

BACCALAUREAT TECHNOLOGIQUE

SESSION 2013

Série STI2D

Série STL spécialité sciences physiques et chimiques en laboratoire

PHYSIQUE-CHIMIE

Durée : 3 heures

Coefficient : 4

**SUJET TRAITÉ EXCLUSIVEMENT PAR
LES CANDIDATS SE PRÉSENTANT POUR LA PREMIÈRE FOIS
AUX ÉPREUVES TERMINALES DU BACCALAURÉAT
(LES REDOUBLANTS COMPOSENT SUR UN AUTRE SUJET)**

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.

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 (Commissariat à l'Energie Atomique), l'INES (Institut National de l'Energie Solaire) et Toyota, et bénéficiant du soutien de l'ADEME (Agence De l'Environnement et de la Maîtrise de l'Energie) 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 efficace.

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

A.1.1 En utilisant le document 1 page 9/13, citer deux modes d'exploitation de l'énergie solaire au service de l'habitat.

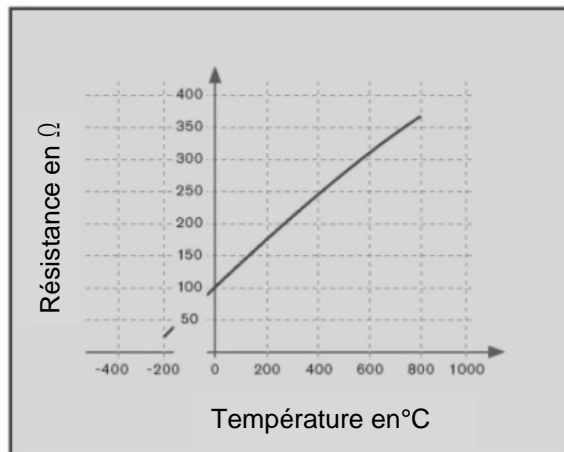
A.1.2 Dans le document 1 page 9/13, l'auteur parle de « énergie positive ». Expliquer en maximum 5 lignes ce que cela signifie.

A.2. - Etude de quelques capteurs des maisons INCAS :

Afin d'optimiser l'énergie et le confort des occupants plusieurs capteurs sont installés dans les maisons. On retrouve, entre autres, des capteurs de température et de dioxyde de carbone.

A.2.1 Un des capteurs de température utilisés est un conducteur de platine « Pt 100 ». La caractéristique température-résistance de ce capteur est fournie (document 2 ci-après).

DOCUMENT 2



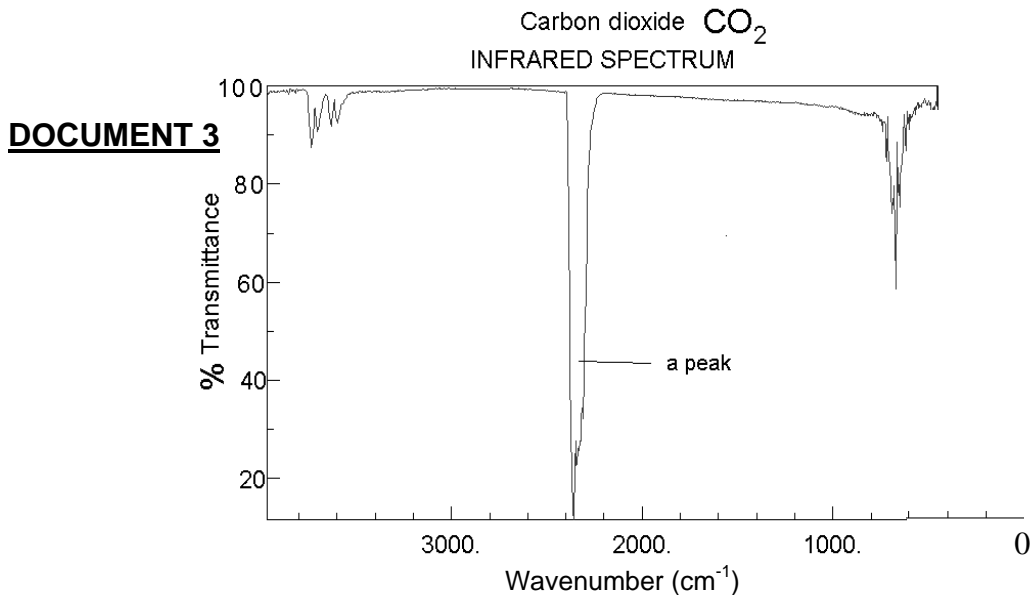
A.2.1.1 Quelles sont les grandeurs d'entrée et de sortie de ce capteur ?

