateur	RTR
11 bits	1 bit	1 bit	18 bits	1 bit

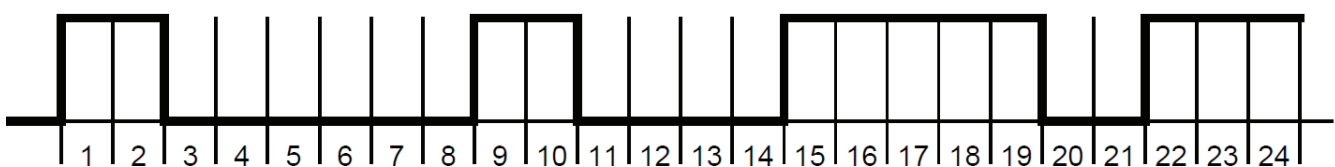
DATA8	DATA7	DATA6	DATA5	DATA4	DATA3	DATA2	DATA1
FFh	Vitesse du vent (octet de poids faible)	Vitesse du vent (octet de poids fort)	Angle de vent (octet de poids faible)	Angle de vent (octet de poids fort)	Drapeaux de référence	FFh	FFh

- Vitesse du vent : la résolution est de  $0,01 \text{ m.s}^{-1}$ .
- Angle de vent : la résolution est de  $5,493 \times 10^{-3}$  degrés. La gamme utilisée s'étend de  $0^\circ$  (0000h) à  $360^\circ$  (ffffh).
- Drapeaux de référence : indiquent si le vent mesuré est réel ou relatif (DATA3 = FAh pour un vent relatif. DATA3 = FBh pour un vent réel).

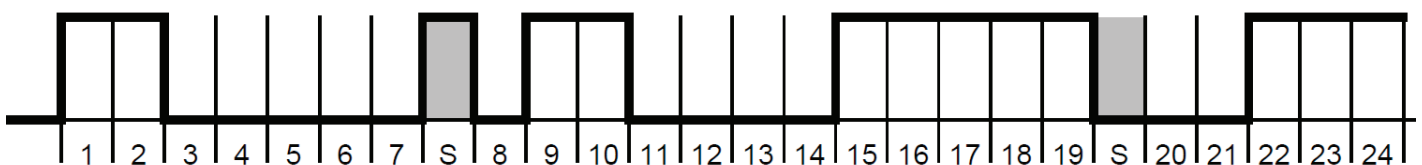
### Particularité d'une trame NMEA

Une des caractéristiques du codage NRZ (Non Retour à Zéro), comme celui utilisé dans la trame NMEA, est que le niveau du bit est maintenu pendant toute sa durée. Cela pose des problèmes de fiabilité si un grand nombre de bits identiques se succèdent. La technique du Bit Stuffing impose au transmetteur d'ajouter automatiquement un bit de valeur opposée lorsqu'il détecte 5 bits consécutifs dans les valeurs à transmettre.

### Trame à l'émission avant la mise en place des bits de stuffing



### Trame avec bits de stuffing (S)



# DT14 : Eclaté et schéma cinématique en perspective du mécanisme de quille pendulaire

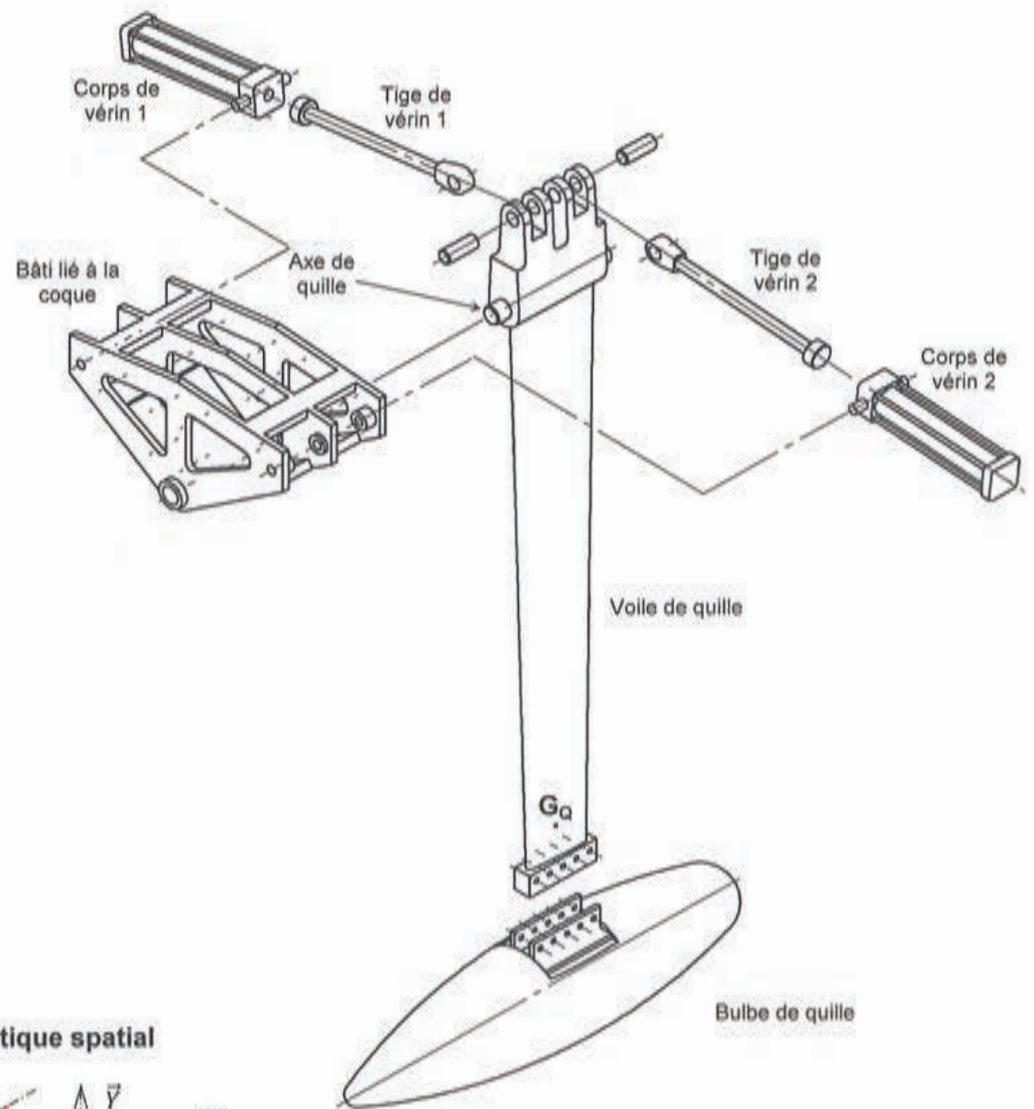
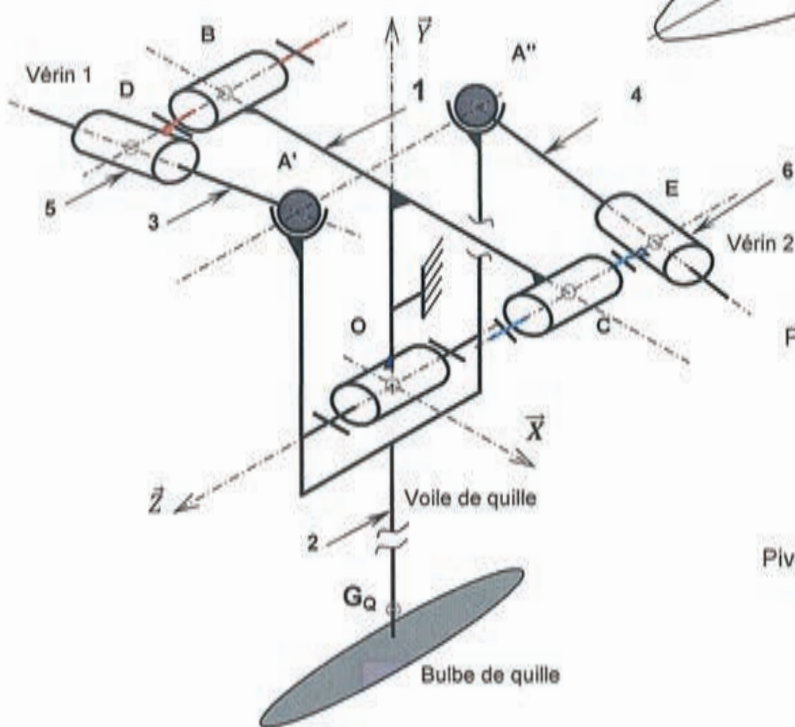
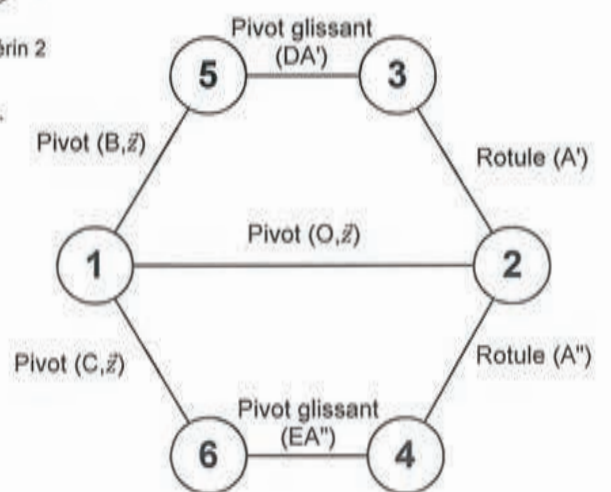


