

# BACCALAUREAT TECHNOLOGIQUE

## SESSION 2013

### Série STI2D

### Série STL spécialité sciences physiques et chimiques en laboratoire

<b>PHYSIQUE-CHIMIE</b>
------------------------

Durée : 3 heures  
Coefficient : 4

pour les REDOUBLANTS

**SUJET TRAITÉ EXCLUSIVEMENT PAR LES CANDIDATS AYANT DÉJÀ PRÉSENTÉ LES ÉPREUVES TERMINALES DU BACCALAURÉAT LORS D'UNE PRÉCÉDENTE SESSION.**

#### **CALCULATRICE AUTORISÉE**

*L'emploi de toutes les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique est autorisé à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'elles ne soient pas connectables à un réseau.*

**Ce sujet comporte 13 pages numérotées de 1/13 à 13/13.**

Avant de composer, assurez-vous que l'exemplaire qui vous a été remis est bien complet.

**La page 13/13 où figurent les documents réponses est à rendre avec la copie.**

Lors des applications numériques, les résultats seront donnés avec un nombre de chiffres significatifs cohérent avec ceux de l'énoncé et une attention particulière sera portée aux unités utilisées.

La clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviendront dans l'appréciation des copies.

Les parties du sujet sont indépendantes et peuvent être traitées séparément dans l'ordre choisi par le candidat.

## **UN COUPLAGE HABITAT/TRANSPORT AU BANC D'ESSAI...**

Collaboration entre le CEA (**C**ommissariat à l'**E**nergie **A**tomique), l'INES (**I**nstitut **N**ational de l'**E**nergie **S**olaire) et Toyota, et bénéficiant du soutien de l'ADEME (**A**gence **D**e l'**E**nvironnement et de la **M**aîtrise de l'**E**nergie) une plate-forme expérimentale située au Bourget du Lac en Savoie, comportant 3 maisons et 7 voitures Toyota Prius Plug-in ® hybrides rechargeables, est expérimentée afin de maximiser l'apport de l'énergie solaire.

Votre voisin, M. SOLAIRE, en effectuant des recherches sur internet, est arrivé sur le site de l'INES et il vous demande quelques renseignements puisque vous êtes élève de Terminale Technologique.

Il s'agit donc dans ce sujet d'étudier quelques parties du dossier de presse de l'INES afin d'aider M. SOLAIRE.

### **PARTIE A : BATIMENTS INTELLIGENTS ET EFFICACITE ENERGETIQUE**

### **PARTIE B : LA TOYOTA PRIUS PLUG-IN®, UNE HYBRIDE RECHARGEABLE**

### **PARTIE C : DES SOLUTIONS INNOVANTES POUR RECHARGER OU STOCKER L'ENERGIE**

## **PARTIE A : BATIMENTS INTELLIGENTS ET EFFICACITE ENERGETIQUE**

L'INES (Institut National de l'Énergie Solaire) mène des recherches pour permettre une gestion intelligente de l'énergie et notamment la cohérence entre les sources de production et la consommation. L'objectif final consiste à concevoir un centre névralgique capable de piloter la maison en fonction du résultat attendu par l'utilisateur : confort, économie, protection de l'environnement, etc.

Pour cela l'institution chargée de promouvoir l'utilisation de l'énergie solaire en France a développé des maisons pilotes, bardées de capteurs destinés à reproduire les usages de l'énergie dans l'habitat et à en assurer une gestion efficiente.

### **A.1. - Le soleil comme source d'énergie :**

- A.1.1** En utilisant **le document 1 page 8/13**, citer deux modes d'exploitation de l'énergie solaire au service de l'habitat.
- A.1.2** Dans **le document 1 page 8/13** l'auteur parle d' « énergie positive ». Expliquer en maximum 5 lignes ce que cela signifie.
- A.1.3** Compléter le **document 2** situé en **annexe page 13/13**, modélisant les transferts et les conversions d'énergie mises en jeu lorsqu'un panneau photovoltaïque fonctionne.
- A.1.4** A l'aide des **documents 3 et 4** de la **page 9/13**, interpréter les échanges d'énergies entre lumière et matière.

### **A.2. - Les caractéristiques des panneaux photovoltaïques :**

Les caractéristiques des panneaux utilisés à puissance maximale sont les suivantes :

$P_L$ : Puissance lumineuse reçue par unité de surface ( $W.m^{-2}$ )	$S$ : Surface ( $m^2$ )	$P_E$ : Puissance électrique restituée par le panneau (W)	Rendement du panneau
1000	1,47	192	0,130

Rappel : rendement = puissance électrique restituée/puissance lumineuse reçue.

- A.2.1** Vérifier la valeur du rendement du panneau annoncé par le constructeur. On justifiera le calcul par une analyse dimensionnelle pour aider M. SOLAIRE, à comprendre le raisonnement.

**A.2.2** Sur le **document 5** situé sur l'**annexe page 13/13**, on trouve quelques mesures effectuées en laboratoire.

**A.2.2.1** Le courant de court circuit (quand la tension est nulle) produit par le panneau dépend-il de l'éclairement ?

**A.2.2.2** Au vu des courbes, existe-t-il un lien mathématique simple entre l'éclairement et l'intensité du courant de court circuit ?

