



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.



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).

## Première partie : choix des batteries

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.**

**Q1** : À l'aide des documents DT1 et DT2, **compléter** le tableau ci-dessous en cochant les cases qui caractérisent une batterie de servitude.

|     | Débite une intensité de courant très forte | Délivre du courant de manière ponctuelle | Support des décharges profondes     | Recharge très rapide dans le cas du voilier étudié |
|-----|--|--|-------------------------------------|--|
| Oui |  |  | <input checked="" type="checkbox"/> |  |
| Non | <input checked="" type="checkbox"/>        | <input checked="" type="checkbox"/>      | <input checked="" type="checkbox"/> | <input checked="" type="checkbox"/>                |

**Q2** : À 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.

AGM et Gel

- Indiquer** la technologie la plus adaptée aux décharges profondes.

Gel

**Q3** : En s'autorisant une profondeur de décharge de batterie de 80%, et compte tenu de la consommation journalière, **calculer** la capacité théorique  $C_{THEO}$  en Ah que doit avoir la batterie pour avoir une autonomie d'une journée.

$$C_{THEO} = \frac{\text{Conso Jour}}{\text{Coef Déch Prof}} = \frac{40}{0,8} = 50 \text{ A} \cdot \text{h}$$

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.

**Q4** : À l'aide du document DT3 :

- Indiquer** la cause la plus probable de cette anomalie, et **expliquer** ;

Cause : effet de la température ; si  $t^\circ$  diminue, la capacité diminue.

- Proposer** une solution afin de résoudre le problème et permettant de naviguer partout.

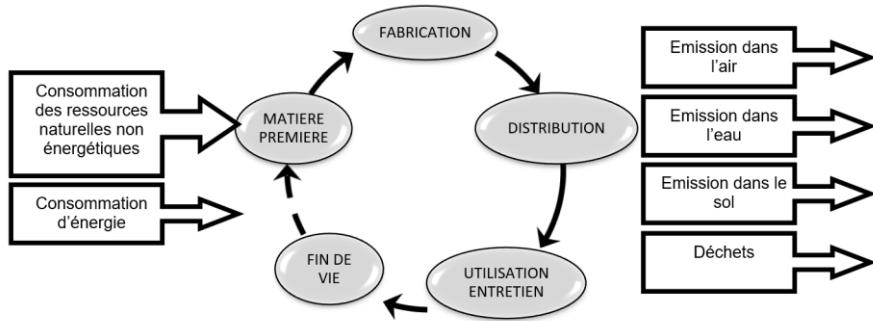
$$\text{Choisir } C = \frac{C_{THEO}}{K_T} = \frac{50}{0,8} = 62,5 \text{ A} \cdot \text{h}$$



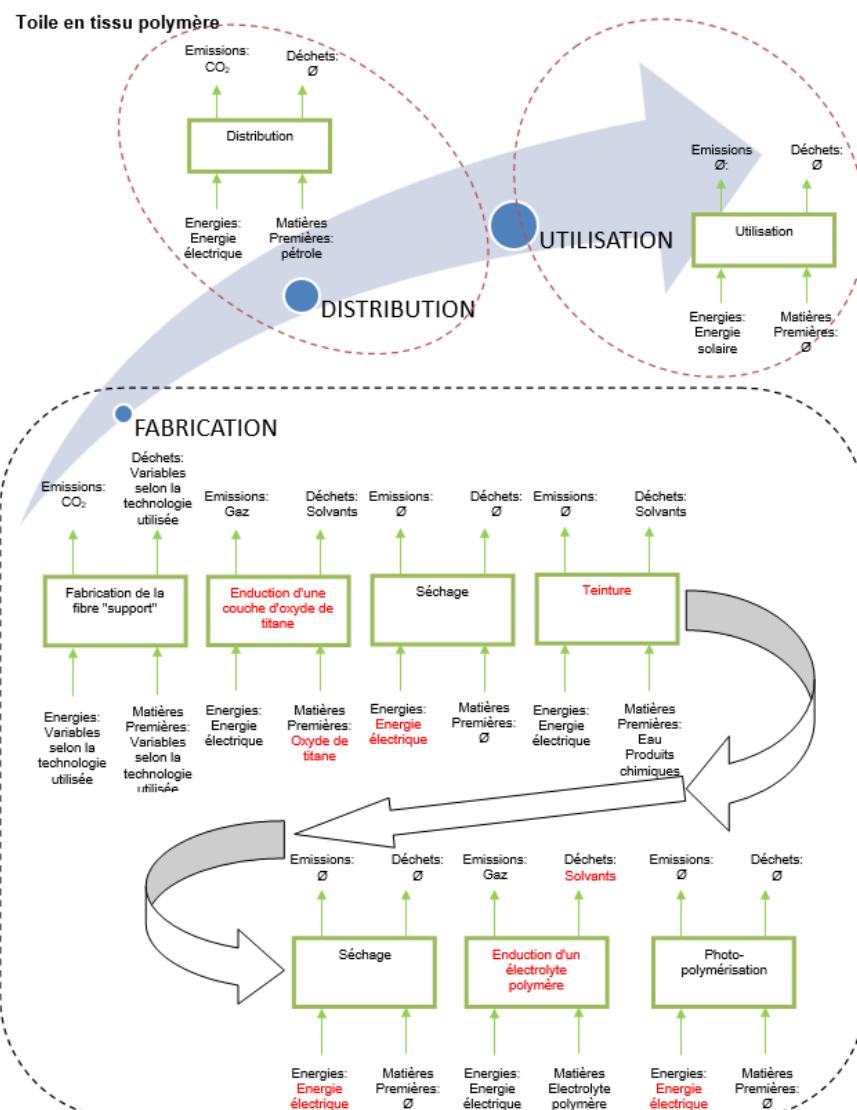
## Deuxième partie : étude de l'impact environnemental des solutions photovoltaïques

