

LES

PANNEAUX

SOLAIRES

d'Energy Observer



CHAÎNE ÉNERGÉTIQUE

1 · ÉNERGIE SOLAIRE

Le Soleil émet des radiations lumineuses. Ce sont des ondes électromagnétiques caractérisées par une longueur d'onde λ et une fréquence ν . Ces ondes sont aussi modélisées par des particules appelées photons qui transportent de l'énergie E .

L'énergie E de la radiation lumineuse est proportionnelle à la fréquence ν de l'onde et inversement proportionnelle à sa longueur d'onde λ . Ainsi un rayonnement ultraviolet a une plus faible longueur qu'un rayonnement infra-rouge, il est donc plus énergétique.

$$E = h\nu = \frac{hc}{\lambda}$$

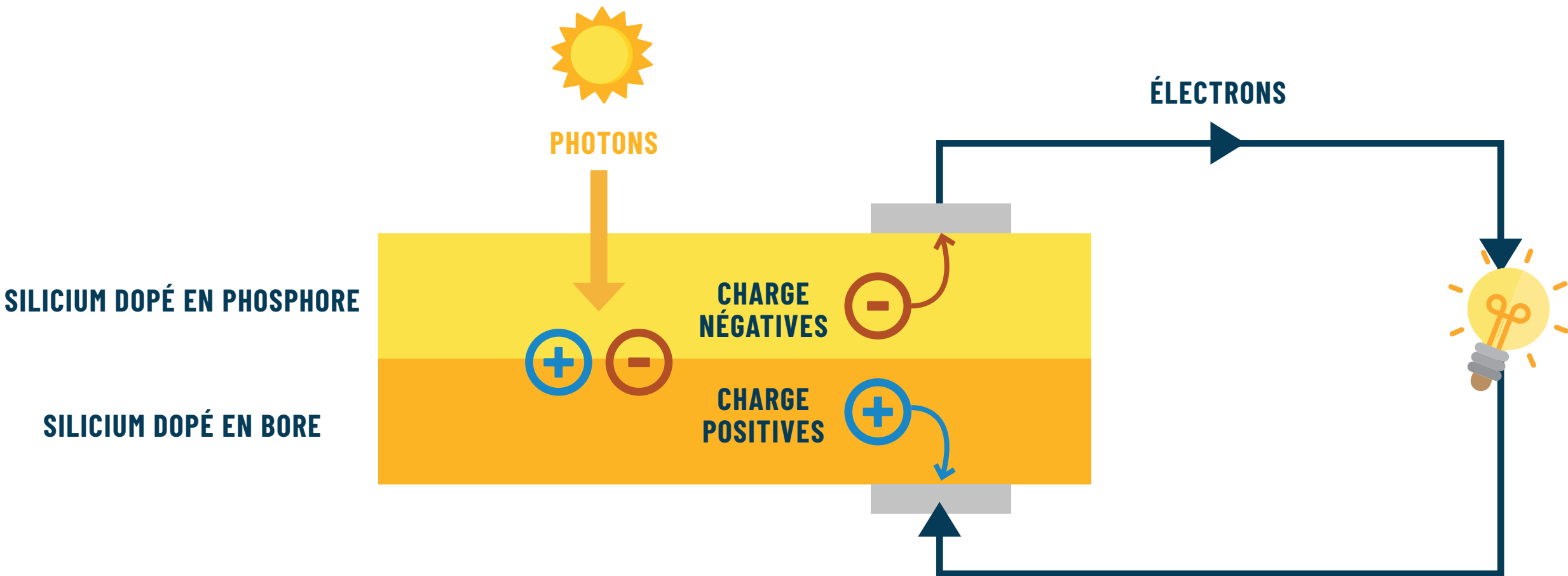
(avec h la constante de Planck et c la vitesse de la lumière dans le vide)

2 · DU SOLEIL À L'ÉLECTRICITÉ

Certains matériaux possèdent la propriété de générer de l'électricité quand ils reçoivent les radiations lumineuses du Soleil. Cette conversion d'énergie solaire en énergie électrique est appelée **effet photovoltaïque**, et a été découvert par Edmond Becquerel en 1839.