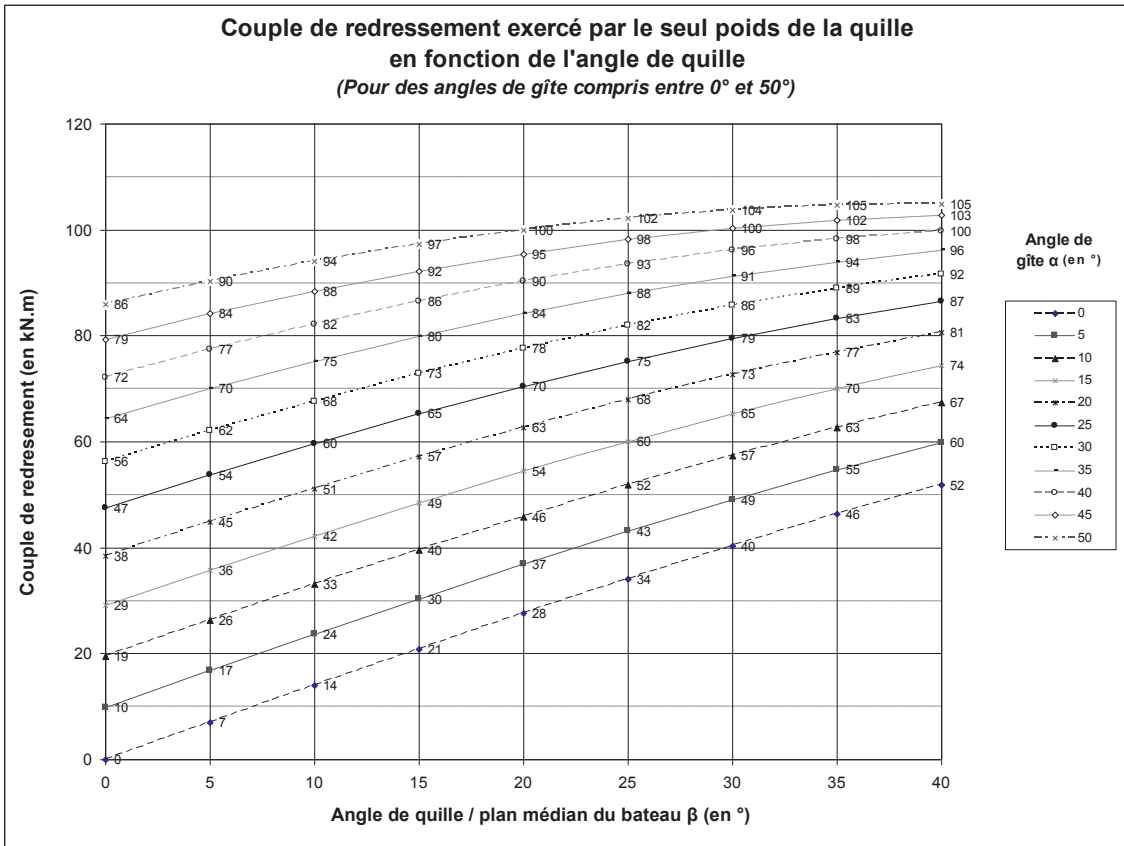
Schéma cinématique spatial



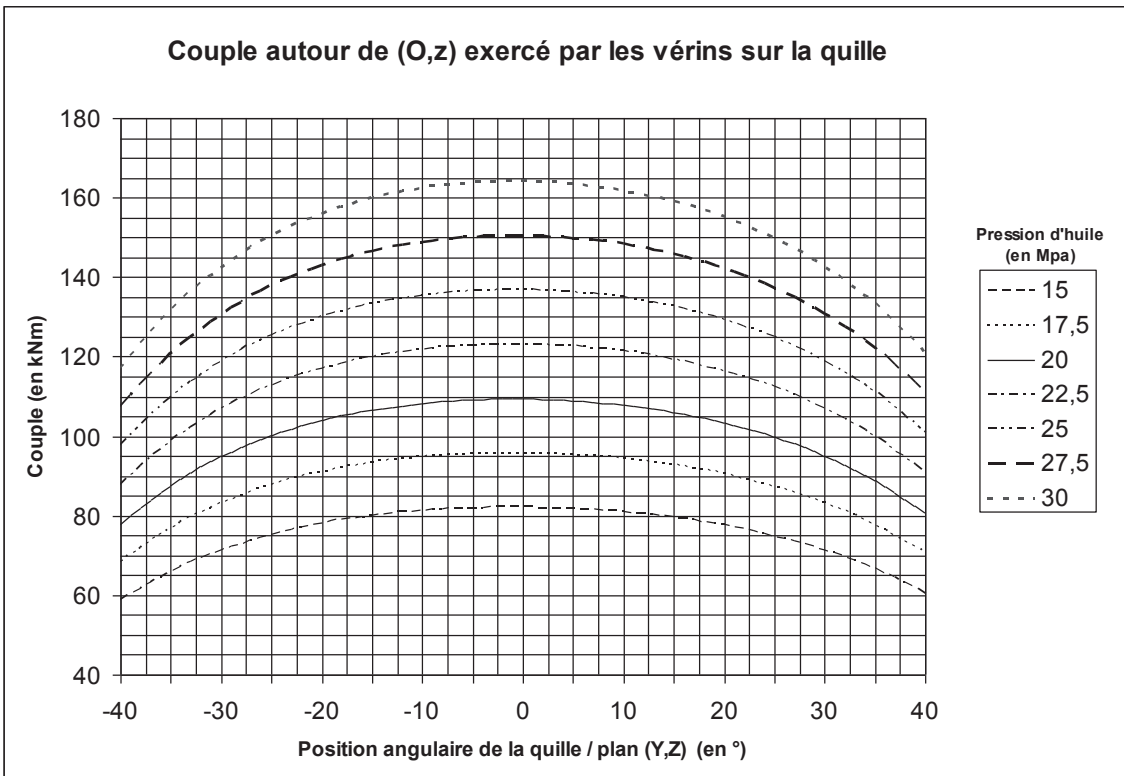
Graphe de structure



# DT15



# DT16



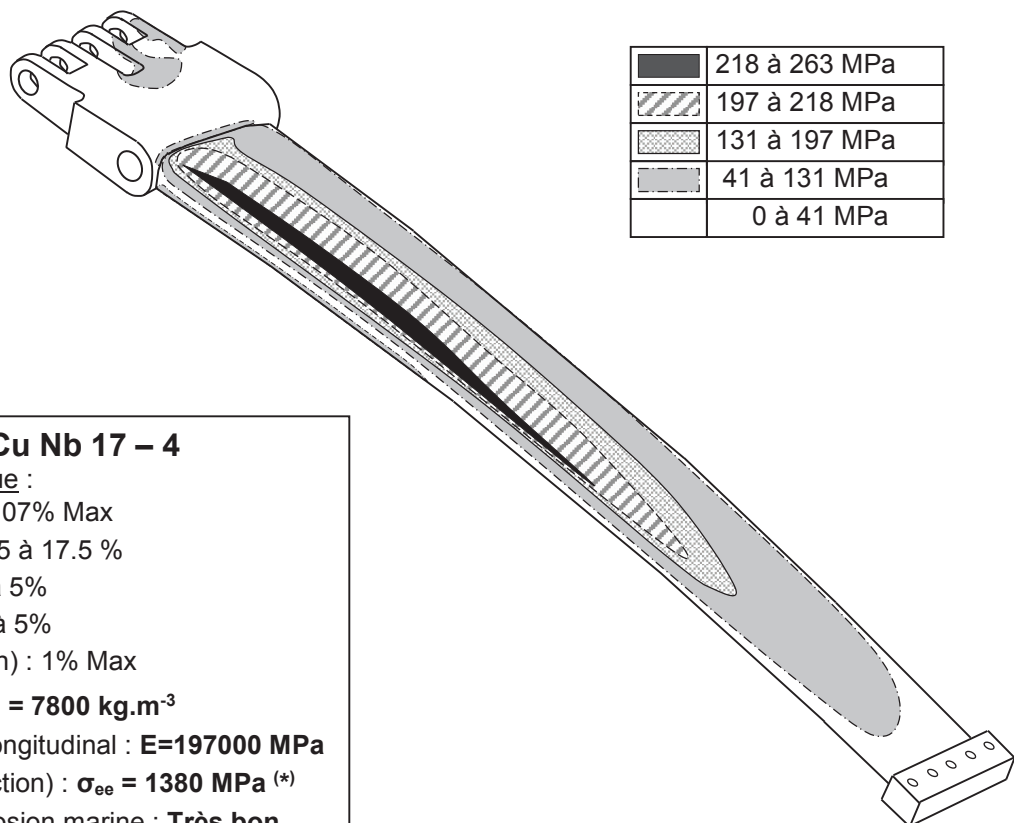
## DT17 - Caractéristiques des pompes hydrauliques

Modèle	Puis. (*)	Tension	Débit Maxi		Pression Maxi		Dimensions (hors tout)	Poids kg
	Watt	Volt	cm <sup>3</sup> .s <sup>-1</sup>	l.min <sup>-1</sup>	MPa	psi		
1x2000	2000	24	60	3.6	28	4000	314x128	10
1x2500	2500	12	38.3	2.3	28	4000	130x342	13
2x2500	2500	12	140	8.4	30	4285	130x424	13.8
1x3000	3000	24	100	6	30	4285	130x342	13
2x3000	3000	24	205	12.3	30	4285	130x424	14.5
1x4500	4500	24	16.7	10	28	4000	161x472	27.5
2x4500	4500	24	287	17.2	30	4285	161x472	29
3x4500	4500	24	437	26.2	30	4285	161x572	33
3x6000	6000	24	797	47.8	30	4285	191x672	53
1x6000	6000	24	560	33.6	35	5000	191x858	60

(\*) Puissance du moteur électrique

## DT18 - Répartition des contraintes (simulation informatique) dans le voile de quille

Contrainte normale en MPa



### Acier X 5 Cr Ni Cu Nb 17 – 4

Composition chimique :

- carbone (C) : 0.07% Max
- chrome (Cr) : 15 à 17.5 %
- nickel (Ni) : 3 à 5%
- cuivre (Cu) : 3 à 5%
- manganèse (Mn) : 1% Max

Masse volumique :  $\rho = 7800 \text{ kg.m}^{-3}$

Module d'élasticité longitudinal :  $E=197000 \text{ MPa}$

Limite élastique (traction) :  $\sigma_{ee} = 1380 \text{ MPa}$  (\*)

Résistance à la corrosion marine : **Très bon**

Résistance à la fatigue : **Très bon**

(\*) après traitement thermique (4 h à 925 °C suivi d'un refroidissement à l'air).



## DT19 - Batterie marine, servitude, traction ou démarrage

### Batterie de démarrage :

Ce type de batterie privilégie le rapport intensité maximale disponible par rapport au volume. Une batterie de démarrage comme celles vendues pour les voitures est conçue pour délivrer un courant important pendant un court instant (le CCA est calculé pendant une durée de 30s, durée considérée comme maximale pour démarrer un moteur). Lorsqu'il s'agit d'une batterie à électrolyte liquide, elle ne peut pas être déchargée de plus de 20% au risque de déformer les plaques minces de façon irréversible.

### Batterie de servitude (ou décharge lente) :

Ce type de batterie alimente des systèmes électriques soumis à des sollicitations répétées, et est donc conçue pour une utilisation en décharge profonde (80%) et un nombre de cycles de charge décharge important (jusque 1200 cycles pour une batterie de qualité en fonction de la profondeur de décharge).

Ce sont les batteries à électrolyte AGM ou gélifié qui sont le mieux adaptées même si certaines batteries liquides répondent à ce besoin.

### Batterie de traction :

C'est une batterie capable de délivrer de fortes intensités pendant une longue durée. Elle est utilisée par exemple pour des chariots élévateurs. Les batteries AGM et gel répondent à ce besoin, des batteries liquides à entretien (possibilité de rajouter de l'eau) sont aussi conçues pour cet usage.

### Batterie marine :

Une batterie marine est conçue pour prendre en compte toutes les contraintes de la navigation. C'est une batterie de servitude qui peut être aussi utilisée pour le démarrage (même si pour des raisons de sécurité, il est préférable de dédier une batterie au démarrage). Une batterie marine doit de plus être étanche et avoir un niveau d'électrolyte suffisant pour que les électrodes soient toujours immergées, ceci quelle que soit la gîte du bateau. Elle doit de plus avoir une bonne résistance mécanique et être conçue pour limiter les dégagements gazeux pour des raisons de sécurité et de longévité.

Les batteries à électrolyte gélifié (AGM ou gel) sont par leur technologie les mieux adaptées à une utilisation marine.

## DT20 - Performance typique en fonction de la technologie de batterie

Technologie		Utilisation				
Types de plaques	Types d'électrolyte	Servitude	Démarrage	Décharge profonde (50%)	Décharge profonde (80%)	Décharge complète (100%)
Plaques minces	Liquide	---	+++	---	---	---
Plaques épaisses	Liquide	++	+-	350 cycles	---	---
Plaques épaisses	AGM	+++	++	450 cycles	275 cycles	200
Plaques épaisses	Gel	+++	+	650 cycles	420 cycles	350

Nota : la décharge complète à 100% est à éviter. Les cas positifs apparaissant dans ce tableau signifient qu'en cas de décharge totale de la batterie celle-ci est récupérable. La décharge à 80% est tolérée sans détérioration de la batterie mais le nombre de cycles s'en trouve réduit



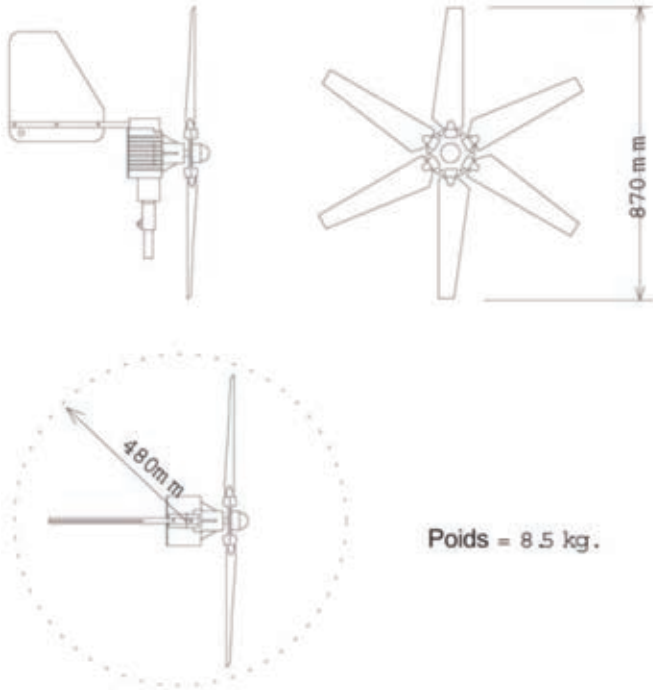
## DT21 - Effet de la température sur la capacité d'une batterie au plomb