Pour répondre à la charte pavillon bleu, le choix de la solution photovoltaïque 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



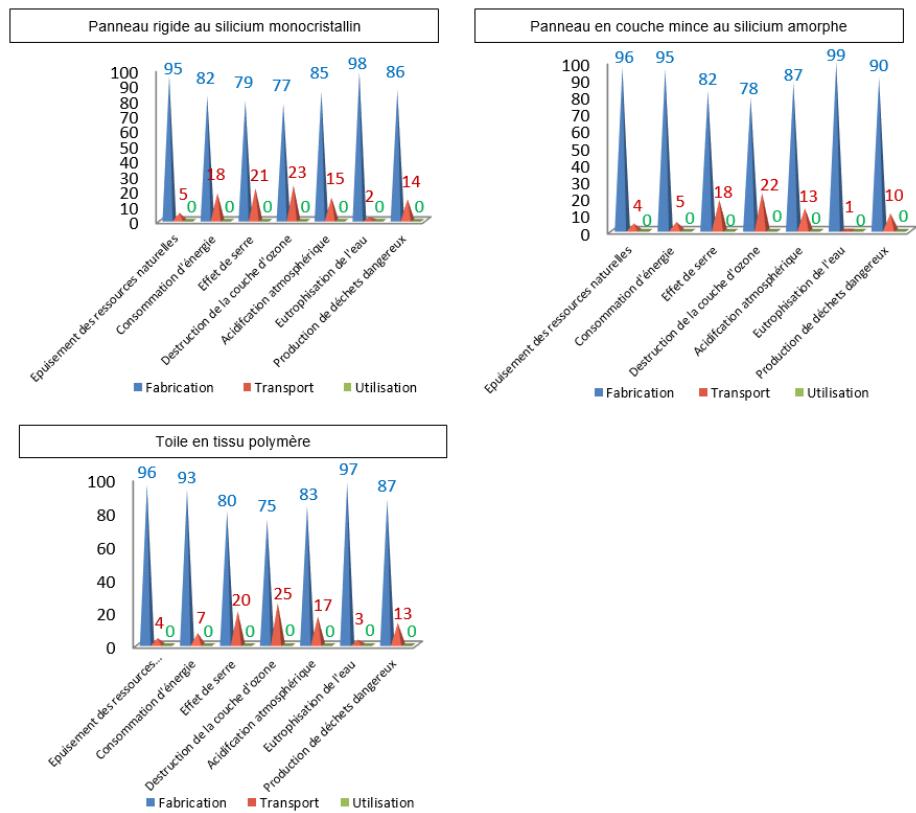
Q5 : À l'aide des documents DT4 et DT5 et en vous aidant des informations insérées dans le tableau de la page suivante, compléter les diagrammes des différentes étapes du cycle de vie du produit : Toile en tissu polymère.





**Q6 :** Au regard des résultats précédents et des graphes ci-contre, **citer** l'étape la plus appropriée pour mener l'étude comparative. **Justifier** votre réponse.

L'étape à étudier principalement pour une étude ACV Est l'étape de fabrication. Elle représente à elle seule environ 90% des effets néfastes sur l'environnement.



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.

**Q7 :** En vous appuyant sur les valeurs du document ci-dessous, **proposer** une unité équivalente permettant de réaliser une ACV sur les systèmes de production électrique d'origine photovoltaïque.

|                                | Epuisement des ressources non renouvelables   | Unité équivalente de Qté 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  |
|--------------------------------|---|---|--|--|---|--|--|--|--|
|                                | Indiquer ici l'unité équivalente comparable   | kg/Wc   |  |  |   |  |  |  |  |
| <b>Panneau rigide</b><br>η≈22% | 3 Kg de sable pour 1kg de Si (eq 95Wc)<br>2,6 Kg charbon coke bois pour 1kg de Si<br>3,7 kg de produits chimiques et gaz pour 1 m <sup>2</sup> de plaque (eq 140Wc)<br>0,4 kg de quartz pour 1 m <sup>2</sup> de plaque<br>0,06 kg produit chimique et gaz par cellule (156 mm x 156 mm) (eq 3,6 Wc)<br>0,035 kg de solvants organiques par module de 60 cellules (eq 220 Wc) | 0,031<br>0,027<br>0,026<br>0,0028<br>0,016<br>0,035 kg de solvants organiques par module de 60 cellules (eq 220 Wc) | 150 kWh pour 1 kg Si<br>30 kWh pour 1 m <sup>2</sup> de plaque<br>0,74 kWh par cellule<br>10,7 kWh par module de 60 cellules | 1,57<br>0,21<br>0,205<br>0,048                             | 65 l par m <sup>2</sup> de plaque<br>27 l par cellule<br>34 l par module de 60 cellules | 0,46<br>7,5<br>0,15  | 35g CO <sub>2</sub> -eq/kWh<br>Correspondant à la quantité de gaz à effet de serre émis lors de la fabrication du système sur sa production électrique pendant 30 ans  | 35<br>accordé au<br>CO <sub>2</sub> -équivalent  | Rejets d'oxyde de soufre et d'oxyde d'azote<br>Poussières fines 2 kg de produits chimiques Silicium Boue solvant |
| <b>Panneau souple</b><br>η≈12% | 2 kg de sable pour 1 kg de Si (eq 52 Wc)<br>3,5 kg charbon coke bois pour 1 kg de Si<br>3,7 kg de produits chimiques et gaz pour 1 m <sup>2</sup> de plaque (eq 76 Wc)<br>0,4 kg de quartz pour 1 m <sup>2</sup> de plaque<br>0,06 kg produit chimique et gaz par cellule (eq 2 Wc)<br>0,035 kg de solvants organiques par module de 60 cellules (eq 120 Wc)                  | 0,038<br>0,067<br>0,048<br>0,005<br>0,03<br>4.10 <sup>-4</sup>  | 210 kWh pour 1 kg de Si<br>30 kWh pour 1 m <sup>2</sup> de plaque  | 4,03<br>0,39   | 80 l par m <sup>2</sup> de plaque<br>29 l par cellule<br>30 l par module de 20 cellules | 1,05<br>14,5<br>0,75   | 305g CO <sub>2</sub> -eq/kWh<br>Correspondant à la quantité de gaz à effet de serre émis lors de la fabrication du système sur sa production électrique pendant 30 ans | 305<br>accordé au<br>CO <sub>2</sub> -équivalent | Rejets d'oxyde de soufre et d'oxyde d'azote<br>Poussières fines 2 kg de produits chimiques Silicium Boue solvant |
| <b>Tissu polymère</b><br>η≈4%  | 4 g de produit chimiques pour 1 m <sup>2</sup> de tissu<br>0,6 g de quartz pour 1 m <sup>2</sup> de tissu<br>120 g de solvants pour 1 m <sup>2</sup> de tissu   | 0,23<br>0,035<br>7,05   | 90 kWh pour la fabrication du fil<br>+ 4,5 kWh par m <sup>2</sup> pour le tissage  | 5,29<br>0,26   | 1,26 l par m <sup>2</sup> de tissu  | 0,074  | 25g CO <sub>2</sub> -eq/kWh<br>Correspondant à la quantité de gaz à effet de serre émis lors de la fabrication du système sur sa production électrique pendant 30 ans  | 25<br>accordé au<br>CO <sub>2</sub> -équivalent  | Résidus de solvants  |