A.2.1.2 Proposer une justification de la dénomination « Pt 100 ».

A.2.2 Le capteur de dioxyde de carbone est un capteur optique utilisant des ondes électromagnétiques. L'échantillon d'air contenant du dioxyde de carbone est situé entre une cellule émettrice et une cellule réceptrice qui mesure le rayonnement non absorbé par le dioxyde de carbone. La comparaison entre le rayonnement émis et le rayonnement reçu permet de déterminer la quantité de CO₂ présent dans le volume d'air. Pour réaliser les mesures, il faut choisir une longueur d'onde fortement absorbée (ou, au contraire, **peu transmise**).

A.2.2.1 Le **document 3 ci-dessous** représente le spectre de transmission du dioxyde de carbone. Déterminer graphiquement l'abscisse correspondant au maximum d'absorption du CO₂.

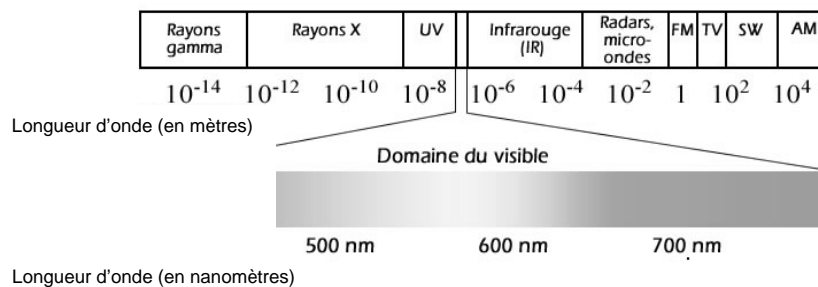
Remarque : « wavenumber » correspond à l'inverse de la longueur d'onde λ



NIST Chemistry WebBook (<http://webbook.nist.gov/chemistry>)

L'abscisse (le « wavenumber », ou nombre d'ondes) du maximum d'absorption correspond à une longueur d'onde $\lambda = 4,24 \cdot 10^{-6}$ m.

A.2.2.2 Dans quel domaine des ondes électromagnétiques se situe le rayonnement correspondant à la longueur d'onde précédente ? ($\lambda = 4,24 \cdot 10^{-6}$ m).



A.2.2.3 On se propose d'écrire le résultat d'une mesure de la concentration C sous la forme : $C = m \pm \Delta C$ où m est le résultat d'une mesure, m vaut ici $m = 1,08 \text{ g.m}^{-3}$ et ΔC représente l'incertitude élargie.

A.2.2.3.1 Pour estimer l'incertitude commise sur la mesure, le constructeur donne la précision « a » de l'appareil :
 $a = 1 \%$ de la lecture m + 1 digit

(Remarque : le digit est la plus petite valeur que l'affichage numérique peut donner dans le calibre utilisé).

Calculer la précision « a » de la mesure.

A.2.2.3.2 En déduire l'incertitude élargie ΔC pour un niveau de confiance de 95 % telle que :

$$\Delta C = 2 \frac{a}{\sqrt{3}}$$

A.2.2.3.3 Ecrire le résultat final de la mesure de C sous la forme : $C = m \pm \Delta C$ en utilisant un nombre adapté de chiffres significatifs.

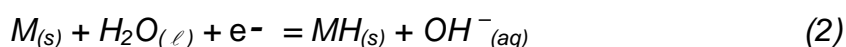
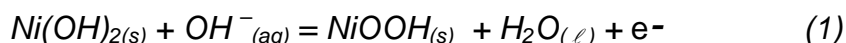
PARTIE B : LA TOYOTA PRIUS PLUG-IN®, UNE HYBRIDE RECHARGEABLE

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.