La température est un catalyseur des réactions chimiques : une augmentation de 10°C double les cinétiques des réactions. Ainsi, l'augmentation de la température permet une amélioration de la capacité réelle de la batterie. On introduit donc un coefficient de température  $K_T(C)$  lié à l'évolution de la capacité réelle en fonction de la température de la batterie. Comme les fabricants indiquent la capacité pour une température de 20°C, le coefficient  $K_T(C)$  est pris égal à 1 pour cette température. Les valeurs des coefficients de température de la capacité sont données ci-dessous à titre indicatif :

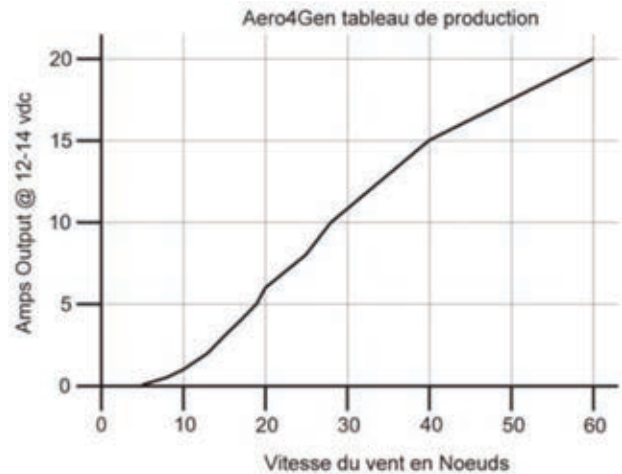
Température :	-20 °C	-10 °C	0 °C	10 °C	20 °C	30 °C	40 °C	50 °C
Coefficient $K_T$ (appliqué à $C_{20}$ )	0.8	0.85	0.85	0.95	1	1.04	1.1	1.13

$$C_{\text{réel}} = C_{20} * K_T$$

## DT22 : Caractéristiques de l'éolienne et conditions de montage



Poids = 8.5 kg.



La position de l'éolienne est déterminante pour éviter tout risque de blessures graves dues à la rotation des pales. Lors de la conception du système de fixation, celui-ci doit être prévu pour accepter le poids de l'éolienne additionnée avec la force du vent telle que décrit dans le tableau ci-dessous.

Type des vents	Petite brise	Brise modéré	Bonne brise	Forte brise	Coup de vent	Bon coup de vent	Fort coup de vent	Tempête	Forte tempête
Vitesse (Noeuds)	9	13	19	24	30	37	44	52	60
Force (N)	6	14	30	50	75	112	160	220	290

Des précautions supplémentaires doivent être observées pour limiter les vibrations magnétiques et électriques lors de la rotation et de la charge de l'éolienne. Le bruit et les vibrations seront amplifiés dans le cas d'un montage sur un tube de faible diamètre ou sur une structure du bateau de faible section. Si le montage est effectué au dessus des couchettes, il pourrait être nécessaire de stopper l'éolienne pour la nuit.

Pour éviter des interférences avec les appareils de navigation, l'aérogénérateur doit être placé à moins des 2 mètres de ces matériels. Les câbles de raccordements doivent être placés à plus d'un mètre des câbles des appareils de navigation.

Présentation de l'aérogénérateur monté de 2 façons différentes. Comparaison de montage avec une personne de taille de 1.80 m.



Concours général des lycées	2016
Sciences et technologies de l'industrie et du développement durable STI2D	Page 33 / 49

# DT23 - Extrait du tableau TRIZ : contradictions et principes (Folio 1/2)

Matrice des Contradictions  
TRIZ - Technology

effet positif à préserver

effet négatif à améliorer

		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18		
		Poids d'un Objet Mobile	Poids d'un Objet Fixe	Longueur d'un Objet Mobile	Longueur d'un Objet Fixe	Surface d'un Objet Mobile	Surface d'un Objet Fixe	Volume d'un Objet Mobile	Volume d'un Objet Fixe	Vitesse	Force - Intensité	Tension - Pression	Forme	Stabilité (de la composition) de l'Objet	Force - Résistance	Stabilité (de la composition) de l'Objet	Durabilité - Durée d'Action d'un Objet Immobile	Durabilité - Durée d'Action d'un Objet Mobile	Température	Clarté - Illumination - Brilliance	
1	Poids d'un Objet Mobile		15, 8, 29, 34			29, 17, 38, 34			29, 2, 40, 28		2, 8, 15, 38	8, 10, 18, 37	10, 36, 37, 40	10, 14, 35, 40	1, 35, 19, 39	28, 27, 18, 40	5, 34, 31, 35		6, 29, 4, 38	19, 1, 32	
2	Poids d'un Objet Fixe			10, 1, 29, 35		35, 30, 13, 2			5, 35, 14, 2		8, 10, 19, 35	13, 29, 10, 18	13, 10, 26, 39	28, 2, 10, 27		2, 27, 19, 8		28, 19, 32, 22	19, 32	19, 3, 2	
3	Longueur d'un Objet Mobile	8, 15, 29, 34				15, 17, 4			7, 17, 4, 35		13, 4, 8	17, 10, 4	1, 8, 35	1, 8, 10, 29	1, 8, 15, 34	29, 34	19		10, 15, 19	32	
4	Longueur d'un Objet Fixe		35, 28, 40, 29				17, 7, 10, 40		35, 8, 2, 14			28, 10	1, 14, 35	13, 14, 15, 7	39, 37, 35	15, 14, 28, 26		1, 10, 35	3, 35, 38, 18	3, 25	
5	Surface d'un Objet Mobile	2, 17, 29, 4		14, 15, 18, 4				7, 14, 17, 4		29, 30, 4, 34	19, 30, 35, 2	10, 15, 38, 28	5, 34, 29, 4	11, 2, 13, 39	3, 15, 40, 14	6, 3		2, 10, 19, 30	35, 39, 38	2, 13, 10	
6	Surface d'un Objet Fixe		30, 2, 14, 16		26, 7, 9, 39				1, 7, 4, 17				29, 4, 38, 34	15, 35, 36, 37	1, 15, 1, 39			28, 10, 1, 15	9, 14, 15, 7	6, 35, 4	
7	Volume d'un Objet Mobile	2, 26, 29, 40		1, 7, 4, 35		1, 7, 4, 17								29, 4, 38, 34	15, 35, 36, 37	1, 15, 1, 39			28, 10, 1, 15	9, 14, 15, 7	
8	Volume d'un Objet Fixe		35, 10, 19, 14	19, 14	35, 8, 2, 14						2, 18, 37	24, 35	7, 2, 35	34, 28, 9, 14, 17, 15				35, 34, 38	35, 6, 4		
9	Vitesse	2, 28, 13, 38		13, 14, 8		29, 30, 34		7, 29, 34				13, 28, 15, 19	8, 18, 38, 40	35, 15, 28, 33	8, 3, 3, 19, 35, 5			28, 30, 36, 2	10, 13, 19	1, 3	
10	Force - Intensité	8, 1, 37, 18	18, 13, 1, 28	17, 19, 9, 36	28, 10	19, 10, 15	1, 18, 36, 37	15, 9, 12, 37	2, 36, 18, 37	13, 28, 15, 12		18, 21, 11	10, 35, 40, 34	35, 10, 14, 27	19, 2			35, 10, 21		1	
11	Tension - Pression	37, 40	13, 29, 10, 18	35, 10, 36	35, 1, 14, 18	10, 15, 38, 28	10, 15, 38, 28	6, 35, 10	35, 24		6, 35, 36, 21		35, 4, 15, 10	35, 33, 2, 40	9, 18, 3, 27			35, 39, 19, 2		1, 1	
12	Forme	8, 10, 29, 40	15, 10, 26, 3	29, 34, 5, 4	13, 14, 10, 7	5, 34, 4, 10		14, 4, 15, 22	7, 2, 35	35, 15, 34, 18	35, 10, 37, 40	34, 15, 10, 14		33, 1, 18, 4	30, 14, 10, 40	14, 28, 9, 25		22, 14, 13, 15, 19, 32	3, 3		
13	Stabilité (de la composition) de l'Objet	21, 35, 2, 39	26, 39, 1, 40	13, 15, 1, 28	37	2, 11, 13	39	28, 10, 19, 39	34, 28, 35, 40	33, 15, 28, 18	10, 35, 21, 16	2, 35, 40	22, 1, 18, 4	17, 9, 15	13, 27, 10, 35	39, 3, 35, 23		35, 1, 32, 7	32, 3, 27, 16	1	
14	Force - Résistance	4, 18, 40, 15	40, 26, 27, 1	1, 15, 8, 35	15, 14, 28, 28	3, 34, 40, 29	9, 40, 28	10, 15, 17, 15	9, 14, 17, 15	8, 13, 3, 14	10, 18, 3, 14	10, 3, 18, 40	13, 17, 35	27, 3, 26				30, 10, 40	35, 19	1, 1	
15	Durabilité - Durée d'Action d'un Objet Mobile	19, 5, 34, 31		2, 19, 9		3, 17, 19		10, 2, 19, 30		3, 35, 5	19, 2, 16	19, 3, 27	14, 26, 28, 25	13, 3, 35	27, 3, 10			19, 35, 39	2, 19, 4, 35	3	
16	Durabilité - Durée d'Action d'un Objet Immobile		6, 27, 19, 16		1, 40, 35				35, 34, 38					39, 3, 35, 23				19, 18, 36, 40		3	
17	Température	36, 22, 6, 38	22, 35, 32	15, 19, 9	15, 19, 9	3, 35, 39, 18	35, 38	34, 39, 40, 18	35, 6, 4	2, 28, 36, 30	35, 10, 3, 21	35, 39, 19, 2	14, 22, 19, 32	1, 35, 32	10, 30, 22, 40	19, 13, 39	19, 18, 36, 40		32, 30, 21, 16	1	
18	Clarté - Illumination - Brilliance	19, 1, 32	2, 35, 32	19, 32, 16		19, 32, 26		2, 13, 10		10, 13, 19	26, 19, 6		32, 30, 27	32, 3, 35, 19	2, 19, 6			32, 35, 19		3	
19	Utilisation d'Énergie par un Objet Mobile - en Mouvement	12, 18, 8, 31		12, 28		15, 19, 25		35, 13, 18		8, 35, 35	16, 26, 21, 2	23, 14, 25	12, 2, 29	19, 13, 9, 35	5, 19, 28, 35, 6, 18			19, 24, 3, 14	2, 15, 19	1	
20	Utilisation d'Énergie par un Objet Stationnaire - Fixe		19, 9, 6, 27								36, 37			27, 4, 29, 18	35				19, 2, 35, 32		1
21	Puissance	8, 36, 38, 31	19, 26, 17, 27	1, 10, 35, 37		19, 38	17, 32, 13, 38	35, 6, 38	30, 6, 25	15, 35, 2	26, 2, 36, 35	22, 10, 35	29, 14, 2, 40	35, 32, 15, 31	26, 10, 28, 10, 38	19, 35, 16	2, 14, 17, 25	16, 6, 19	1		
22	Perte d'Énergie	15, 6, 19, 28	19, 6, 18, 9	7, 2, 6, 13	6, 38, 7	15, 26, 17, 30	17, 7, 7, 18, 23	1, 29, 30, 38	3, 39, 7	10, 13, 14, 15, 18, 40	3, 36, 29, 35	3, 36, 29, 35	29, 35, 37, 10	3, 5	35, 28, 31, 40	3, 18, 18, 38	27, 18, 39, 31	21, 36, 7	1, 6, 13	3	
23	Perte de Matière - Substance	35, 6, 23, 40	35, 6, 23, 40	14, 29, 10, 39	28, 24	35, 2, 10, 31	10, 18, 39, 31	10, 18, 39, 31	18, 31	28, 38	14, 15, 18, 40	3, 36, 29, 35	29, 35, 37, 10	3, 5	35, 28, 31, 40	3, 18, 18, 38	27, 18, 39, 31	21, 36, 7	1, 6, 13	3	
24	Perte d'Information	10, 24, 35	10, 35, 5	1, 28	26	30, 26, 30, 16		2, 22, 28, 32								10	10		19		1
25	Perte de Temps	10, 20, 37, 35	10, 20, 37, 35	15, 2, 29	30, 24, 14, 5	26, 4, 5, 16	10, 35, 17, 4	2, 5, 34, 10	35, 16, 32, 18	10, 37, 35, 5	37, 36, 4	4, 10, 34, 17	35, 3, 22, 5	29, 3, 28, 18	20, 10, 16	28, 20, 10, 16	21, 18, 26, 17	1, 19, 3	3		
26	Quantité de Matière - Substance	35, 6, 18, 31	27, 28, 18, 35	29, 14, 35, 18		15, 14, 29, 40, 4	2, 18, 40, 4	15, 20, 29		35, 29, 34, 28	35, 14, 3	10, 38, 14, 3	10, 38, 14, 3	15, 2, 34, 10	14, 35, 3, 35, 10, 40	3, 35, 3, 35, 31, 38		3, 17, 3, 35	11, 32, 10, 13	2	
27	Fiabilité	3, 8, 10, 40	3, 10, 8, 28	15, 9, 14, 4	15, 29, 28, 11	17, 10, 14, 16	32, 35, 40, 4	3, 10, 14, 24	2, 35, 24	21, 35, 11, 28	8, 28, 10, 3	10, 24, 35, 1, 35, 19	16, 11	11, 28	2, 35, 3, 25, 8, 40	34, 27, 3, 35		3, 35, 11, 32	10, 13	2	
28	Précision de Mesure	32, 35, 26, 28	28, 35, 25, 26	28, 28, 5, 16	32, 28, 3, 16	28, 28, 32, 3	26, 28, 32, 3	32, 13, 6		28, 13, 32, 24	32, 2	6, 28, 32	6, 28, 32	32, 35, 32	28, 6, 32	10, 26, 24		6, 19, 28, 24	6, 1, 32	3	
29	Précision de Fabrication - Réalisation	28, 32, 13, 18	28, 35, 27, 9	10, 28, 29, 37	2, 32, 10	28, 33, 29, 32	2, 29, 18, 36	32, 23, 2	25, 10, 35	10, 28, 28, 34	28, 19, 34, 36	3, 35	32, 30, 40	30, 18	3, 27, 40			19, 26, 3, 32			
30	Effet ou Facteur Nocif - Négatif affectant l'objet	22, 21, 27, 39	2, 22, 13, 24	17, 1, 39, 4	1, 18	22, 1, 33, 28	27, 2, 39, 35	22, 23, 37, 35	34, 39, 19, 27	21, 22, 35, 28	13, 35, 39, 18	22, 2, 37	22, 1, 3, 35	36, 24, 30, 18	18, 35, 37, 1	22, 15, 40, 33	17, 1, 35, 2	22, 33, 35, 2	1, 19, 1	1	
31	Effet ou Facteur Nocif - Négatif généré par l'objet	19, 22, 15, 39	35, 22, 1, 39	17, 15, 16, 22		17, 2, 18, 39	22, 1, 40	17, 2, 40	30, 18, 35, 4	35, 28, 3, 23	35, 28, 1, 40	2, 33, 27, 18	35, 1	36, 40, 27, 39	15, 35, 22, 3, 33, 31	15, 22, 16, 22	21, 39, 16, 22	22, 35, 2, 24	19, 24, 39, 32	2	
32	Facilité de Fabrication - Réalisation	28, 29, 15, 16	1, 27, 36, 13	1, 29, 13, 17	15, 17, 27	13, 1, 26, 12	16, 40	13, 29, 1, 40	35	35, 13, 8, 1	35, 12	35, 19, 1, 37	11, 13, 13, 27	1, 10, 32	1, 3, 27, 1, 4	35, 19, 18	27, 26, 18	28, 24, 27, 1		2	
33	Facilité d'Opération - Usage	25, 2, 13, 15	6, 13, 1, 25	1, 17, 13, 12		1, 17, 13, 16	1, 16, 15, 39	1, 16, 35, 15	4, 18, 39, 31	4, 18, 18, 13, 34	28, 13, 35	2, 32, 12	15, 34, 29, 28	32, 40, 3, 28	32, 40, 8, 25	29, 3, 25	1, 16, 13	26, 27, 13, 17	1, 24	1	
34	Facilité de Réparation	2, 27, 35, 11	2, 27, 35, 11	1, 28, 10, 25	3, 18, 31	15, 13, 32	16, 25, 35, 11	25, 2, 35, 11	1	34, 9, 10	13	1, 13, 2, 4	2, 35	11, 1, 2, 9	11, 29, 28, 27		1	4, 10, 15, 13	1, 2	1	
35	Adaptabilité - Polyvalence	1, 6, 15, 8	19, 15, 29, 16	35, 1, 29, 2	1, 35, 16	35, 30, 29, 7	15, 16	15, 35, 29		35, 10, 14	15, 17, 20	35, 16	15, 37, 1, 8	35, 30, 32, 6	35, 3, 13, 1, 35	2, 16		27, 2, 3, 35	6, 22, 26, 1	2	
36	Complexité (de l'objet)	26, 30, 34, 36	2, 26, 35, 39	1, 19, 26, 24	26	14, 1, 13, 16	6, 36	34, 26, 6	1, 16	34, 10, 26	26, 16	19, 1, 35	29, 13, 28, 15	2, 2, 2, 13, 18	2, 13, 10, 4, 28, 15			2, 17, 13	24, 17, 13	2	
37	Difficulté de Détection et de Mesure (contrôle)	27, 26, 28, 13	8, 13, 28, 1	16, 17, 25, 24	26	2, 13, 18, 17	2, 38, 30, 16	29, 1, 4, 16	2, 18, 28, 31	3, 4, 16, 35	30, 28, 40, 19	35, 36, 37, 32	27, 13, 1, 39	11, 22, 39, 30	27, 3, 15, 28	19, 29, 39, 25	25, 34, 6, 35	3, 27, 35, 16	2, 24, 26	3	
38	Degré d'Automatisation	28, 26, 18, 35	28, 26, 35, 10	14, 13, 17, 28	23	17, 14, 13		35, 13, 16		28, 10, 2, 35	13, 35	18, 1, 13	18, 1, 13	18, 1, 13	25, 13, 6, 9			26, 2, 19	8, 32, 19	2	
39	Productivité	35, 28, 24, 37	28, 27, 15, 3	18, 4, 28, 38	14, 28	30, 7, 34, 31	10, 26, 17, 7	10, 35, 34, 10	2, 6, 10, 2	35, 37, 10, 2	28, 15, 10, 38	10, 37, 14	34, 40	35, 3, 22, 39	29, 28, 35, 10, 18	20, 10, 16, 38	20, 10, 16, 38	35, 21, 28, 10	26, 17, 19, 1	3	