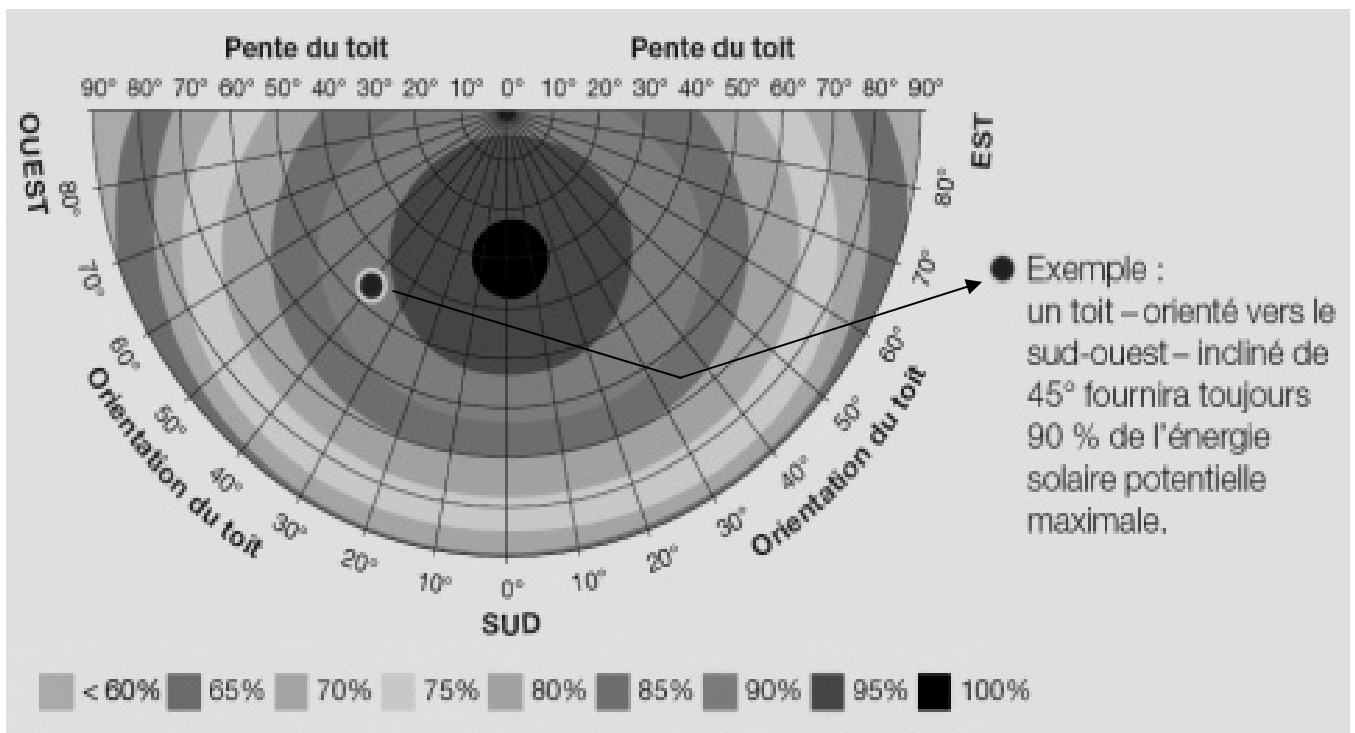
**A.2.2.3** Dessiner, sur le **graphique du document 5 de la page 13/13**, l'allure de la courbe que l'on obtiendrait pour un éclairement de  $200 \text{ W.m}^{-2}$ .

**A.2.2.4** M. SOLAIRE souhaiterait connaître la puissance électrique restituée puis le rendement du panneau quand il fonctionne à pleine puissance sous un éclairement de  $600 \text{ W.m}^{-2}$ .

Rédiger une réponse détaillée donnant la puissance électrique restituée et le rendement dans les conditions explicitées ci-dessus.

**A.2.3** M. SOLAIRE se demande quelles sont approximativement les meilleures orientation et inclinaison des panneaux solaires ? Rédiger la réponse à ces questions en utilisant le **document 6 ci-dessous**.

#### DOCUMENT 6



**A.2.4** Les panneaux utilisés sur le site de l'INES sont orientés dans la direction SUD EST de 30° et sont inclinés à 10°.

**A.2.4.1** Montrer que la puissance électrique  $P$  réelle fournie par un panneau est voisine de 182 W pour un éclairement de  $1000 \text{ W.m}^{-2}$ .

**A.2.4.2** Quelle énergie  $E_1$ , en W.h, fournirait dans les conditions de la question A.2.4.1 un tel panneau pendant 1 heure d'ensoleillement ?

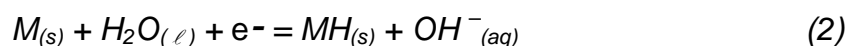
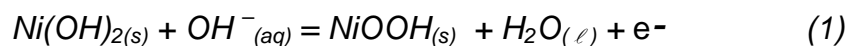
## **PARTIE B : LA TOYOTA PRIUS PLUG-IN®, UNE HYBRIDE RECHARGEABLE**

M. SOLAIRE, en parcourant le dossier de presse de l'INES, s'est arrêté sur la Toyota Prius Plug-in® hybride. Toujours aussi curieux M. SOLAIRE va vous demander quelques éclaircissements.