Une cellule photovoltaïque au silicium est constituée de deux couches de silicium : l'une est enrichie en phosphore et l'autre est enrichie en bore.

Les photons issus du Soleil vont provoquer des déplacements de charges négatives dans la couche de silicium dopée en phosphore et des déplacements de charges positives dans la couche de silicium dopée en bore.



3 · MATÉRIAUX POUR LES CELLULES PHOTOVOLTAÏQUES

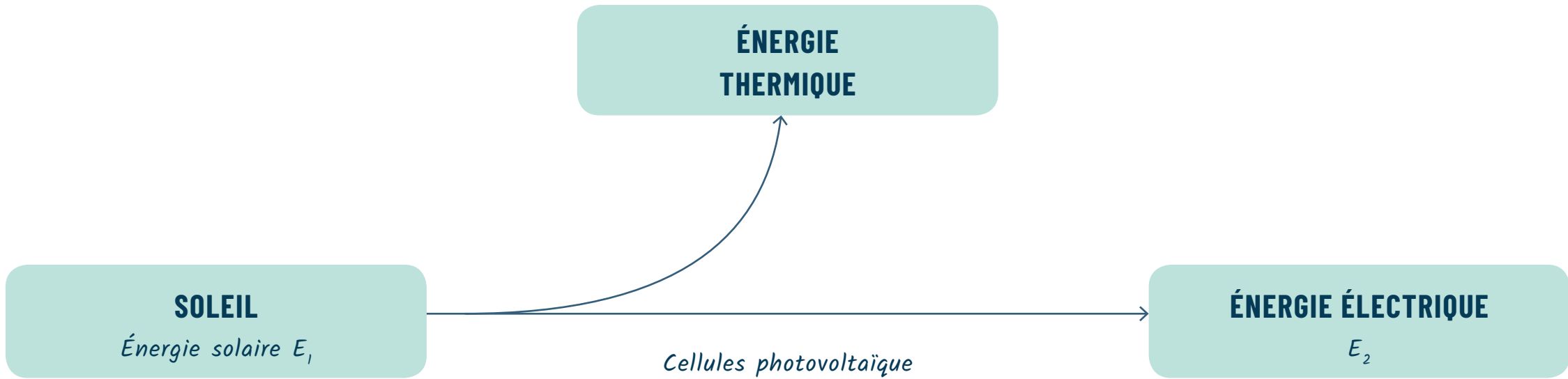
Il existe trois grandes familles de cellules photovoltaïques :

- **Les cellules au silicium cristallin**, pour lesquelles l'élément actif est le silicium dopé dans la masse. Les **rendements** de la conversion d'énergie solaire en énergie électrique sont de **12 à 22 %**.
- **Les cellules à base de couches minces** qui ont en commun le procédé de dépôt du matériau semi-conducteur à faible épaisseur sur des substrats variés et donnant un aspect uni, dont les **rendements énergétiques** sont de **7 à 13 %**.
- **Les cellules à base de photovoltaïque organique**, segment sur lequel la recherche s'intensifie dans la perspective de produire des cellules à très bas coût pour des applications nouvelles. Leur principe de fonctionnement est basé sur les cellules à colorant de Michael Grätzel avec des variations sur le type de matériaux utilisés. Les **rendements énergétiques** sont de l'ordre de **3 à 5 %**.