## **DT23 - Extrait du tableau TRIZ : contradictions et principes (Folio 2/2)**

### **1) Segmentation**

- Diviser un objet en parties indépendantes (ex : remplacer un gros ordinateur par plusieurs PCs.)
- Réaliser un objet démontable (faciliter le démontage) (ex : meuble modulaire)
- Accroître le degré de segmentation (fragmentation) (ex : remplacer des stores par des stores vénitiens)

### **4) Asymétrie**

- Remplacer la forme symétrique d'un objet en une forme asymétrique
- Si l'objet est déjà asymétrique, renforcer son asymétrie

### **6) Multifonctions**

- Rendre apte une partie de l'objet à réaliser plusieurs fonctions pour remplacer les fonctions des autres parties de l'objet (ex : siège enfant de voiture qui sert de poussette)

### **7) Inclusion (poupées russes)**

- Placer successivement les objets les uns dans les autres
- Emboîter une partie de l'objet dans une partie creuse de l'autre

### **8) Contrepoids**

- Compenser la masse d'un objet par combinaison avec un ou d'autres objets possédant une force ascensionnelle (ex : utiliser un ballon d'hélium pour supporter un panneau publicitaire)
- Compenser la masse d'un objet grâce à des interactions avec l'environnement (force aérodynamique, hydrodynamique, de flottabilité...)(ex : hydrofoils qui soulèvent le bateau de l'eau pour réduire le tirant)

### **13) Inversion**

- Inverser l'action utilisée normalement pour résoudre le problème
- Retourner l'objet ou inverser le processus

### **15) Mobilité**

- Permettre ou prévoir l'ajustement des caractéristiques d'un objet (d'un processus, ou de l'environnement) pour rendre son action optimale ou pour se placer dans les meilleures conditions opératoires (ex : volant réglable ou rétroviseur.)
- Diviser un objet en éléments pouvant se déplacer les uns par rapport aux autres (ex : le camion et sa remorque)
- Rendre flexible ou adaptable l'objet (ou le process) rigide ou non flexible

### **17) Autre dimension**

- Utiliser une autre face que celle utilisée
- Utiliser des flux optiques dirigés sur une surface voisine ou sur la face opposée à celle utilisée

### **20) Continuité**

- Travailler en continu, privilégier les actions ou toutes les parties de l'objet travaillent à plein régime en permanence
- Éliminer les temps morts, les marches à vide, les actions intermittentes

### **21) Vitesse élevée**

- Conduire le procédé ou certaines de ses étapes (celles néfastes, dangereuses, hasardeuses) à grande vitesse

### **22) Conversion**

- Utiliser les effets nuisibles (notamment ceux de l'environnement) pour obtenir une action positive
- Éliminer un facteur nuisible en le combinant avec d'autres effets néfastes
- Amplifier un effet nuisible jusqu'à ce qu'il cesse d'être néfaste

### **27) Ephémère et bon marché**

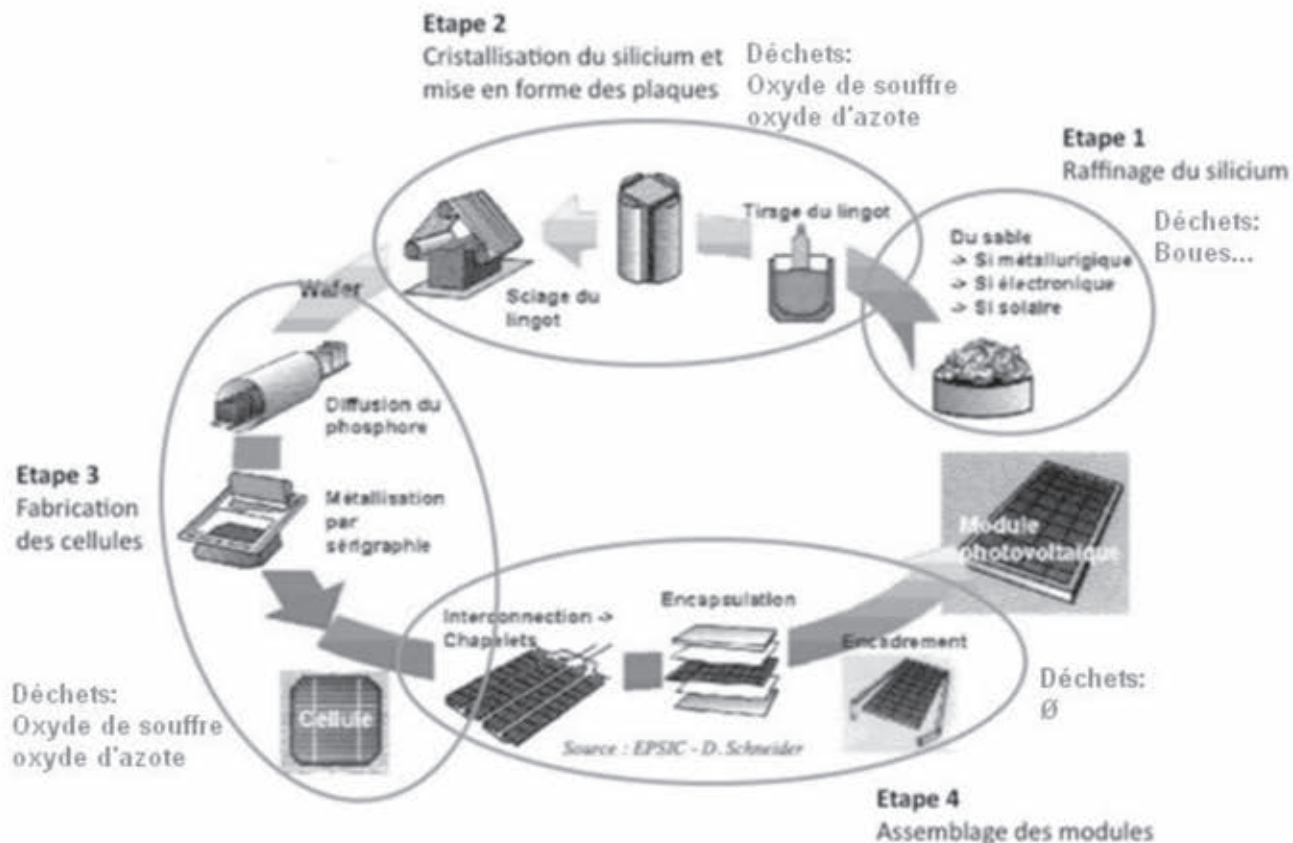
- Remplacer un objet cher par de nombreux objets bon marché, en renonçant à certaines propriétés (comme la durée de vie)

### **29) Fluide**

- Remplacer les parties solides d'un objet par du gaz ou du liquide : objets gonflables (à air ou eau), coussin d'air, hydrostatiques et hydroréactif.