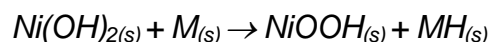
**B.1** Présenter à M. SOLAIRE, sous la forme d'un tableau, en précisant les avantages et les inconvénients (lorsqu'ils sont mentionnés), des accumulateurs au plomb, au Nickel-Cadmium (NiCd) et au Nickel métal hydrure (NiMH). Vous pouvez vous aider du **document 8 page 9/13**.

**B.2** Sur les premières Toyota Hybride Prius ® on trouve un accumulateur « Nickel-métal hydrure (NiMH) ».

Les demi-équations des réactions aux électrodes lors de la décharge sont les suivantes :



Bilan du fonctionnement de l'accumulateur lors de sa décharge :



**B.2.1** Dans cet accumulateur le métal M est un oxydant. Que signifie ce terme ? Préciser le couple oxydant/réducteur auquel il appartient.

**B.2.2** Le métal subit-il une oxydation ou une réduction lors de la décharge ?

**B.2.3** Quelle est la nature du pôle constitué par le métal : positif ou négatif ? Justifier.

**B.2.4** A l'aide de la demi-équation (1), calculer la quantité maximale d'électrons  $n_e$  - (en mol) pouvant circuler dans le circuit sachant que l'accumulateur contient 23 g d'hydroxyde de Nickel  $\text{Ni}(\text{OH})_2$ .

Données : masses atomiques molaires

$$M(\text{Ni}) = 58,7 \text{ g.mol}^{-1} \quad M(\text{O}) = 16,0 \text{ g.mol}^{-1} \quad M(\text{H}) = 1,00 \text{ g.mol}^{-1}$$

**B.2.5** La capacité d'un accumulateur est la quantité maximale d'électricité en coulomb qu'il peut débiter. Montrer qu'elle est voisine de 6,7 A.h.

Rappel : la capacité Q se calcule à l'aide de relation  $Q = n_e \times F$

$n_e$  : quantité d'électrons (en mol) qui circule dans le circuit. F : Faraday :

$$1 \text{ F} = 96320 \text{ C.mol}^{-1} \quad 1 \text{ A.h} = 3600 \text{ C}$$

**B.2.6** Écrire l'équation de la réaction qui a lieu lors de la charge de l'accumulateur.

**B.2.7** La Toyota Prius Plug-in ® est, quant à elle, équipée d'un accumulateur lithium-ion d'énergie  $E = 4,40 \text{ kW.h}$  et de tension  $U = 207 \text{ V}$ . Le temps de recharge complète via une prise de courant classique est  $\Delta t = 90 \text{ minutes}$ .

M. SOLAIRE se demande si une « prise 16 A » (supportant un courant d'intensité maximale 16 A) suffit ou s'il faut absolument une « prise 32 A » (utilisée par exemple pour le four d'une cuisine). Calculer l'intensité du courant de charge et répondre à son interrogation.

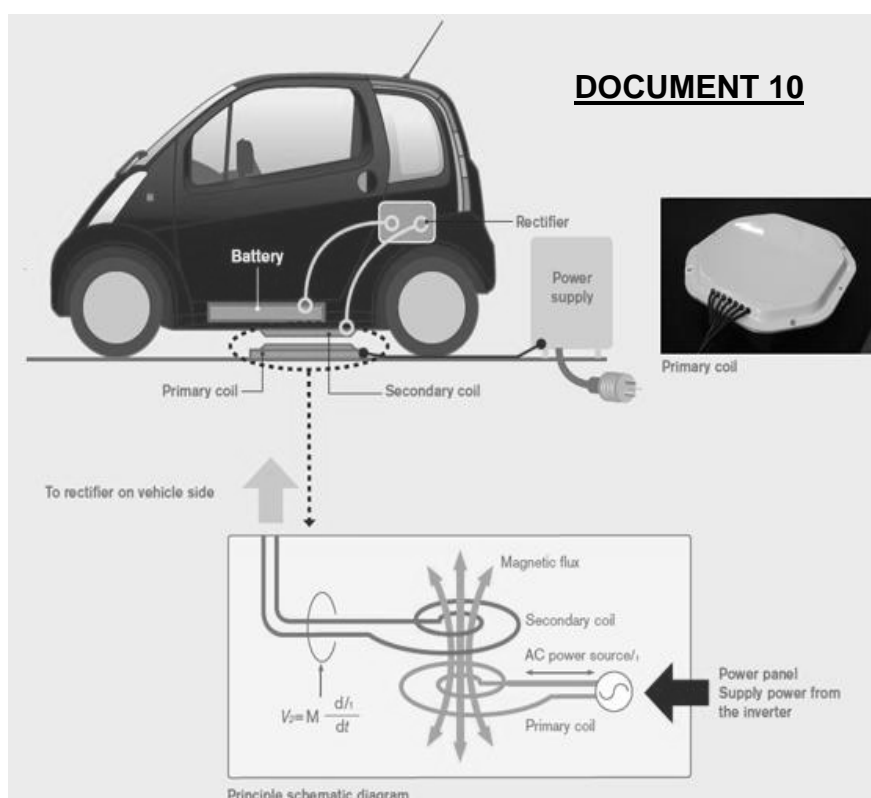
**B.2.8** En analysant **le document 9 page 10/13** et en argumentant, indiquer un critère possible retenu par Toyota pour justifier l'équipement de ses futures Prius® d'accumulateurs lithium-ion plutôt que des accumulateurs Nickel-métal hydrure (NiMH) ?