**Q8 : Reformuler** les valeurs du tableau ci-dessus en utilisant l'unité fonctionnelle proposée dans la question précédente à l'endroit des pointillés.

**Q9 : Conclure** sur le système de production électrique le moins impactant.

La voile tissu polymère est la moins impactante au regard de tous les critères énumérés dans le tableau précédent.

### Troisième partie : Détermination de la puissance des panneaux photovoltaïques

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

**Hypothèse d'étude : consommation journalière de 40 A·h 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  $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ .

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

**Q10 : À l'aide du document DT6 :**

- **Indiquer** l'énergie solaire quotidienne minimale et maximale en  $\text{kW}\cdot\text{h}\cdot\text{m}^{-2}$  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.
- **Irradiation quotidienne mini en France : 3  $\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2$  (région Lille)**
- **Irradiation quotidienne maxi en France : 5,2  $\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2$  (région Toulon)**
- **Ecart =  $(5,2-3)/5,2 = 42\%$  de la valeur maxi**
- **Mois où l'irradiation est mini sur Brest : Décembre → 1220  $\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2$**
- **Mois où l'irradiation est maxi sur Brest : Juin → 5440  $\text{kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2$**
- **Ecart =  $(5440-1220)/5440 = 77\%$  de la valeur maxi de Juin**
- **Facteur prépondérant sur les variations d'irradiation en France est 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.

**Q11 : À l'aide du document DT6, donner** la valeur de l'énergie solaire  $E_{\text{SOL}}$  à prendre en compte, dans le cas le plus défavorable, pour le dimensionnement des panneaux.

**Irradiation la moins bonne → Calais, en Octobre :  $E_{\text{SOL}} = 2\ 550 \text{ W}\cdot\text{h}/\text{m}^2$  soit  $2,5 \text{ kW}\cdot\text{h}/\text{m}^2$  par jour**

**Q12 : L'énergie solaire  $E_{\text{SOL}}$  reçue au bout d'une journée est l'équivalent d'une puissance de rayonnement de 1 000  $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$  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 1 000  $\text{W}\cdot\text{m}^{-2}$ .**

$$T_e = 2,5 \text{ h}$$



Quand un panneau photovoltaïque reçoit une puissance de rayonnement solaire de  $1\ 000\ W\cdot m^{-2}$ , il produit une puissance électrique  $P_c$  (W).

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

**Q13 : 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  $1\ 000\ W\cdot m^{-2}$ .

$$E_{ELEC} = P_c \times T_e$$

**Q14 :** À partir de la consommation journalière en A·h, **calculer** le besoin journalier d'énergie électrique  $E_j$  (en  $kW\cdot h$ ).

$$E_j = 40\ A\cdot h \times 12V = 480\ W\cdot h = 0,48\ kW\cdot h$$

**Q15 :** À 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.

Le panneau doit produire l'énergie électrique nécessaire au besoin  $\rightarrow E_{ELEC} = E_j$  soit :

$$P_{c\_théo} \times T_e = E_j \implies P_{c\_théo} = E_j / T_e = 480\ W\cdot h / 2,5\ h = 192\ W$$

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.

**Q16 : En déduire** la puissance électrique crête  $P_c$  (W) que doit avoir le panneau photovoltaïque en tenant compte du coefficient de performance.

$$P_c = P_{c\_théo} / CP = 192\ W / 0,9 = 213\ W$$

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

**Q17 : Justifier** si ce choix est convenable.

Choix convenable car  $220W >$  puissance crête calculée

**Q18 :** À l'aide de la documentation du panneau photovoltaïque, **déterminer** :

- la tension à vide délivrée par le panneau (pour un éclairement de  $1\ 000\ W\cdot m^{-2}$ ) ;
- le courant de court-circuit (pour un éclairement de  $1\ 000\ W\cdot m^{-2}$ ) ;
- 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.