4 · RENDEMENT ÉNERGÉTIQUE

Le rendement énergétique R d'un panneau solaire correspond au rapport de l'énergie électrique E₂ récupérée sur l'énergie solaire reçue E₁.

$$R = \frac{E_2}{E_1} \times 100$$



II ÉVOLUTIONS TECHNOLOGIQUES ET PERFORMANCES

1 · PANNEAUX SOLAIRES D'ENERGY OBSERVER

A. LE SOLAIRE : PREMIÈRE SOURCE ÉNERGÉTIQUE

L'énergie solaire est la première source de production énergétique à bord d'Energy Observer. Les navigations en mer Méditerranée ont permis à l'équipage de profiter d'un ensoleillement optimal et ainsi d'exploiter tout le potentiel des panneaux photovoltaïques couvrant flotteurs, nacelle et ailes solaires du navire. Au total, ce sont 141 m² de cellules qui sont connectées par près de 6,2 km de câbles Prysmian et raccordés par OCAM, deux spécialistes de l'aéronautique pour garantir une légèreté maximale. Deux technologies différentes équipent le navire, afin d'optimiser au maximum la surface : des panneaux conformables et des panneaux bifaciaux.



Les panneaux photovoltaïques conformables

Leur souplesse permet d'épouser les formes courbes de la nacelle centrale, là où des panneaux rigides traditionnels auraient couvert bien moins d'espace. Ces panneaux sont composés de cellules Sunpower parmi les plus performantes au monde, et d'un encapsulage Solbian, à la fois résistant et léger : alors qu'un panneau standard à terre pèse jusqu'à 20 kg pour 300 W, ceux qui équipent Energy Observer pèsent 4 kg pour 300 W, soit un poids divisé par 5.

Certains ont été équipés d'un revêtement anti-dérapant, afin de permettre à l'équipage de marcher dessus en toute sécurité, notamment sur les flotteurs. Il apparaît que les panneaux équipés de ce revêtement ont montré un meilleur rendement que ceux qui ne l'étaient pas lorsque le soleil était bas.



Les panneaux bifaciaux

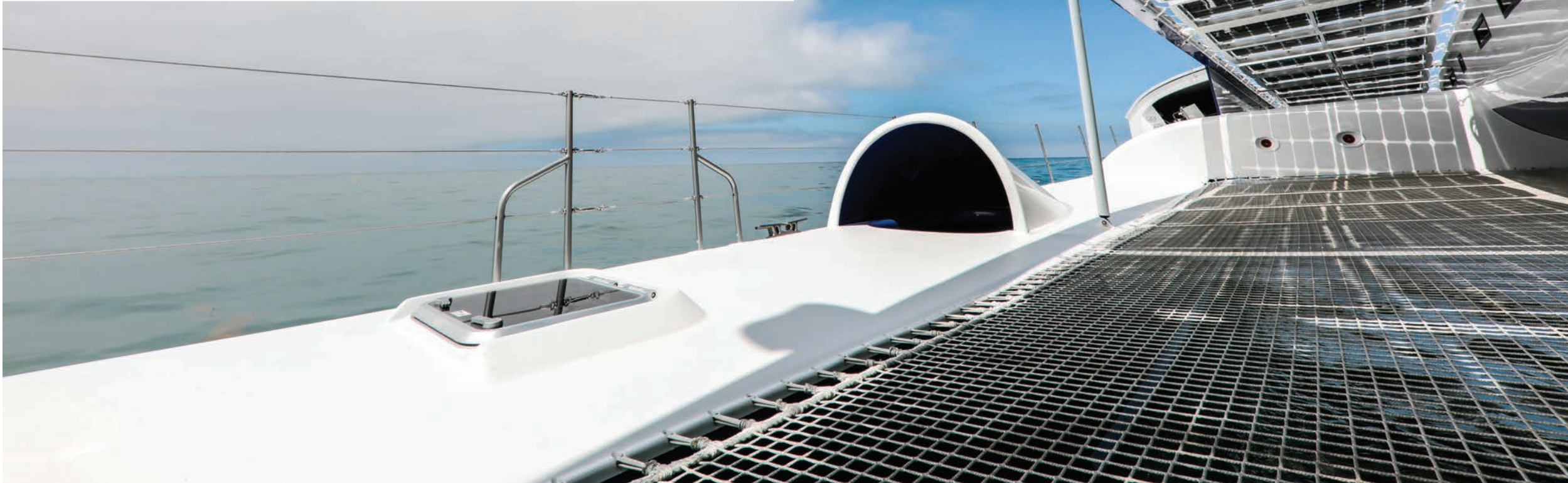
Ils sont installés sur les ailes latérales et arrières, ainsi que sur la verrière de la nacelle centrale, pour permettre à l'équipage de profiter de la lumière du jour tout en continuant à produire de l'énergie. Ces panneaux ont été spécialement développés par l'Institut National de l'Énergie Solaire à Chambéry et comme leur nom l'indique, ils sont capables de récolter les rayons solaires par le dessus, mais également le dessous grâce à la réverbération de la lumière sur les surfaces blanches du navire et de la mer. Autre avantage : les cellules encapsulées dans un polycarbonate fin, souple et léger, bénéficient d'un refroidissement naturel grâce à la circulation de l'air qui augmente le rendement des cellules... Avec à la clé une production d'énergie jusqu'à 30 % supérieure à celle d'un panneau « monoface » traditionnel.