### **PARTIE C : DES SOLUTIONS INNOVANTES POUR RECHARGER OU STOCKER L'ENERGIE**

Pour éveiller la curiosité de M. SOLAIRE vous lui présentez deux projets innovants mis en avant dans une revue de vulgarisation scientifique :

- la recharge des batteries de voiture par induction électromagnétique ;
- le stockage de l'énergie photovoltaïque à l'aide de piles à combustibles.

#### **C.1 - La recharge des batteries par induction : (document 10 ci-dessous)**



Lorsqu'un courant variable circule dans la bobine du sol, un champ magnétique variable est créé dans la bobine de la voiture et induit un courant électrique variable qui, après transformation en courant continu, va recharger la batterie.

**C.1.1** Citer deux exemples de champ magnétique (autres que celui créé par une bobine parcourue par un courant électrique).

**C.1.2** Analyser les mesures (**voir documents 11 et 12 pages 10/13 et 11/13**) du champ magnétique réalisées au centre de la bobine (la bobine est assez longue par rapport à son diamètre) et choisir parmi les relations proposées ci-dessous, en justifiant la réponse, une relation compatible avec les mesures :

**k est une constante appelée perméabilité magnétique du vide.**

1) 
$$B = k \cdot \frac{I}{N \cdot L}$$

2) 
$$B = k \cdot \frac{N}{I \cdot L}$$

3) 
$$B = k \cdot \frac{N \cdot I}{L}$$

**C.1.3** La constante **k** vaut  $4 \cdot \pi \cdot 10^{-7}$  dans le système international d'unités ; ce résultat est-il en accord avec les résultats des expériences ?  
A l'aide d'une analyse dimensionnelle, déterminer l'unité de k.


## **C.2. La pile à combustible pour stocker l'énergie :**

Il serait tout à fait envisageable, comme le propose l'université de Corse dans le projet « MYRTE » (**M**ission **h**ydrogène **r**enouvelable pour l'**i**ntégration au réseau **é**lectrique), de coupler les panneaux photovoltaïques à une production de dihydrogène et de dioxygène. Le principe est le suivant :

- on réalise l'électrolyse de l'eau à l'aide de panneaux photovoltaïques : le dihydrogène et le dioxygène sont alors produits ;
- on utilise ces deux gaz dans une pile à combustible pour produire de l'électricité.

**C.2.1** Le **document 13 page 12/13** présente la production d'électricité photovoltaïque au cours d'un même mois. Quel inconvénient majeur du photovoltaïque mettent en évidence les deux graphiques ?

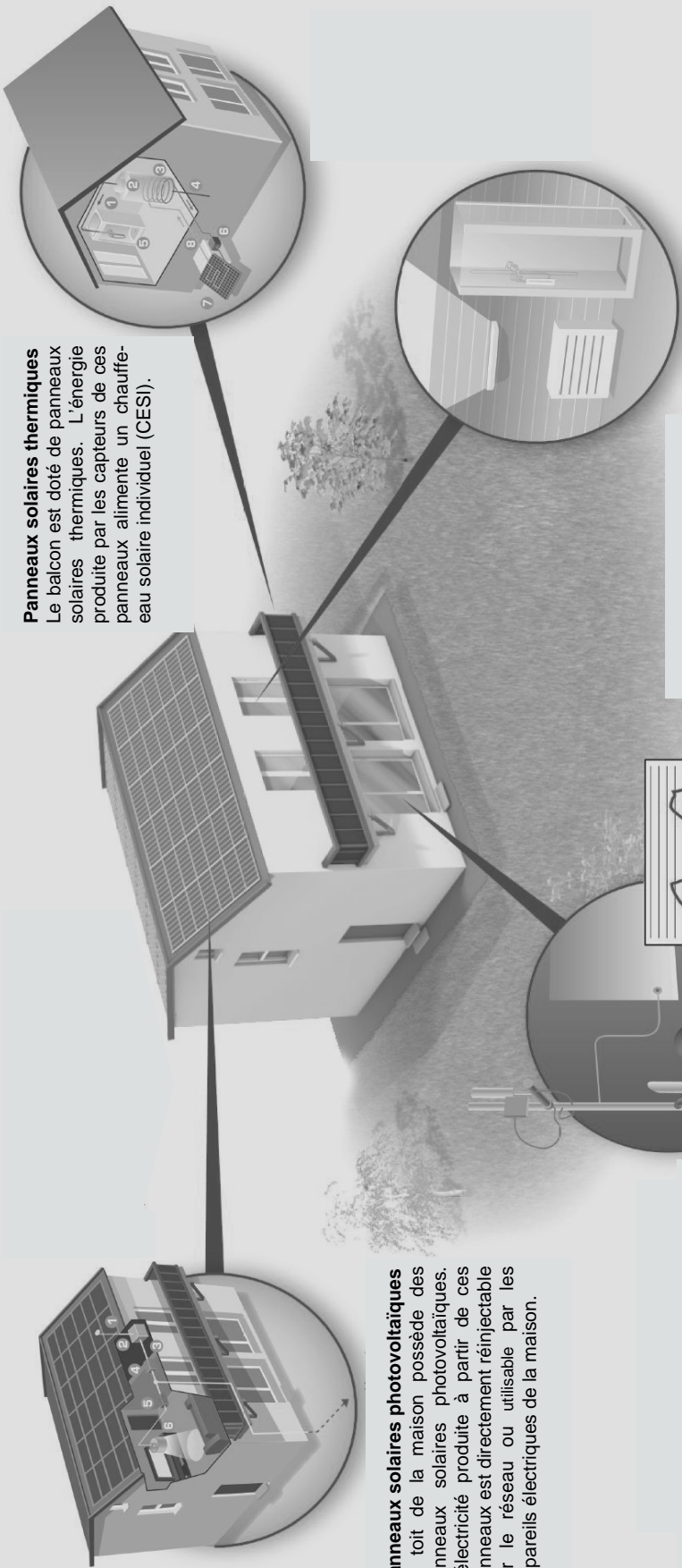
**C.2.2** Sur le plan du projet MYRTE (**voir document 14 page 12/13**), l'accès pompier est particulièrement important. Quel risque présente le site ?