Tension à vide du panneau :  $U_0 = 21\ V$  ;

Courant de court-circuit  $I_{CC} = 14\ A$  environ ;

Lorsque l'éclairement diminue :  $U_0$  diminue très peu,  $I_{CC}$  diminue proportionnellement à l'éclairement ;

Lorsque la température augmente :  $U_0$  diminue sensiblement,  $I_{CC}$  reste presque constant ;

Les conditions idéales de fonctionnement d'un panneau photovoltaïque sont : forte luminosité et faible température.

**Q19 :** À 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  $E = 1\ 000\ W\cdot m^{-2}$ . **Conclure**.

$$\eta_e = P_{elec} / P_{éclairement} = P_c / (E \times \text{Aire du panneau}) = 220\ W / [1\ 000\ W/m^2 \times 6,06\ m^2] = 3,6\%$$

Le rendement est faible, cependant la surface disponible du panneau est grande (spi du bateau) ce qui permet d'atteindre la puissance souhaitée.



## Quatrième partie : Étude des conditions optimales de fonctionnement du GPV (Générateur PhotoVoltaïque)

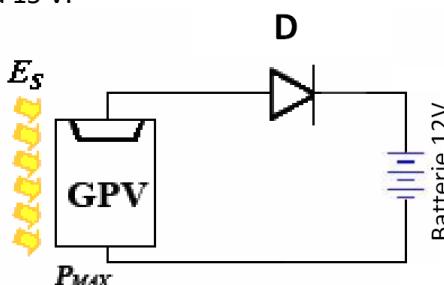
Hypothèse d'étude :

Sauf mention contraire, par défaut, les Conditions Standards de Test (STC) sont remplies, c'est-à-dire :

- $AM = 1,5$
- température de  $25^\circ\text{C}$
- éclairement de  $1\,000\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$

### ☞ 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.



**Q20 :** À l'aide de la documentation du GPV (DT7), compléter la ligne " $I_{\text{Bat}}(\text{A})$ " du tableau ci-dessous en y reportant la valeur de l'intensité du courant en Ampère générée par le panneau solaire pour chacune des tensions de batterie  $U_{\text{Bat}}$  mentionnées.

|                               |     |       |       |
|-------------------------------|-----|-------|-------|
| $U_{\text{Bat}}(\text{V})$    | 10  | 12    | 15    |
| $I_{\text{Bat}}(\text{A})$    | 14  | 13,91 | 13,67 |
| $P_{\text{Bat}}(\text{W})$    | 140 | 167   | 205   |
| $\eta_{\text{TRANSFERT}}(\%)$ | 63  | 76    | 93    |

**Q21 :** En déduire le type de générateur que représente le panneau solaire lorsque la batterie se charge. Justifier. Générateur de courant ; le courant reste quasi-constant malgré une variation de tension de 5 V.

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.

**Q22 :** Indiquer si cette contrainte sera respectée. Justifier votre réponse.

Non car si l'éclairement est suffisant, le panneau continue de charger la batterie. Ce qui est réduit son espérance de vie.

**Q23 :** Indiquer le rôle de la diode (du schéma ci-dessus) et préciser dans quelles circonstances elle intervient.

Évite qu'un courant ne circule de la batterie vers le panneau (ou protège le panneau) si la tension de panneau devient inférieure à celle de la batterie.

Cela intervient la nuit notamment (ou lors d'une baisse de luminosité).

**Q24 :** Compléter la ligne " $P_{\text{Bat}}(\text{W})$ " du tableau précédent en y reportant la puissance en Watt transmise du GPV vers la batterie pour chacune des tensions mentionnées.



**Q25 : Compléter** la ligne  $\eta_{TRANSFERT}$  (%) du tableau précédent en y reportant le rendement du transfert énergétique calculé de la manière suivante :

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

**Q26 : Conclure** quant à l'efficacité énergétique de ce dispositif de transfert d'énergie.

On ne travaille jamais à 100 %. ; pire : quand la batterie est déchargée, on est très loin des performances optimales du panneau.

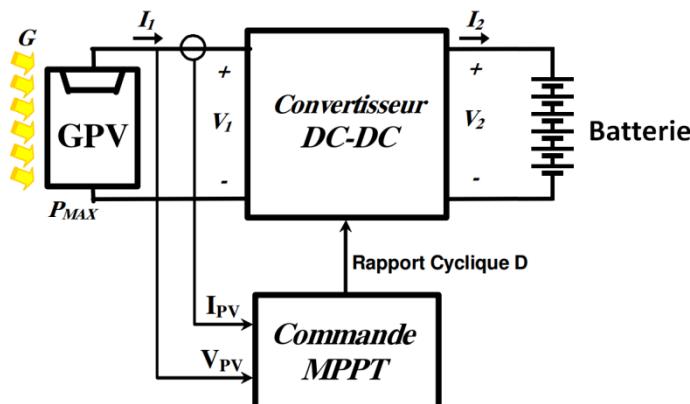
## ☞ Branchement de la batterie au GPV (Générateur PhotoVoltaïque) avec un régulateur MPPT (Maximum Power Point Tracking)

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.

**Q27 : À l'aide du DT7, indiquer** les valeurs de tension  $V_{MPP}$  et de courant  $I_{MPP}$  nécessaires en sortie du GPV pour délivrer la puissance maximale  $P_c$ .