Alors qu'habituellement, les cellules des panneaux solaires classiques ne comportent qu'un seul type de silicium, les cellules qui composent les panneaux bifaciaux d'Energy Observer contiennent 2 types de silicium différents, grâce à l'« hétérojonction ». Cette configuration permet de convertir plus efficacement l'énergie solaire en électricité, offrant un rendement de 22 %, alors que les panneaux sur le marché plafonnent pour la plupart à 19 %. Enfin, toutes les cellules sont connectées de manière indépendantes les unes des autres pour que le panneau continue de fonctionner en cas de casse de l'une d'elles. D'où une très grande longueur de câbles, et donc une qualité aéronautique pour gagner du poids !

Un bilan énergétique du solaire très positif

Pendant les navigations, 40 % de l'énergie fournie provenant des 141 m² de panneaux photovoltaïque alimentant directement les batteries pendant le jour, le reste provenant de l'hydrogène produit lors des escales. Le pic de production fut atteint à une puissance maximale de 23,7 kWc. Alors qu'en Méditerranée, la production moyenne grâce au solaire oscillait entre 100 et 120 kWh par jour, les marins et ingénieurs estiment qu'en Europe du Nord, en raison d'un ensoleillement moins important et d'un soleil plus bas, la production ne dépassera pas les 60 à 70 kWh par jour avec les équipements actuels.

C'est pourquoi, Energy Observer a vu sa surface de panneaux photovoltaïques augmentée pour atteindre une surface totale de 202 m².



B. DU SOLAIRE HAUTE COUTURE

Energy Observer a été passé au crible en 2019. Chaque recoin de son pont, de ses flotteurs et de ses infrastructures est désormais équipé de panneaux photovoltaïques sur-mesure. Un casse-tête technique pour Hugo Devedeux, ingénieur du bord ayant en charge la partie solaire du chantier d’optimisation du catamaran expérimental.

Les trois grandes évolutions des derniers chantiers ont été l’ajout d’ailes, le système hydrogène et le redéploiement de panneaux photovoltaïques.



Une centaine de panneaux à changer

“La saison passée, nous avons 140 m² de panneaux solaires. Une partie de cette surface en panneaux bifaciaux et l’autre répartie à plat pont et sur les infrastructures du bateau. C’est cette dernière qui va être remplacée. Cela représente une centaine de panneaux à changer.”
Hugo Devedeux

En partenariat avec la société Solbian Energie Alternative, des panneaux flexibles aux gabarits correspondant exactement aux besoins du bateau ont été développés.

Les champs de tension

Mais le gros du travail de l’ingénieur était la conception du puzzle. Tandis que, sur le catamaran, des techniciens décollaient les anciens panneaux, Hugo Devedeux « jouait » à Tétris sur son ordinateur. Sur son écran, des carrés et des rectangles remplis de cellules, mais aussi des développés beaucoup plus complexes.

Ça, c’est pour les surfaces. Mais le vrai casse-tête pour l’ingénieur était de définir au plus juste les champs de panneaux en fonction de la tension recherchée. Les puissances obtenues, en « empilant » les cellules photovoltaïques, déterminent le nombre de convertisseurs nécessaires et surtout le nombre de champs solaires regroupés par zones de tension.