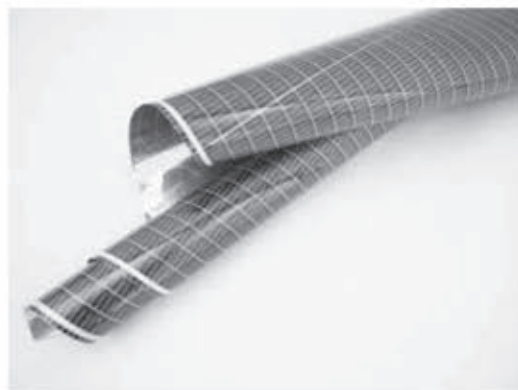
Concours général des lycées	2016
Sciences et technologies de l'industrie et du développement durable STI2D	Page <b>35 / 49</b>

## DT24 - Procédés de fabrication panneaux photovoltaïques (Folio 1/2)



### Fabrication cellules souples

Pour la fabrication de ce type de cellules photovoltaïques, on utilise **des cristaux de silicium sous forme monocristalline ou polycristalline**. Les processus de fabrication de ces cellules photovoltaïques sont similaires. Cependant, les procédés d'obtention des matériaux de base (silicium monocristallin ou polycristallin) sont différents.

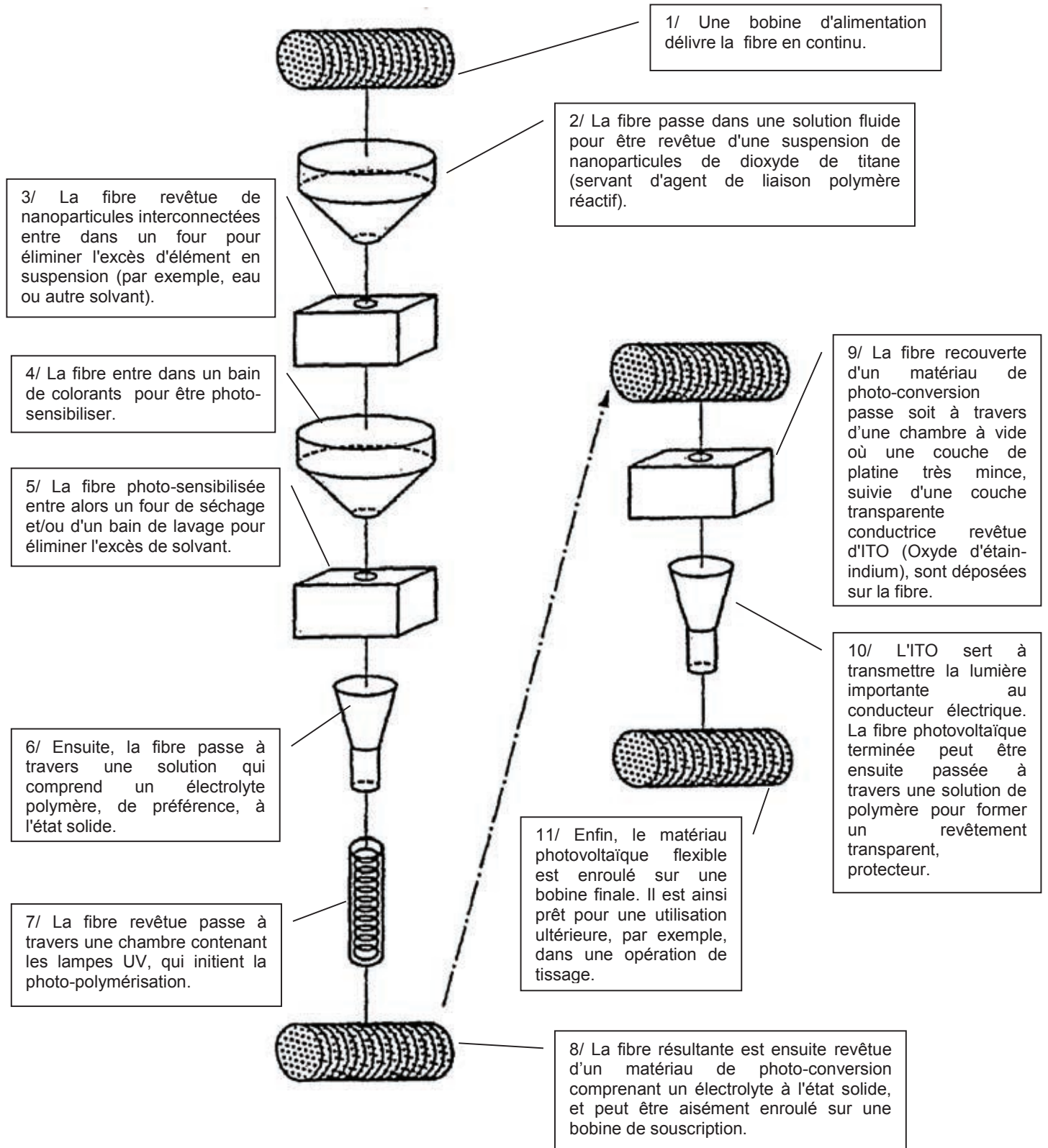




## DT24 - Procédés de fabrication panneaux photovoltaïques (Folio 2/2)

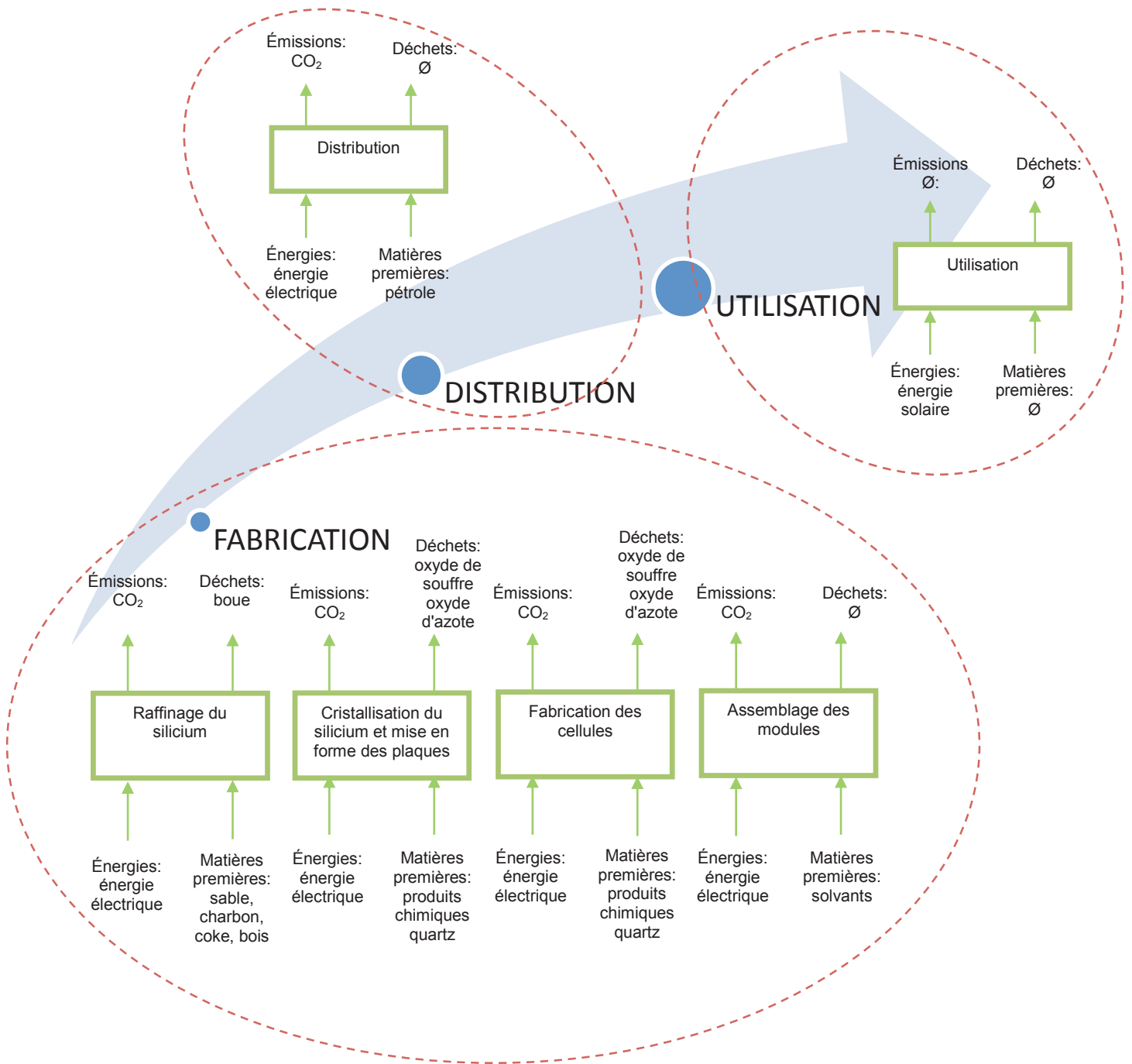
Procédé de fabrication d'une fibre photovoltaïque polymère extrait du brevet n° WO 2007/047190 A2

La figure ci-dessous montre un procédé de fabrication de fibre photovoltaïque en utilisant une méthode de fabrication en continu.