- $V_{MPP} : 17V$
- $I_{MPP} : 13A$

**Q28 : En supposant que la tension  $V_2$  aux bornes de la batterie soit de 12 V, en déduire** la valeur du coefficient  $K$ .

$$K = V_2 / V_1 = 12V / 17V = 0,7$$



**Q29 : 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  $V_2, I_2$ .
- $P_1 = V_1 \times I_1$
- $P_2 = V_2 \times I_2$

**Q30 : 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.
- $P_1 = P_2 \Rightarrow V_1 \times I_1 = V_2 \times I_2$
- $I_2 = V_1 / V_2 \times I_1 = I_1 / K$
- $I_2 = 13A / 0,7 = 18,5 A$

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

**Q31 : Compléter** sur le tableau ci-dessous, 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  $I_{\text{Bat}} (\text{A})$  en y reportant la valeur de l'intensité du courant de batterie ;
- la  $P_{\text{Bat}} (\text{W})$  en y reportant la puissance reçue par la batterie calculée à partir de  $U_{\text{Bat}}$  et  $I_{\text{Bat}}$ .

| $U_{\text{Bat}} (\text{V})$    | 10   | 12    | 15    |
|--------------------------------|------|-------|-------|
| $K = \frac{V_2}{V_1}$          | 0,59 | 0,71  | 0,88  |
| $I_{\text{Bat}} (\text{A})$    | 22   | 18,3  | 14,78 |
| $P_{\text{Bat}} (\text{W})$    | 220  | 219,6 | 221,8 |
| $\eta_{\text{transfert}} (\%)$ | 100  | 99,9  | 100   |

**Q32 : Compléter** la ligne  $\eta_{\text{TRANSFERT}} (\%)$  du tableau ci-dessus 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.

**Q33 : À** partir du tableau précédent et du document DT7, et en se situant dans des conditions qui ne sont pas nécessairement les conditions standards de test, **citer** trois facteurs qui vont influer sur la valeur de  $K$  au cours du processus de charge de la batterie.

La valeur de  $K$  sera différente selon :

- la tension de la batterie
- les conditions d'ensoleillement modifie légèrement  $V_{\text{MPP}}$
- la température modifie  $V_{\text{MPP}}$  de manière substantielle

**Q34 : Conclure** quant à l'intérêt de ce dispositif de transfert d'énergie.

Il améliore le transfert énergétique : il permet de récupérer l'intégralité de la puissance que le panneau est capable de fournir, indépendamment de la charge.



## DT1 : 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.

## DT2 : 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



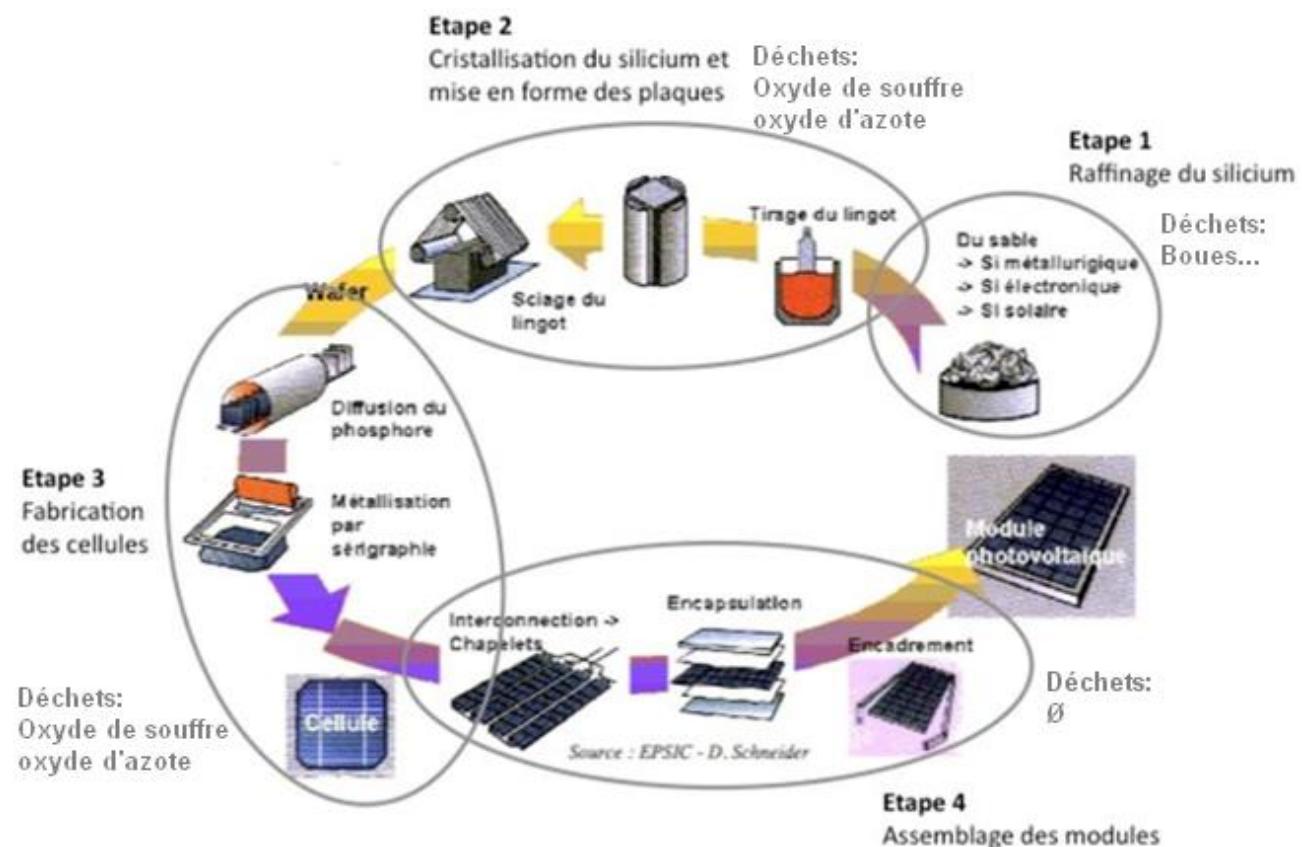
## DT3 : Effet de la température sur la capacité d'une batterie au plomb

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 $K_T$<br>(appliqué à $C_{20}$ ) | 0.8    | 0.85   | 0.85 | 0.95  | 1     | 1.04  | 1.1   | 1.13  |

$$C_{\text{réel}} = C_{20} \times K_T$$

## DT4 : 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 photovoltaïque sont similaires. Cependant, les procédés d'obtention des matériaux de base (silicium monocristallin ou polycristallin) sont différents.