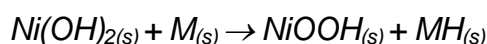
B.1 Présenter à M. SOLAIRE, sous la forme d'un tableau, en précisant les avantages et les inconvénients (lorsqu'ils sont mentionnés), une synthèse sur les accumulateurs au plomb, au Nickel-Cadmium (NiCd) et au nickel métal hydrure (NiMH). Vous pouvez vous aider du **document 4 page 10/13**.

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 $Ni(OH)_2$.

Données : masses atomiques molaires

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

- 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 :

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

- 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 5 page 11/13 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).

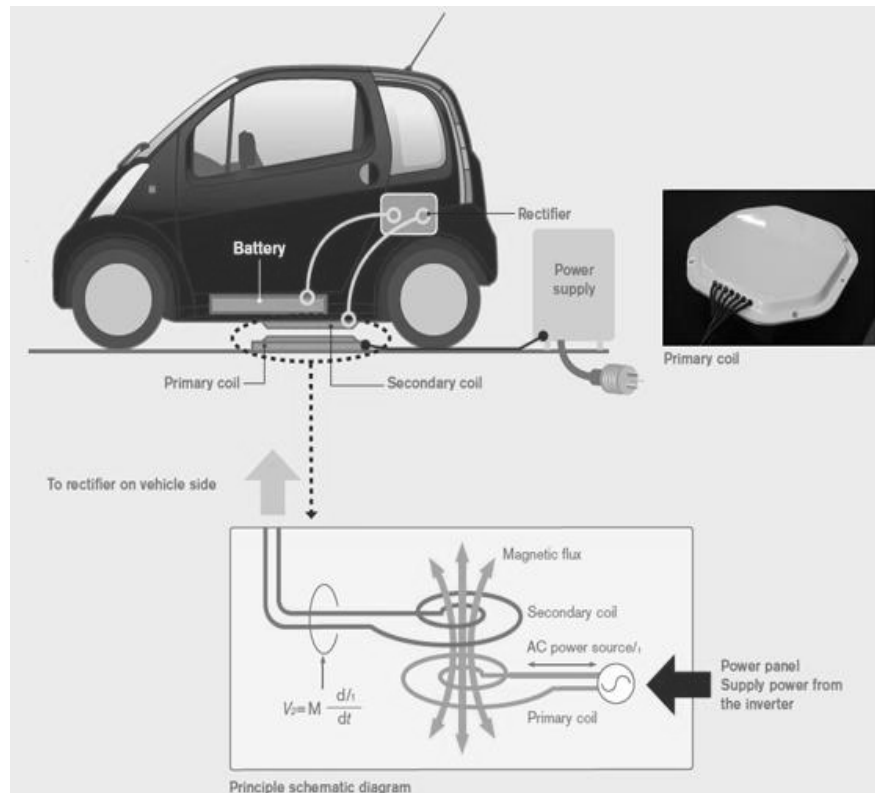
PARTIE C : DES SOLUTIONS INNOVANTES POUR RECHARGER OU STOCKER L'ÉNERGIE

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 combustible.

C.1 - La recharge des batteries par induction : (document 6 ci-dessous)

DOCUMENT 6



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 7 et 8 pages 11/13 et 12/13**) 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)
$$\mathbf{B} = \mathbf{k} \cdot \frac{\mathbf{I}}{\mathbf{N.L}}$$

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

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

- C.1.3** La constante **k** vaut $4.\pi.10^{-7}$ 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'intégration 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** Sur le plan du projet MYRTE (**voir document 9 page 13/13**), l'accès pompier est particulièrement important. Quel risque présente le site ?