# DT25 - Différentes étapes du cycle de vie d'un produit

## Panneau rigide au silicium monocristallin / Panneau en couche mince au silicium amorphe



## DT26 - Données d'irradiation solaires en France

Carte irradiation solaire en France (source : TecSol.fr) :



Valeurs moyennes annuelles en kWh.m<sup>2</sup> par jour

Irradiations mensuelles moyennes sur quelques villes en Wh.m<sup>2</sup> par jour :

Brest		Calais		La Rochelle	
Mois	$H_h$	Mois	$H_h$	Mois	$H_h$
Jan	1370	Jan	1150	Jan	1290
Fev	2370	Fev	2140	Fev	2320
Mar	3490	Mar	2880	Mar	3890
Avr	4860	Avr	4230	Avr	5320
Mai	5230	Mai	4680	Mai	6130
Juin	5430	Juin	4790	Juin	6860
Jui	5440	Jui	5000	Jui	6790
Aug	4950	Aug	4600	Aug	5840
Sep	4220	Sep	3570	Sep	4580
Oct	2780	Oct	2550	Oct	2750
Nov	1950	Nov	1560	Nov	1590
Dec	1220	Dec	896	Dec	1150
<b>Année</b>	<b>3620</b>	<b>Année</b>	<b>3180</b>	<b>Année</b>	<b>4050</b>



# DT27 - Documentation technique de la toile photovoltaïque

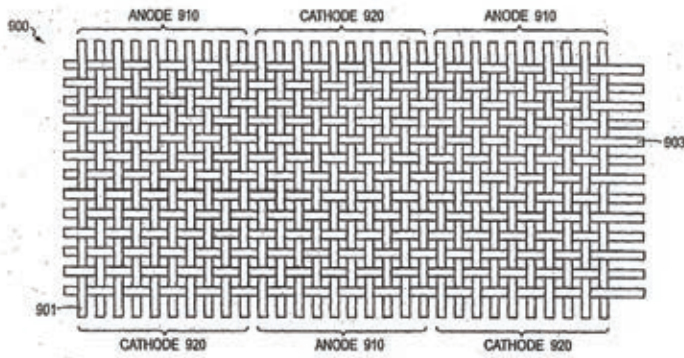


Figure : cellules photovoltaïques tissées

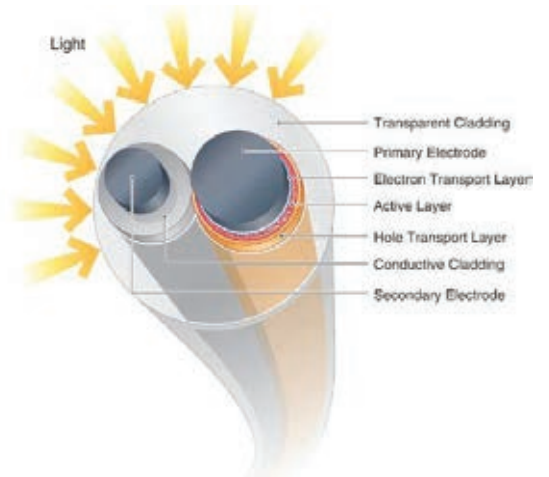
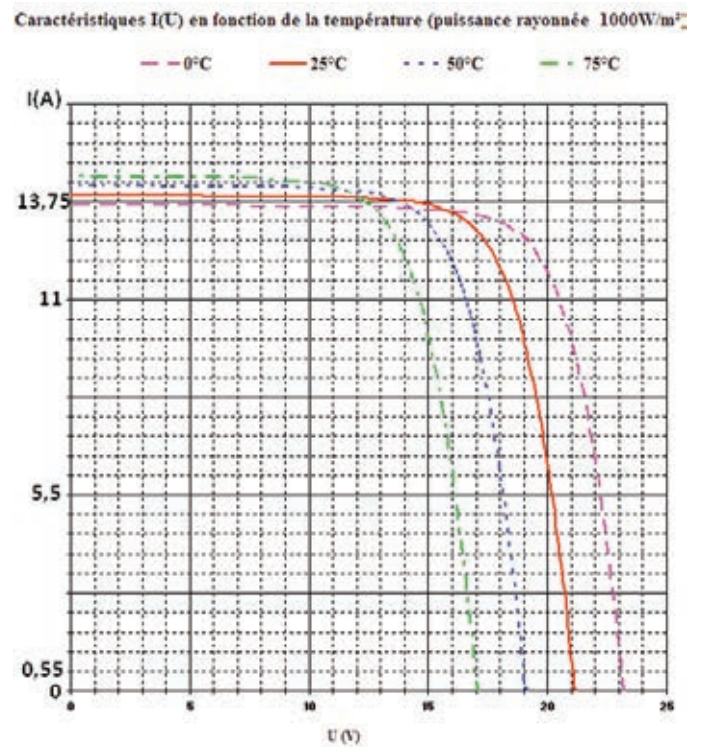
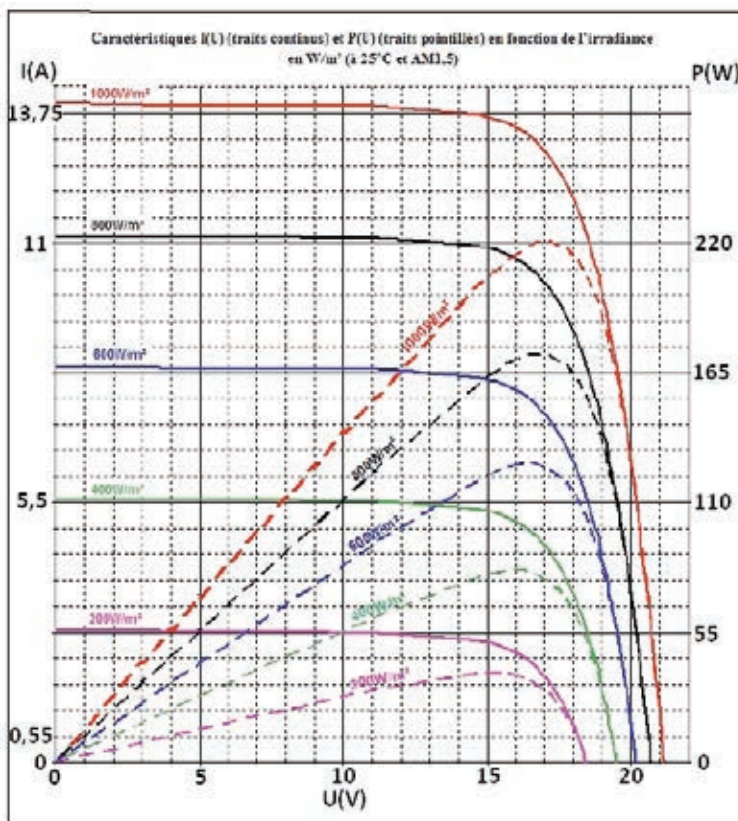


Image : fibre photovoltaïque

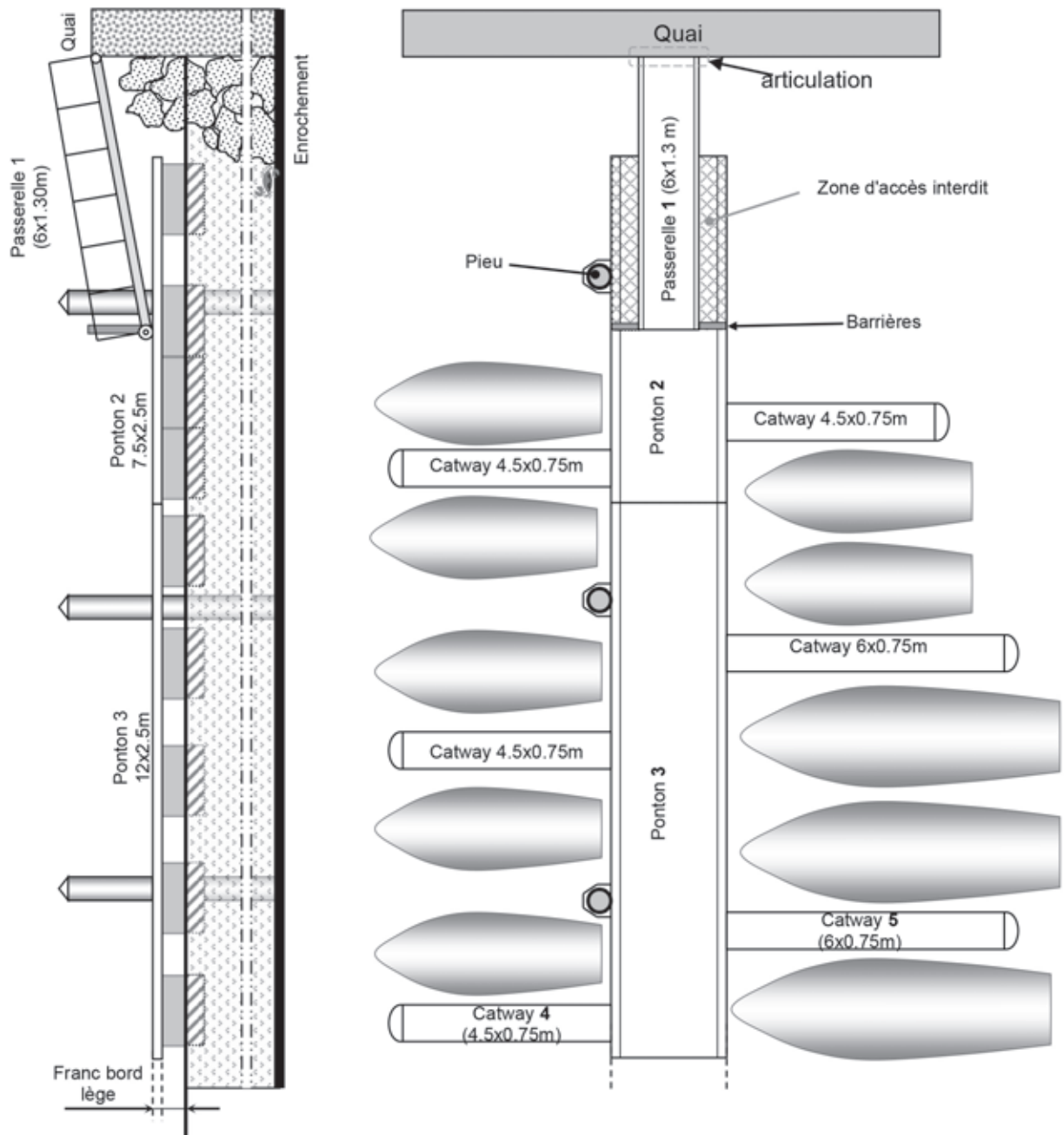


Spécifications	$V_{MPP}(V)$	$I_{MPP}(A)$	$P_c(W)$	Area ( $m^2$ )
	17	13	220	6,06

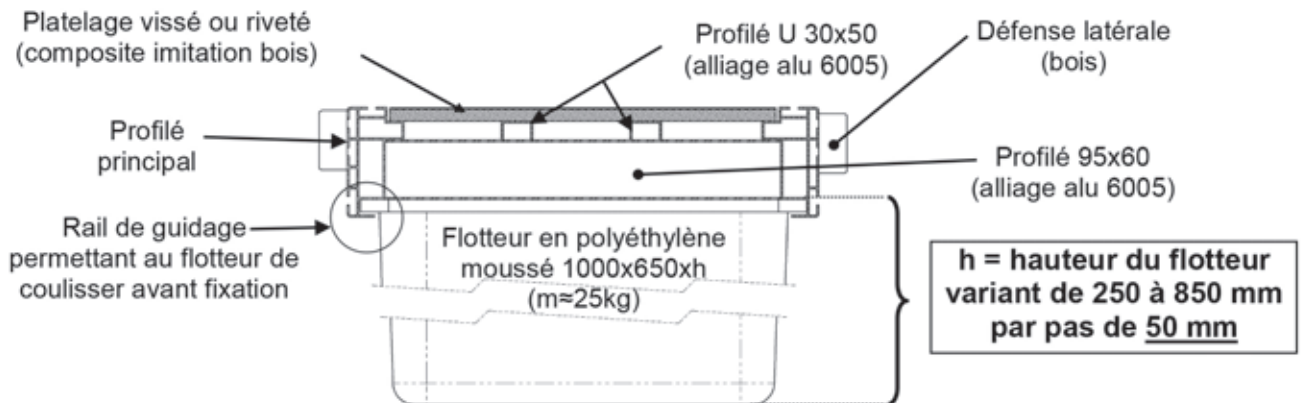


## DT28 - Accès aux pontons d'amarrage

Echelle : 7:100

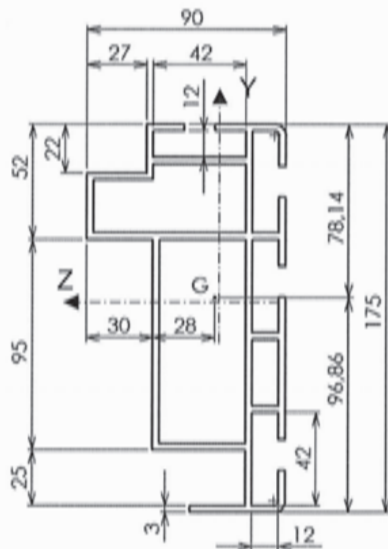


## DT29 - Coupe transversale d'un catway

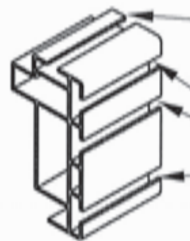




## DT30 - Caractéristiques du profilé principal



Matière : Alliage Al-Si-Mg 6005 T6  
 Limite élastique (*mini*) :  $\sigma_{ee} = 230 \text{ MPa}$   
 Limite de rupture :  $\sigma_{re} \text{ (mini)} = 260 \text{ MPa}$   
 Masse linéique :  $6 \text{ kg.m}^{-1}$   
 Section :  $2226 \text{ mm}^2$   
 Module de flexion ( $I_{Gz}/v$ ) =  $66350 \text{ mm}^3$

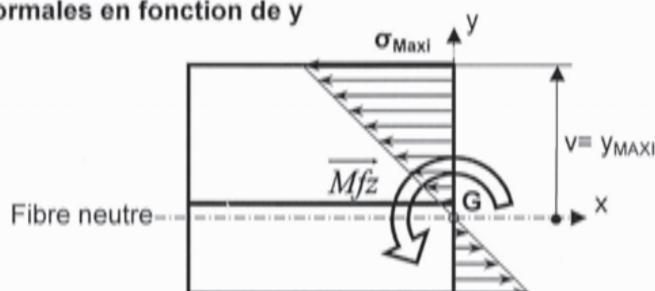


Rainure permettant le logement d'écrous rectangulaires pour la fixation des accessoires (défenses, taquets d'amarrage...)