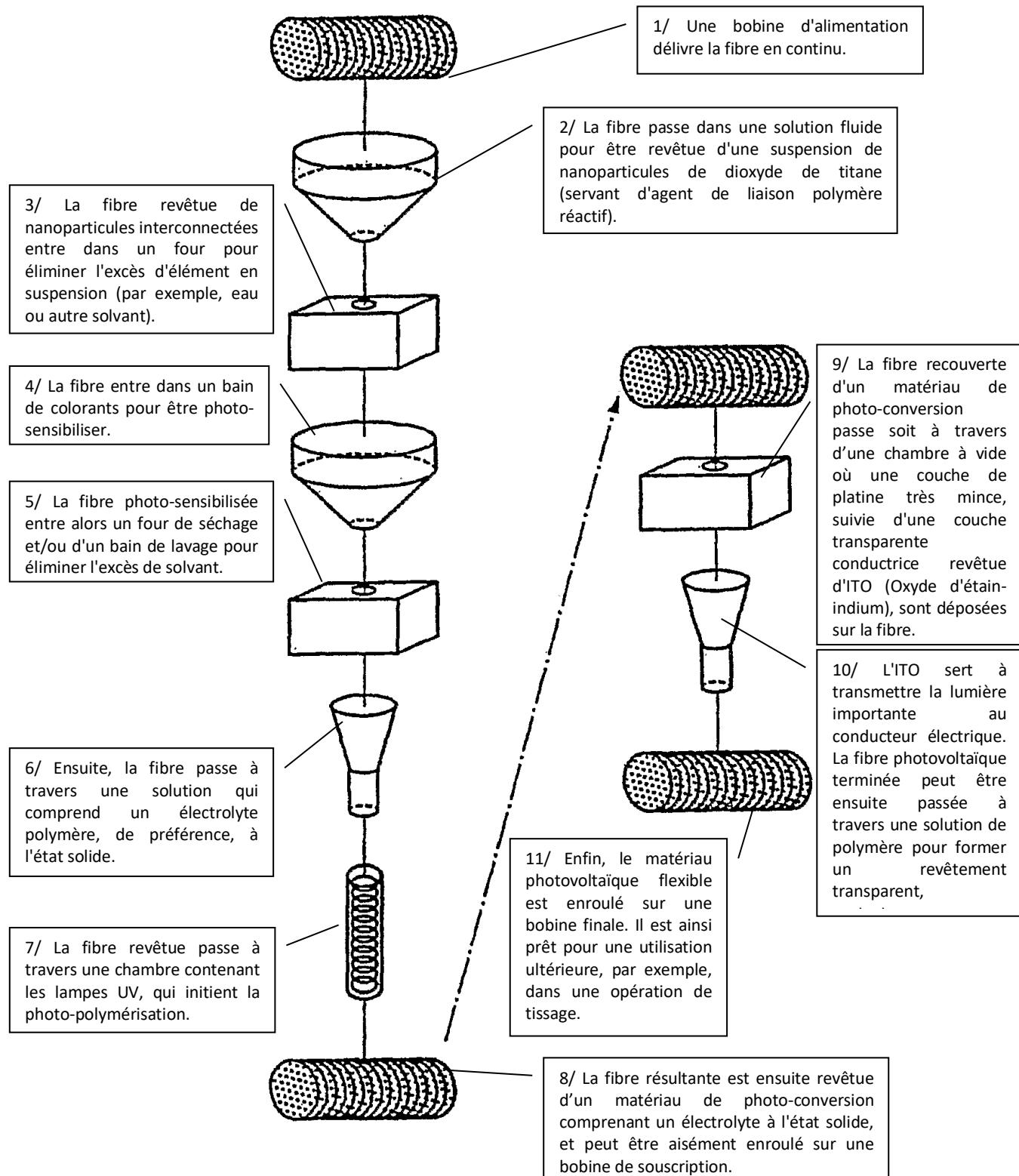




## DT4 : Procédés de fabrication panneaux photovoltaïques (Folio 2/2)

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

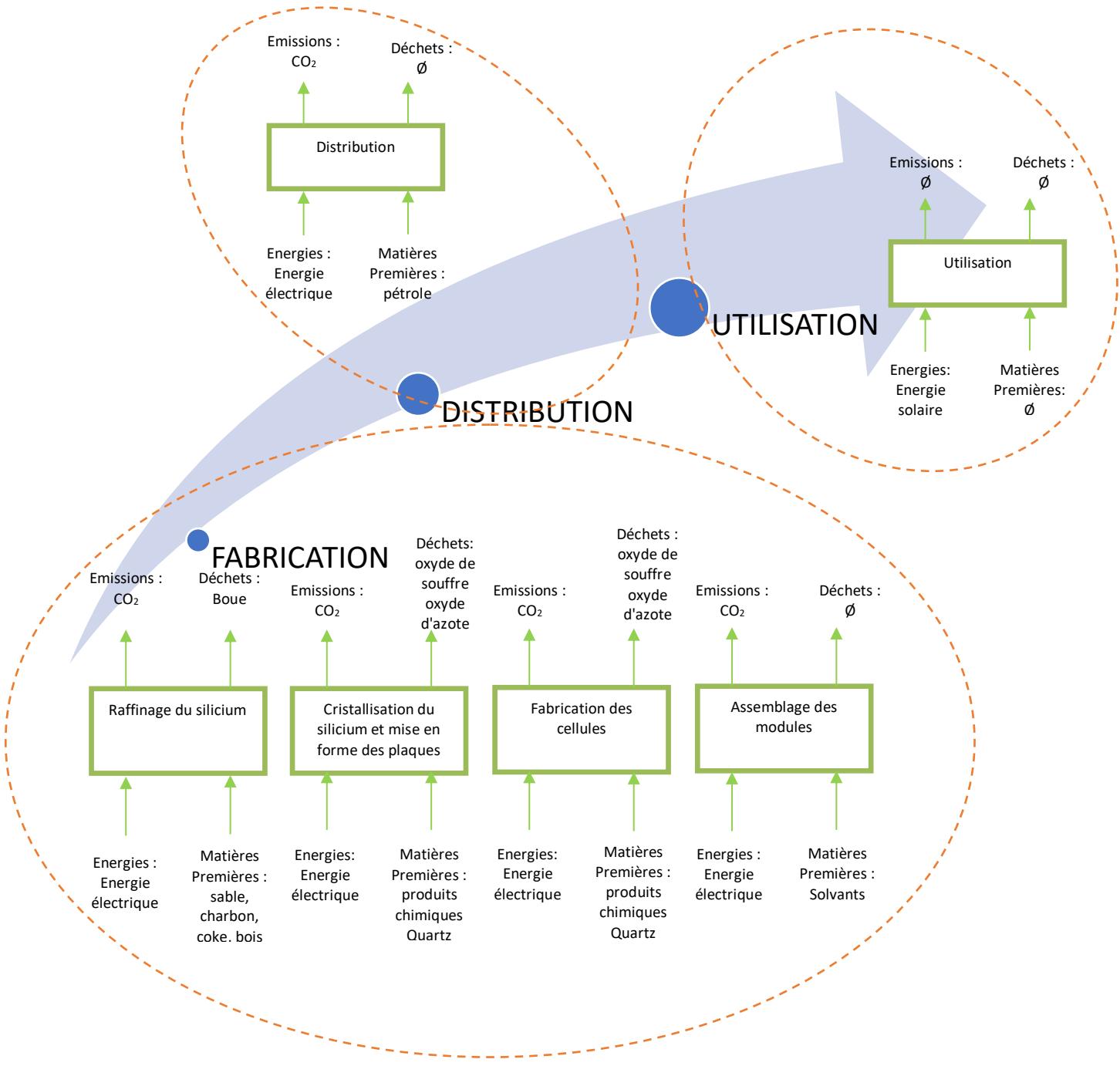