energie atomique • énergies alternatives

### Énergie positive à l'essai

La maison de demain sera à énergie positive. Elle produira plus d'énergie qu'elle n'en consomme. Elle sera intelligente, permettant une gestion et un suivi en temps réel de la consommation d'énergie de ses habitants. A l'Institut national de l'énergie solaire (Ines), des chercheurs du CEA développent de nouvelles technologies au service du bâtiment basse consommation sur une plateforme expérimentale baptisée Incas. Cette plateforme est constituée de trois maisons de 100 m<sup>2</sup> habitables construites à partir de différents matériaux. Zoom sur l'une d'entre elles.



**Panneaux solaires photovoltaïques**  
Le toit de la maison possède des panneaux solaires photovoltaïques. L'électricité produite à partir de ces panneaux est directement réinjectable sur le réseau ou utilisable par les appareils électriques de la maison.

**Panneaux solaires thermiques**  
Le balcon est doté de panneaux solaires thermiques. L'énergie produite par les capteurs de ces panneaux alimente un chauffe-eau solaire individuel (CESI).

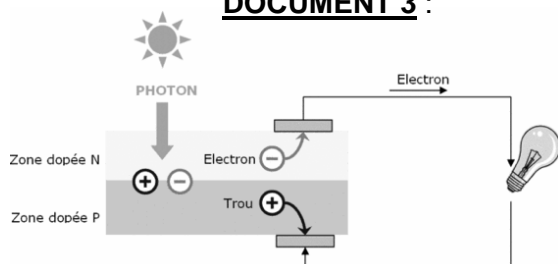
**Capteurs à l'intérieur de la maison**  
Des capteurs installés dans toute la maison permettent de contrôler la qualité de l'air et de suivre en temps réel l'énergie produite et consommée dans la maison.

**Simulateur de présence**  
La maison est équipée de dispositif de simulation de présence qui permettent de mimer certains gestes d'habitants au quotidien comme la prise d'une douche, l'éclairage d'une pièce, les dégagements de chaleur ou d'humidité.



## **DOCUMENTS 3 ET 4 RELATIFS A LA QUESTION A.1.4**

### **DOCUMENT 3 :**



Lorsque la cellule est éclairée, certains électrons des atomes de silicium des zones N et P sont arrachés et sous l'action du champ électrique de la jonction, vont migrer vers l'extrémité de la zone N. De là, ils empruntent le circuit extérieur ce qui engendre un courant électrique et vont combler les trous de la zone P.

### **DOCUMENT 4 :**

La lumière du Soleil arrivant sur Terre est composée de « grains » d'énergie appelés photons dont le nombre dépend de l'éclairement.

Chaque photon possède une énergie  $E = h \cdot \nu$  où  $h$  est une constante et  $\nu$  la fréquence de l'onde lumineuse.

## **DOCUMENT 8 RELATIF A LA QUESTION B.1**

### **Bref historique des technologies d'accumulateurs**

**(D'après dossier de presse du CEA) :**

Jusqu'à la fin des années 1980, les deux principales technologies répandues sur le marché étaient les accumulateurs au plomb (pour le démarrage des véhicules, notamment) et les accumulateurs nickel-cadmium NiCd. Dans la technologie au plomb, les réactions chimiques impliquent l'oxyde de plomb constituant l'électrode positive et le plomb de l'électrode négative, toutes deux plongées dans une solution d'acide sulfurique qui constitue l'électrolyte.

La technologie au plomb présente plusieurs inconvénients : poids, fragilité, utilisation d'un liquide corrosif. Cela a conduit au développement d'accumulateurs alcalins, de plus grande capacité (quantité d'électricité restituée à la décharge) mais développant une force électromotrice moindre (différence de potentiel aux bornes du système en circuit ouvert). Leurs électrodes sont, soit à base de nickel et de cadmium (technologie NiCd), soit à base d'oxyde de nickel et de zinc, soit à base d'oxyde d'argent couplé à du zinc, du cadmium ou du fer. Toutes ces technologies utilisent une solution de potasse comme électrolyte. Elles se caractérisent par une grande fiabilité, mais leurs densités d'énergie massique restent relativement faibles (30 W.h/kg pour le plomb, 50 W.h/kg pour le nickel-cadmium).