Au final, ce sont 28 m² de panneaux solaires supplémentaires qui équiperont désormais Energy Observer, pour une puissance maximum qui devrait grimper de 5 000 W.



C. LES NOUVEAUX PANNEAUX SOLAIRES

Le parc de panneaux solaires d’Energy Observer a également subi une cure d’amphétamines lors de son quatrième chantier d’optimisation, avec l’exploitation de nombreuses surfaces, même réduites.

Des panneaux verticaux, parfois sérigraphiés, ont été monitorés de façon précise. Là encore, si leur usage révèle un rendement cohérent avec leur conception, de nombreuses applications sont possibles. Pouvoir recouvrir de panneaux solaires des murs, des façades entières, le tout de façon invisible grâce à la sérigraphie totale de ces surfaces, permettrait de démultiplier de façon exponentielle l’usage de l’énergie solaire.

Depuis le début du projet, ces développements solaires sont conduits avec Solbian, qui commercialise les panneaux solaires expérimentés sur Energy Observer.



☐☐☐ ○ ENERGY OBSERVER : UN MODÈLE PÉDAGOGIQUE

1. PROJETS PÉDAGOGIQUES

Nous vous proposons de mener un projet en équipe avec l'aide de votre professeur(e). La restitution prendra la forme de votre choix (cahier de laboratoire, diaporama, photos, vidéos ...) et sera valorisée lors de la semaine du développement durable par Energy Observer et Universcience.

Quand les premiers panneaux solaires ont-ils été utilisés en France ?

Existe-t-il des panneaux solaires autour de chez vous ? Quelle est leur utilisation ?

Pouvez-vous réaliser une expérience pour convertir l'énergie solaire en énergie électrique dans votre lycée ? Quel est le rendement énergétique de vos panneaux solaires ? Le comparer avec le rendement des panneaux solaire du navire Energy Observer.

2. PROGRAMMES DES BULLETINS OFFICIELS BO DE L'EDUCATION NATIONALE

- Programme physique chimie seconde http://cache.media.education.gouv.fr/file/SPI-MEN-22-1-2019/98/9/spe634_annexe_1062989.pdf
- Programme physique chimie première STL SPCL http://cache.media.education.gouv.fr/file/SPI-MEN-22-1-2019/86/4/spe645_annexe3_22-1_1063864.pdf
http://cache.media.education.gouv.fr/file/SPI-MEN-22-1-2019/86/6/spe645_annexe4_22-1_1063866.pdf
- Programme physique chimie première ST2S http://cache.media.education.gouv.fr/file/SPI-MEN-22-1-2019/55/3/spe642_annexe2_1063553.pdf
- Programme physique chimie première STI2D http://cache.media.education.gouv.fr/file/SPI-MEN-22-1-2019/85/6/spe591_annexe2_22-1_1063856.pdf
- Programme physique chimie première STI2A http://cache.media.education.gouv.fr/file/SPI-MEN-22-1-2019/62/0/spe643_annexe3_1063620.pdf
- Programme physique chimie première générale http://cache.media.education.gouv.fr/file/SPI-MEN-22-1-2019/43/2/spe635_annexe_1063432.pdf
- Programme physique chimie terminale générale https://cache.media.education.gouv.fr/file/SPE8_MENJ_25_7_2019/92/9/spe249_annexe_1158929.pdf

Niveau	Contenus	Capacités	Compétences
Seconde			
1 ^{ère} technologique			
1 ^{ère} générale			
Terminale			

3. RESSOURCES SUR LES PANNEAUX SOLAIRES

- Énergie solaire et énergie électrique
http://education.hespul.org/IMG/pdf/livret_enseignant.pdf
- Électricité solaire
<https://eduscol.education.fr/sti/articles/lelectricite-solaire>
- Rendement des panneaux photovoltaïques
<https://www.pedagogie.ac-nantes.fr/physique-chimie/enseigner/sequences/rendement-de-panneaux-photovoltaïques--1268071.kjsp?RH=PEDA>