La figure ci-dessous montre un procédé de fabrication de fibre photovoltaïque en utilisant une méthode de fabrication en continu.





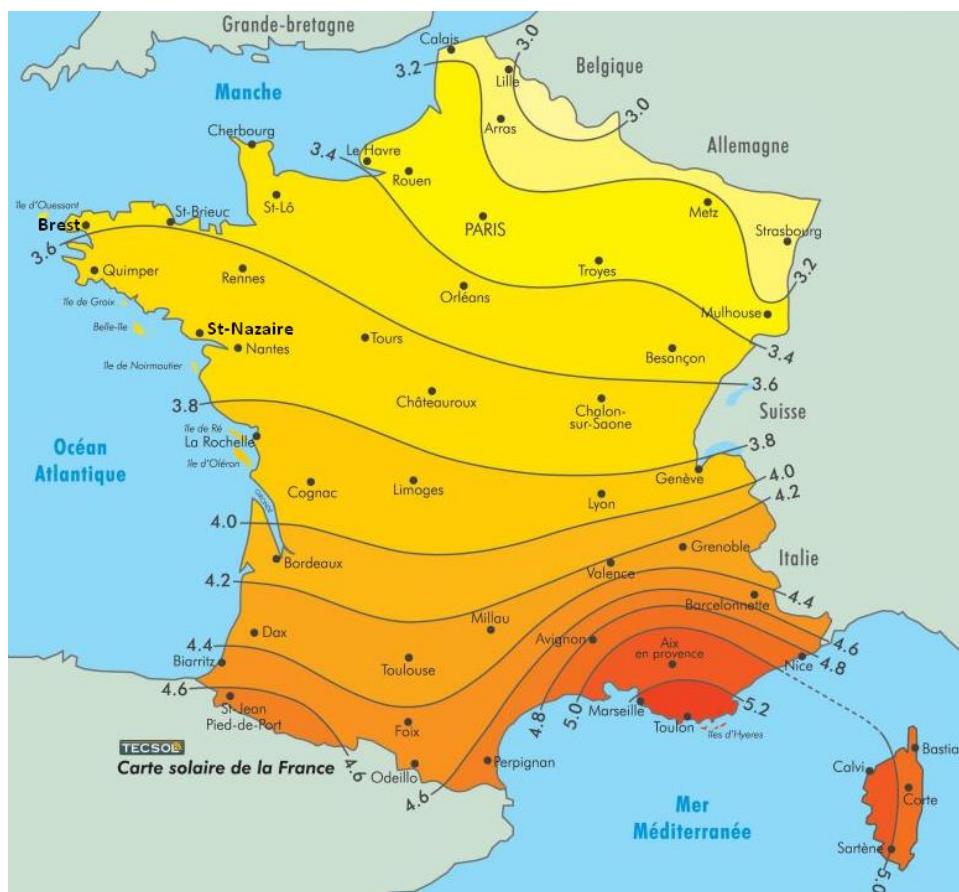
## DT5 : Différentes étapes du cycle de vie d'un produit