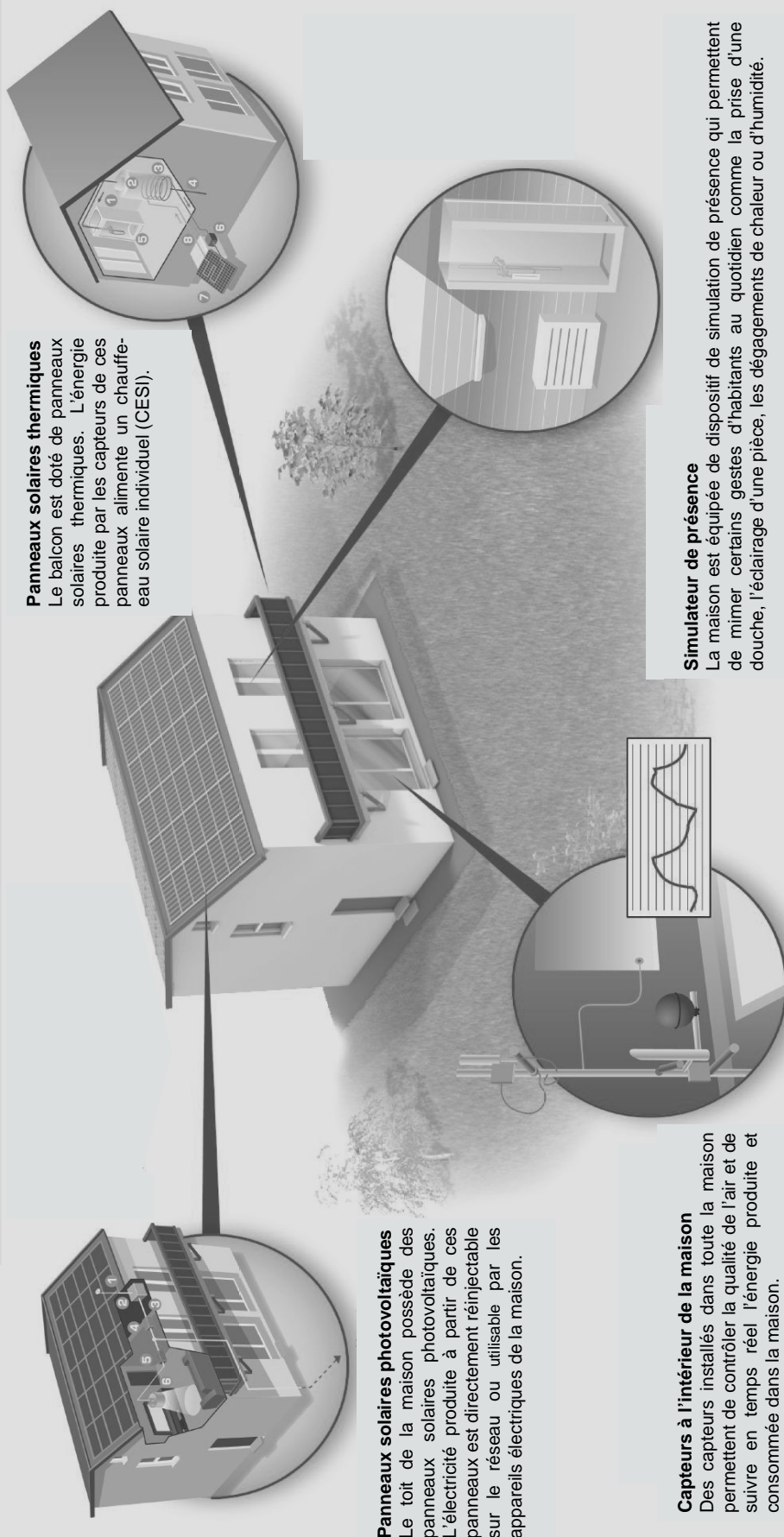
- C.2.2** Le **document 10 page 13/13** présente la production d'électricité photovoltaïque au cours d'un même mois. Quel inconvénient majeur du photovoltaïque mettent en évidence les deux graphiques ?

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 m² habitables construites à partir de différents matériaux. Zoom sur l'une d'entre elles.



nergie atomique • énergies alternatives



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).

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.

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.