### Contrainte normale maximale en flexion simple :

La contrainte normale maxi se situe sur la fibre située à la distance maximale de la fibre neutre  
 ( $Y = v = Y_{\text{Maxi}}$ )

Répartition des contraintes normales en fonction de y



$$\sigma_{\text{Maxi}} = \frac{\left\| \frac{Mfz}{IGz} \right\|}{\left( \frac{v}{v} \right)} \text{ en MPa}$$

$\sigma_{\text{Maxi}}$  : contrainte normale maximale en MPa

$Mfz$  : moment fléchissant sur  $(G, \vec{z})$  en N.mm

$IGz$  : moment quadratique par rapport à l'axe  $(G, \vec{z})$  en  $\text{mm}^4$

$v = Y_{\text{Maxi}}$  : distance maximale à la fibre moyenne en mm

$\left( \frac{IGz}{v} \right)$  : module de flexion en  $\text{mm}^3$

Remarque : pour les poutres et profilés du commerce, le constructeur fournit le module de flexion (en  $\text{mm}^3$ ).

### Condition de résistance à la contrainte normale :

$$k_t \cdot \sigma_{\text{max}} \leq \sigma_{pe} \qquad \sigma_{pe} = \frac{\sigma_{ee}}{s}$$

$\sigma_{pe}$  : contrainte pratique maximale admissible (MPa),

$\sigma_{ee}$  : contrainte de limite élastique (MPa),

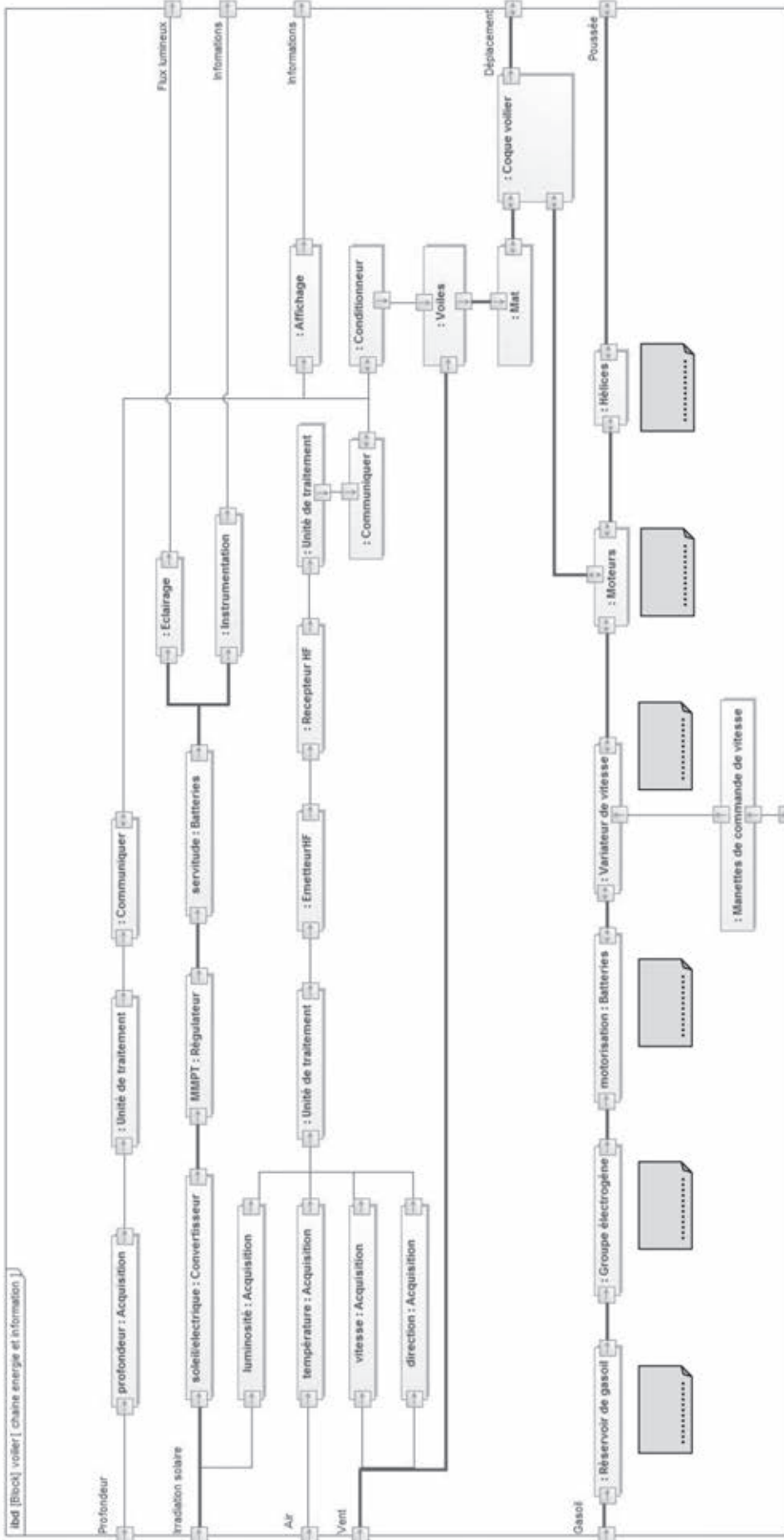
s : coefficient de sécurité,

$\sigma_{\text{max}}$  : contrainte normale maximale dans la section (MPa),

$k_t$  : coefficient de concentration de contrainte qui dépend de la nature et de l'importance de l'accident dans la poutre (si la section de la poutre est constante  $K_t=1$ ).



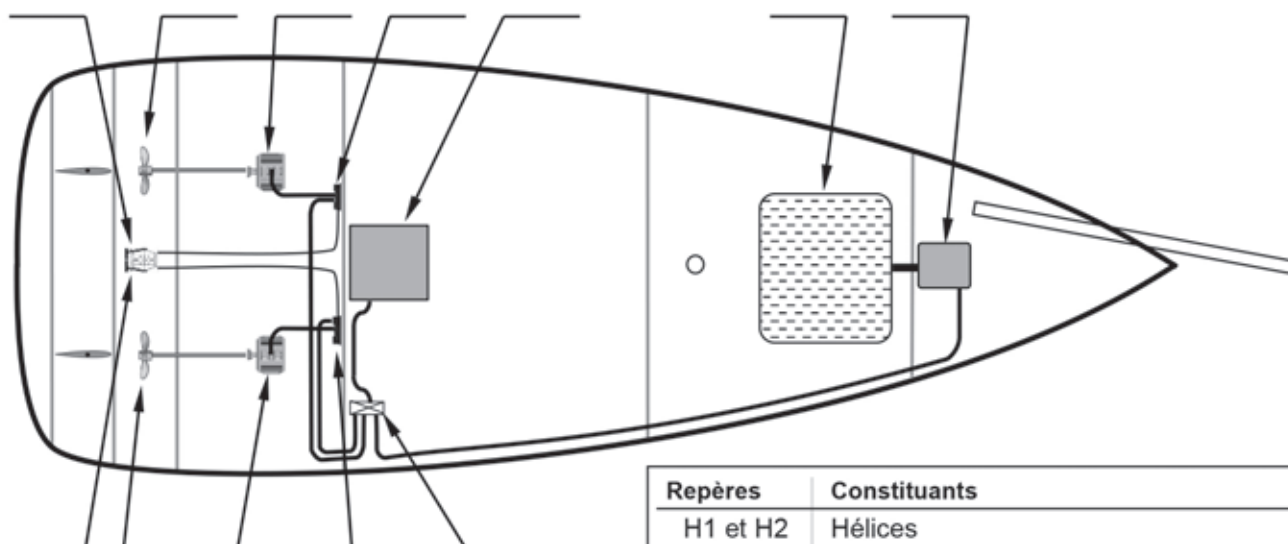
# DR1 - IBD flux d'information et flux d'énergie



Fonctions proposées pour la question 1.2 :

- F1 : Convertir de l'énergie mécanique de rotation, en énergie mécanique de translation
- F2 : Moduler l'énergie électrique
- F3 : Stocker de l'énergie chimique
- F4 : Stocker de l'énergie électrochimique
- F5 : Convertir de l'énergie électrique en énergie mécanique
- F6 : Convertir de l'énergie chimique en énergie électrique

## DR2 - Agencement des constituants de la propulsion motorisée



—	Tuyau d'alimentation en gasoil
—	Liaisons de puissance (144V)
—	Liaisons de commande (0-5V)

Repères	Constituants
H1 et H2	Hélices
mc1 et mc2	Manettes de commande de vitesse
A1 et A2	Variateurs de vitesse
PB	Pack de batterie
GE	Groupe électrogène
M1 et M2	Moteurs
BD	Boîtier pour la distribution, le sectionnement et la protection électrique
R	Réservoir de gasoil

## DR 3 - Tableau comparatif des anémomètres

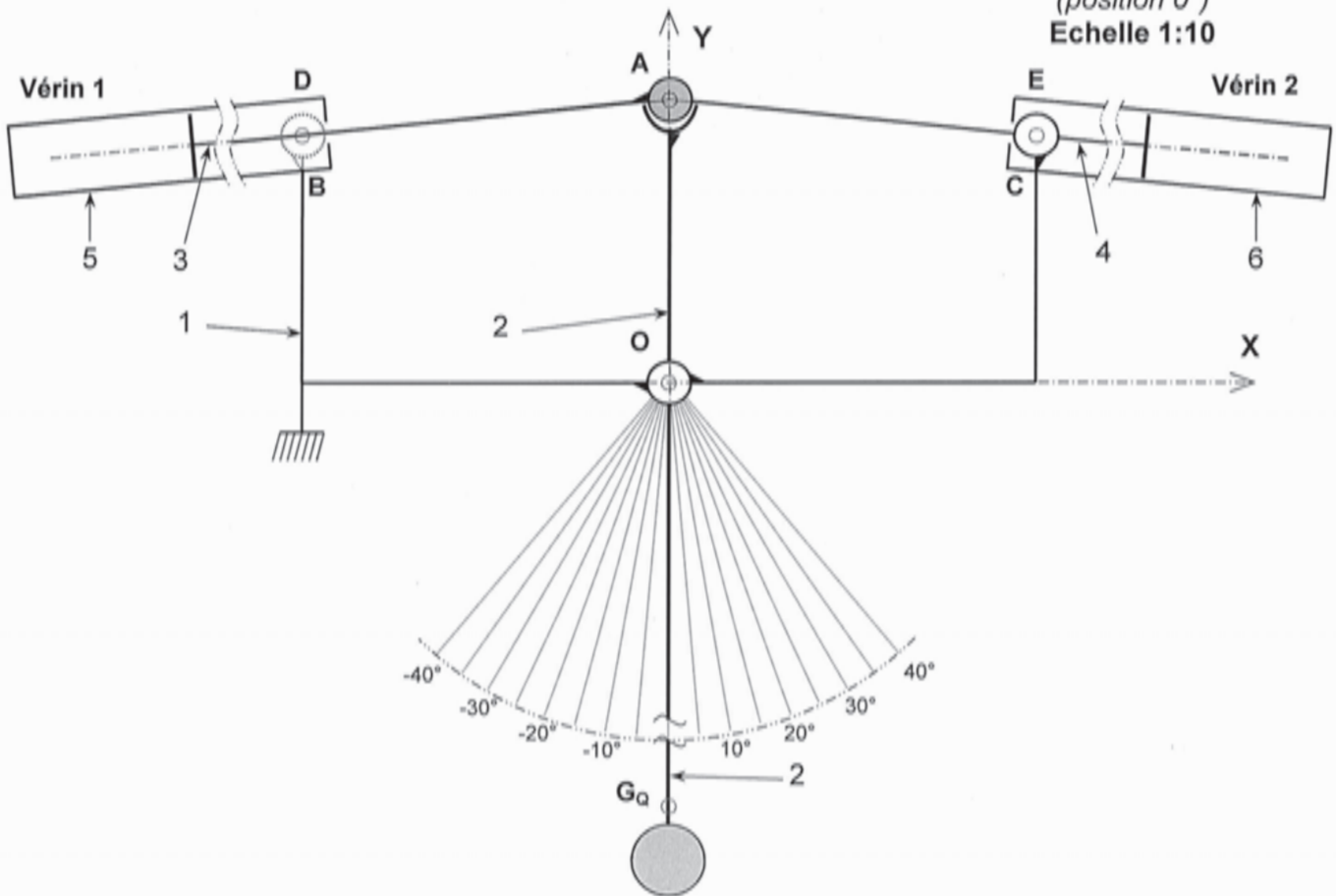
	CV7SF	WSM
Signaux numériques de sortie	NMEA©	
Rafraîchissement de sortie	1 fois par sec. de jour, 1 fois toutes les 3 sec. au lever et coucher du soleil, 1 fois toutes les 13 sec. la nuit	
Résolution du module du vent	0,1 Nd (Nœud)	
Dynamique du module du vent	0,1 à 80 Nds (Nœuds)	
Sensibilité de la direction	+/- 1°	<del></del>
Résolution de la direction	1°	<del></del>
Alimentation	Panneau solaire pour le capteur, 5 à 12 VDC pour le récepteur	<del></del>
Gamme de températures Hors givre	-10 °C / 55 °C	<del></del>
Type de liaison en sortie du capteur	Émetteur radio 433 MHz Puissance : 10 dbm Durée d'un message : 25 ms	<del></del>
Pièces en mouvements (oui/non)	non	
Prix	679 €	