Au début des années 1990, avec la croissance du marché des équipements portables, deux nouvelles filières technologiques ont émergé : les accumulateurs nickel-métal hydrure (NiMH) et les accumulateurs au lithium (Li).

Les premiers, utilisant une électrode positive à base de nickel et une électrode négative constituée d'un alliage absorbant l'hydrogène, toutes deux plongées dans une solution de potasse concentrée, atteignent une densité d'énergie massique de +/- 80 W.h/kg, supérieure d'au moins 30 % à celle des accumulateurs NiCd.

La technologie NiMH, qui équipe aujourd'hui la plupart des véhicules hybrides en circulation - Honda et Toyota notamment -, offre plusieurs avantages par rapport aux technologies précédentes :

- elle ne contient ni cadmium ni plomb, deux matériaux très polluants ;
- elle permet de stocker plus d'énergie que le NiCd.

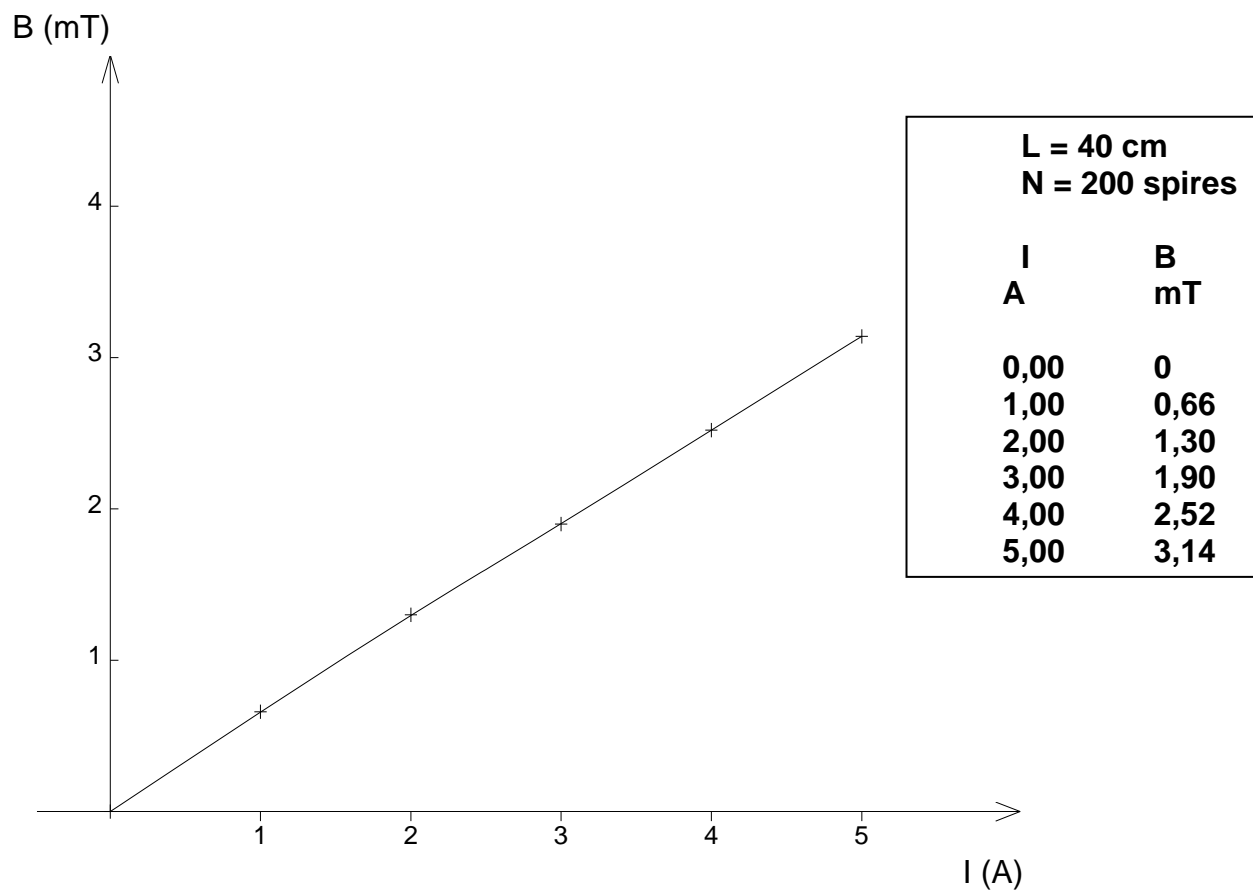
**DOCUMENT 9 RELATIF A LA QUESTION B.2.8****Comparatif batteries lithium-ion (Li-ion) et nickel-métal hydrure (NiMH)**

Type	Energie massique (W.h.kg <sup>-1</sup> )	Energie volumique (kW.h.m <sup>-3</sup> )	Nombre de recharges
NiMH	60-120	140-300	300-500
Li-ion	110-160	400-550	500-1000