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




**DT6** : Données d'irradiation solaires en France

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


 Valeurs moyennes annuelles en  $\text{kWh}\cdot\text{m}^{-2}$  par jour

 Irradiations mensuelles moyennes sur quelques villes en  $\text{Wh}\cdot\text{m}^{-2}$  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>3180</b> |       | <b>4050</b> |       |



## DT7 : Documentation technique de la toile photovoltaïque

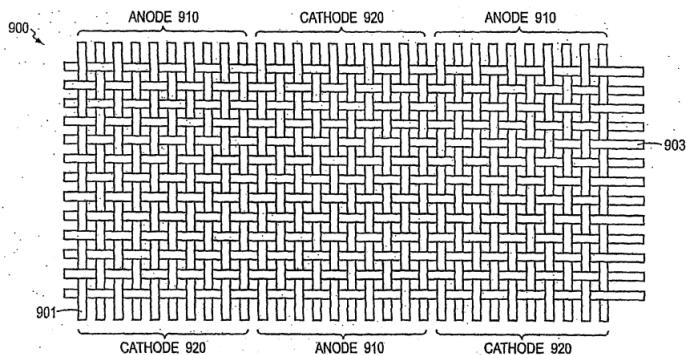


Figure : cellules photovoltaïques tissées

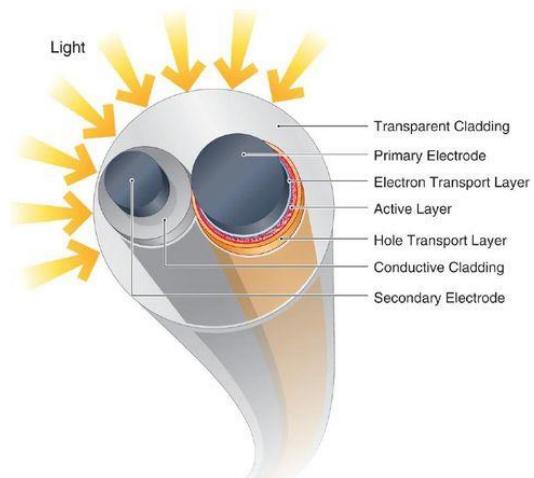
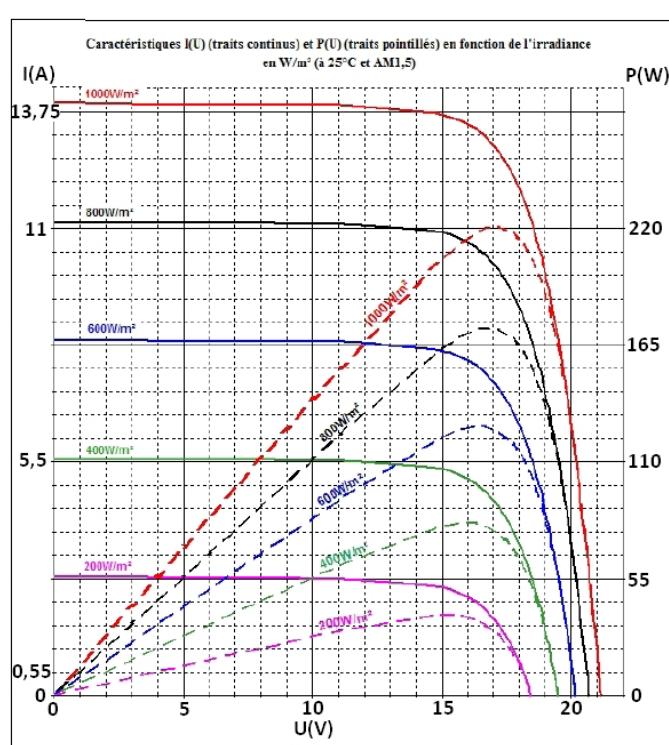


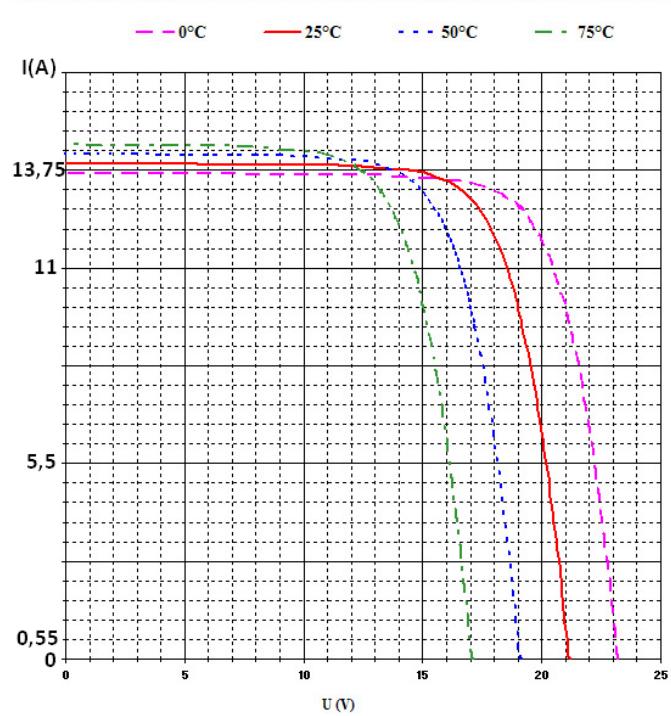
Image : fibre photovoltaïque



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



Caractéristiques  $I(U)$  en fonction de la température (puissance rayonnée 1000W/m<sup>2</sup>)



Source : Concours général STI2D 2016