### DR4 - Détermination de la course des vérins

### Schéma Cinématique plan

(position 0°)

Echelle 1:10



### DR5 - Caractéristiques d'une batterie de servitude

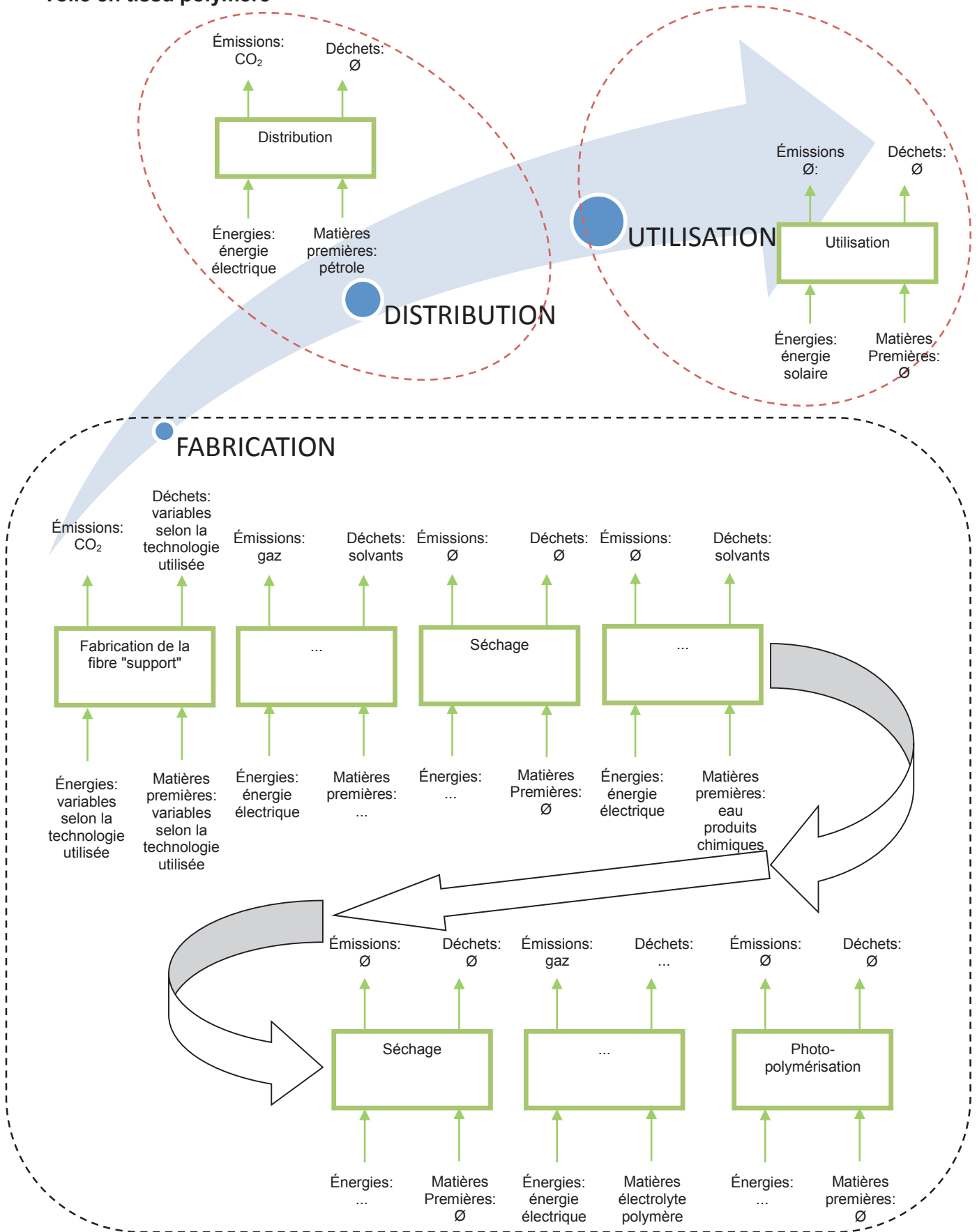
	Débite une intensité de courant très forte	Délivre du courant de manière ponctuelle	Supporte des décharges profondes	Recharge très rapidement dans le cas du voilier étudié
Oui				
Non				





**DR6 :**

**Toile en tissu polymère**



# DR7

Epuisement des ressources non renouvelables

Indiquer ici l'unité équivalente comparable

	Unité équivalente de C <sub>1</sub> de matière première /production attendue.	Consommation énergétique	Unité équivalente d'énergie consommée /production attendue	Consommation d'eau	Unité équivalente de consommation d'eau /production attendue	Potentiel de réchauffement climatique	Acidification de l'air	Production de déchets
<b>Panneau rigide</b> $\eta=22\%$	3 Kg de sable pour 1kg de Si (eq 95Wc)	150 kWh pour 1 kg Si 30 kWh pour 1 m <sup>2</sup> de plaque 0,74 kWh par cellule 10,7 kWh par module de 60 cellules	1,57	65 l par m <sup>2</sup> de plaque	0,46	35g CO <sub>2</sub> -eq/kWh Correspondant à la quantité de gaz émis lors de la fabrication du système sur sa production électrique pendant 30 ans	Rejets d'oxyde de soufre et d'oxyde d'azote	Poussières fines chimiques 2 kg de produits silicium boue solvant
	2,6 Kg charbon coke pour 1kg de Si		0,21	27 l par cellule	7,5			
	3,7 kg de produits chimiques et gaz pour 1 m <sup>2</sup> de plaque (eq 140Wc)		0,205	34 l par module de 60 cellules	0,15			
	0,4 kg de quartz pour 1 m <sup>2</sup> de plaque		0,048					
0,06 kg produit chimique et gaz par cellule (156 mm x 156 mm) (eq 3,6 Wc)	0,016							
0,035 kg de solvants organiques par module de 60 cellules (eq 220 Wc)	1,59.10 <sup>-4</sup>							
<b>Panneau souple</b> $\eta=12\%$	2 kg de sable pour 1 kg de Si (eq 52 Wc)	210 kWh pour 1 kg de Si 30 kWh pour 1 m <sup>2</sup> de plaque	...	80 l par m <sup>2</sup> de plaque	...	305g CO <sub>2</sub> -eq/kWh Correspondant à la quantité de gaz émis lors de la fabrication du système sur sa production électrique pendant 30 ans	Rejets d'oxyde de soufre et d'oxyde d'azote	Poussières fines chimiques 2 kg de produits silicium boue solvant
	3,5 kg charbon coke pour 1 kg de Si		...	28 l par cellule	...			
	3,7 kg de produits chimiques et gaz pour 1 m <sup>2</sup> de plaque (eq 76 Wc)		...	30 l par module de 20 cellules	...			
	0,4 kg de quartz pour 1 m <sup>2</sup> de plaque		...					
0,06 kg produit chimique et gaz par cellule (eq 2 Wc)	0,03							
0,035 kg de solvants organiques par module de 60 cellules (eq 120 Wc)	...							
<b>Tissu polymère</b> $\eta=4\%$	4 g de produits chimiques pour 1 m <sup>2</sup> de tissu	90 kWh pour la fabrication du fil + 4,5 kWh par m <sup>2</sup> pour le tissage	...	1,26 l par m <sup>2</sup> de tissu	...	25g CO <sub>2</sub> -eq/kWh Correspondant à la quantité de gaz émis lors de la fabrication du système sur sa production électrique pendant 30 ans		Résidus de solvants
	0,6 g de quartz pour 1 m <sup>2</sup> de tissu		...					
	120 g de solvants pour 1 m <sup>2</sup> de tissu		0,035					



**DR8 - Puissance transmise à la batterie branchement direct**

$U_{\text{Bat}}$ (V)	10	12	15
$I_{\text{Bat}}$ (A)			
$P_{\text{Bat}}$ (W)			
$\eta_{\text{transfert}}$ (%)			

**DR9 - Puissance transmise à la batterie branchement régulateur MPPT**

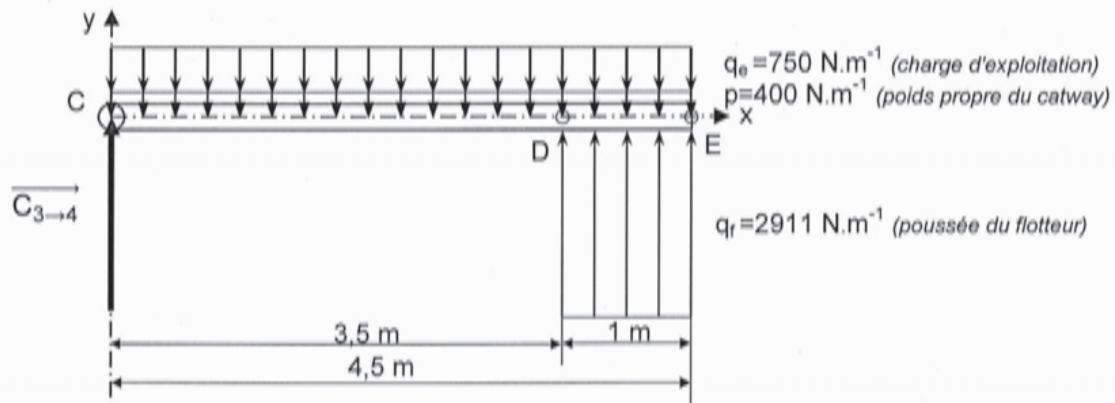
$U_{\text{Bat}}$ (V)	10	12	15
$K = \frac{V_2}{V_1}$			
$I_{\text{Bat}}$ (A)			
$P_{\text{Bat}}$ (W)			
$\eta_{\text{transfert}}$ (%)			

**DR10 - Equilibre du catway léger (sans charge d'exploitation)**

Echelle des forces : 1 mm  $\rightarrow$  40 N



## DR11 - Diagrammes des efforts tranchants et moments fléchissants



L'étude des efforts de cohésion du catway en charge donne les diagrammes d'effort tranchant  $T_y$  et moment fléchissant  $M_f$  en fonction de l'abscisse  $x$  :