**DOCUMENT 11 RELATIF AUX QUESTIONS C.1.2 ET C.1.3**

<b>N : nombre de spires</b>	<b>200</b>	<b>400</b>	<b>600</b>	<b>200</b>	<b>200</b>
<b>L : longueur de la bobine (cm)</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>40</b>	<b>80</b>
<b>I : intensité du courant circulant dans la bobine (A)</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>6</b>	<b>3</b>
<b>B : champ mesuré au centre de la bobine (mT)</b>	<b>1,9</b>	<b>3,8</b>	<b>5,7</b>	<b>3,8</b>	<b>0,95</b>

**DOCUMENT 12 RELATIF AUX QUESTIONS C.1.2 ET C.1.3**



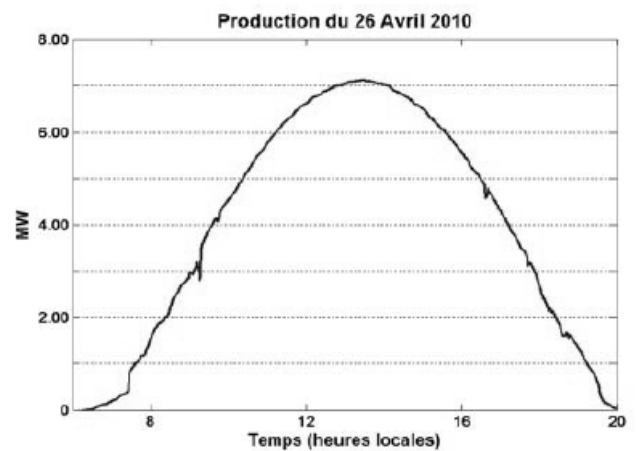
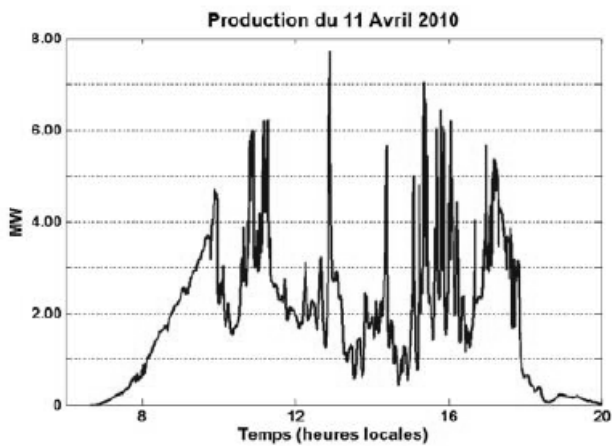
Champ magnétique ( $B$ ) au centre d'une bobine en fonction de l'intensité ( $I$ ) du courant qui parcourt cette bobine.

$N$  : nombre de spires de la bobine.

$L$  : longueur de la bobine.

### DOCUMENT 13 RELATIF A LA QUESTION C.2.1

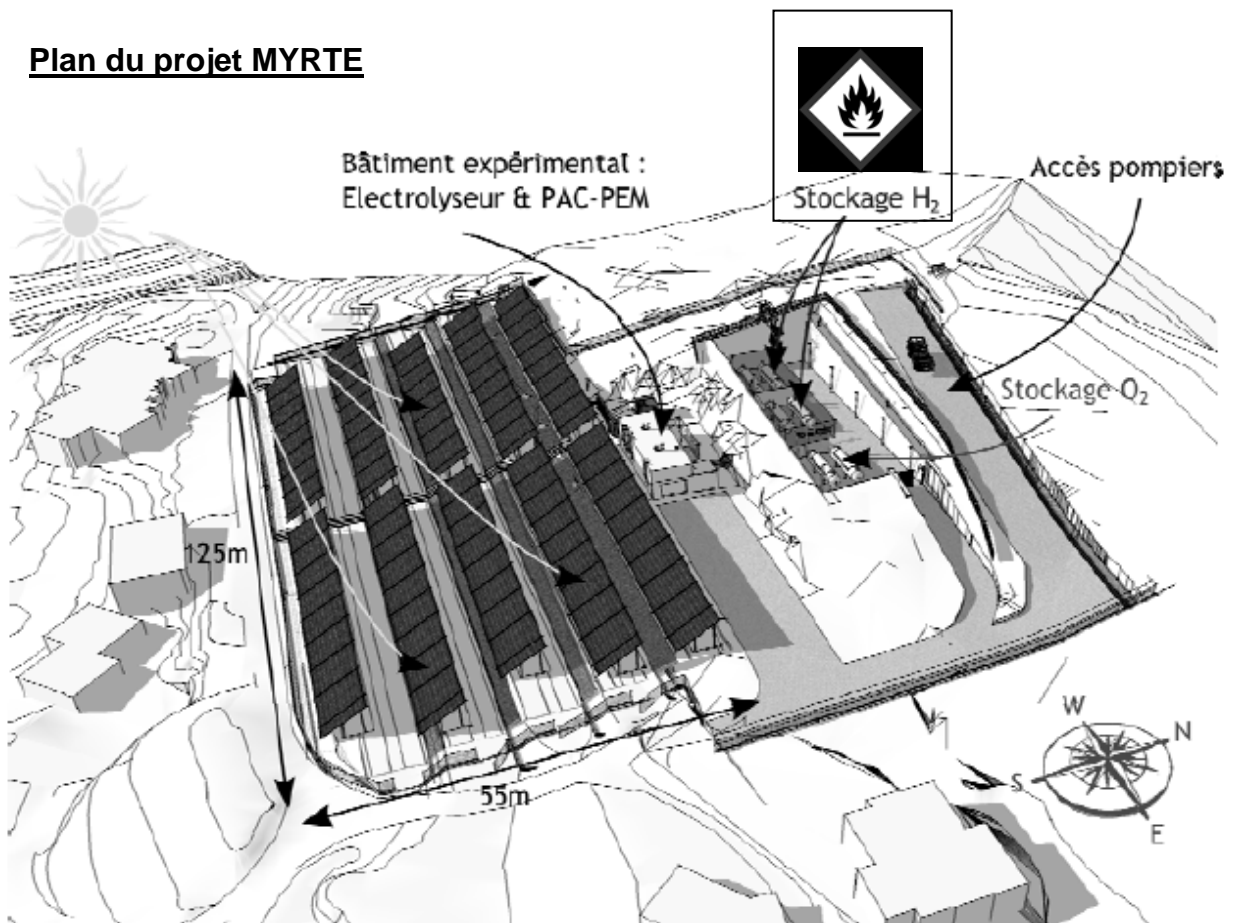
Source : CEA



Courbe de production d'un site photovoltaïque au cours d'un même mois

### DOCUMENT 14 RELATIF A LA QUESTION C.2.2

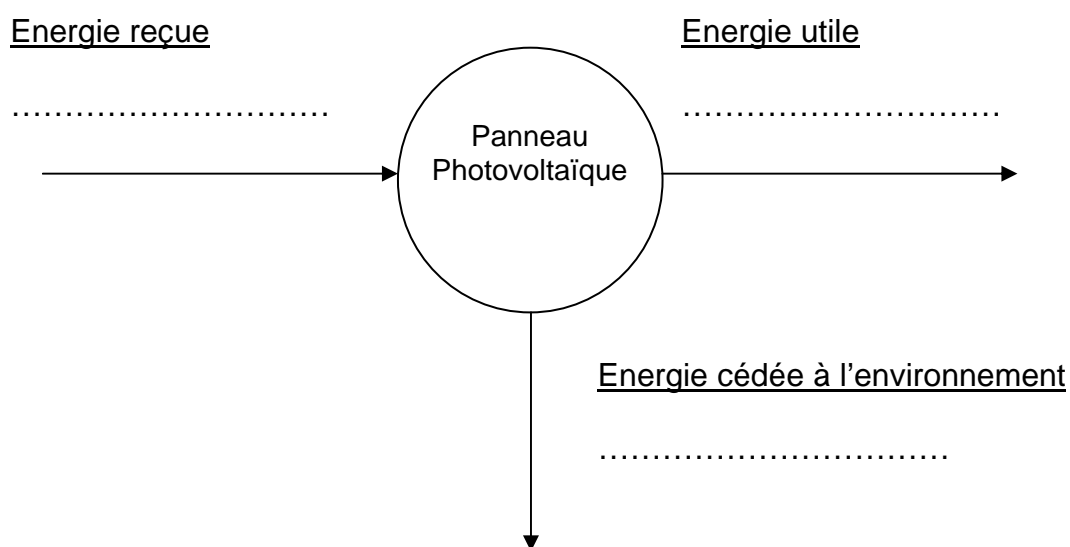
Plan du projet MYRTE



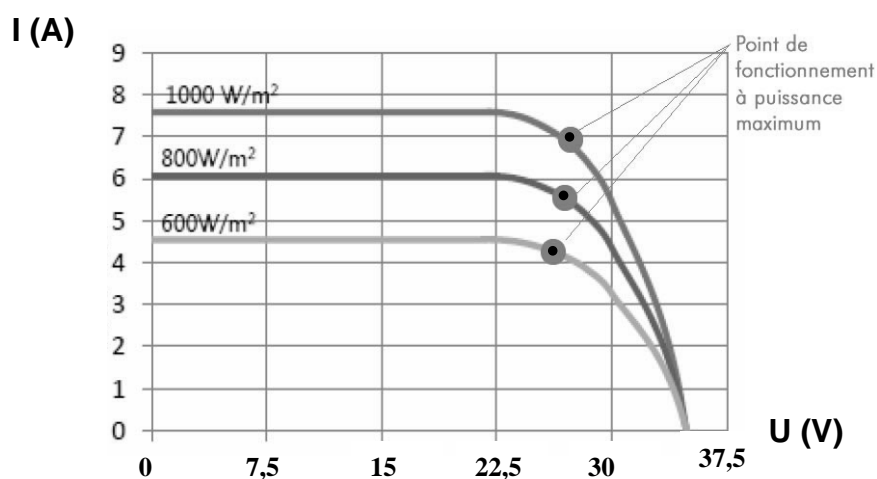
(A RENDRE AVEC LA COPIE)

## ANNEXE DOCUMENTS REPONSES

### DOCUMENT 2 RELATIF A LA QUESTION A.1.3



### DOCUMENT 5 RELATIF AUX QUESTIONS de A.2.2.1 à A.2.2.3



Caractéristique intensité-tension d'un panneau photovoltaïque de surface  $1,47 \text{ m}^2$  en fonction de l'éclairement, exprimé en  $\text{W/m}^2$ .