DOCUMENT 4 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 comprend 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 5 RELATIF A LA QUESTION B.2.8

Comparatif batteries lithium-ion (Li-ion) et nickel-métal hydrure (NiMH)

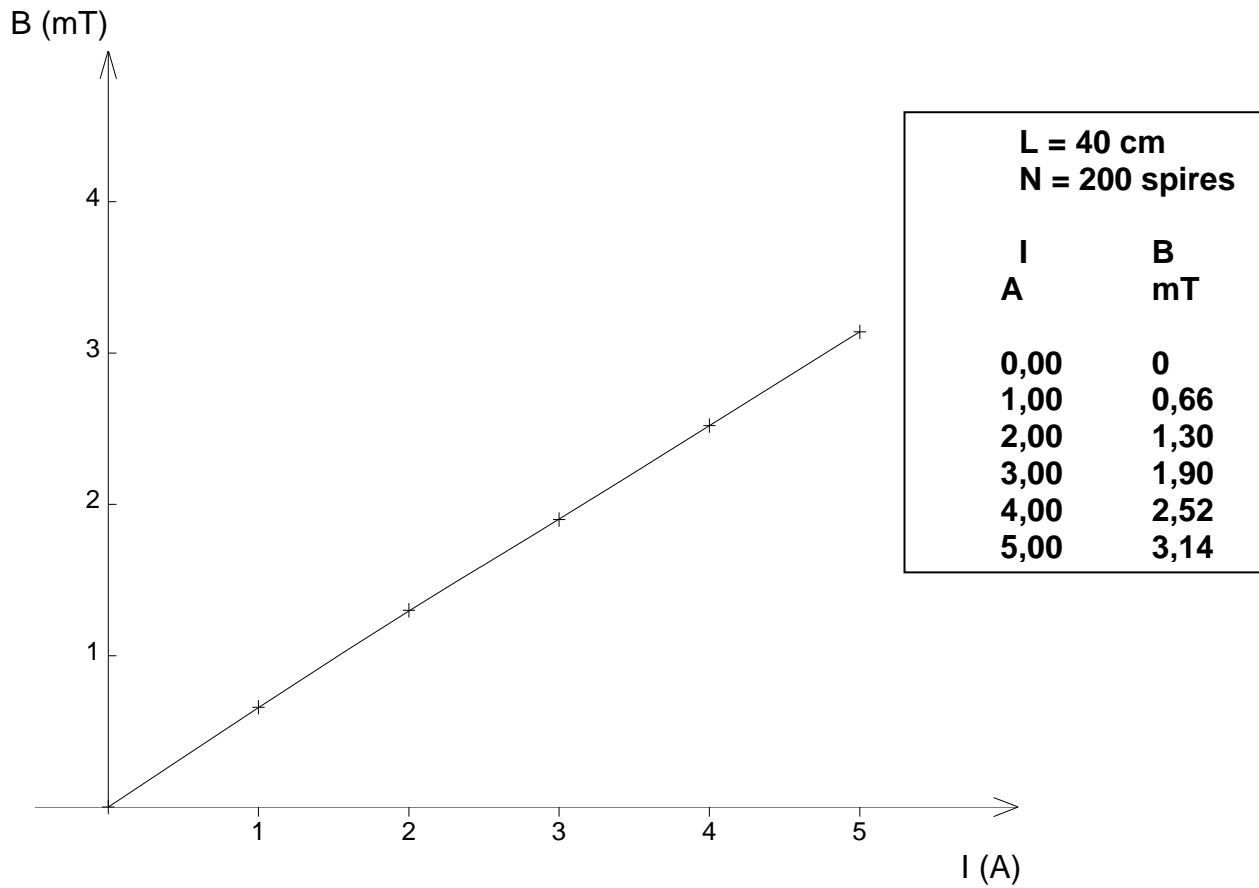
Type	Energie massique (W.h.kg ⁻¹)	Energie volumique (kW.h.m ⁻³)	Nombre de recharges
NiMH	60-120	140-300	300-500
Li-ion	110-160	400-550	500-1000

DOCUMENT 7 RELATIF AUX QUESTIONS C.1.2 ET C.1.3

DOCUMENT 7

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

DOCUMENT 8 RELATIF AUX QUESTIONS C.1.2 ET C.1.3



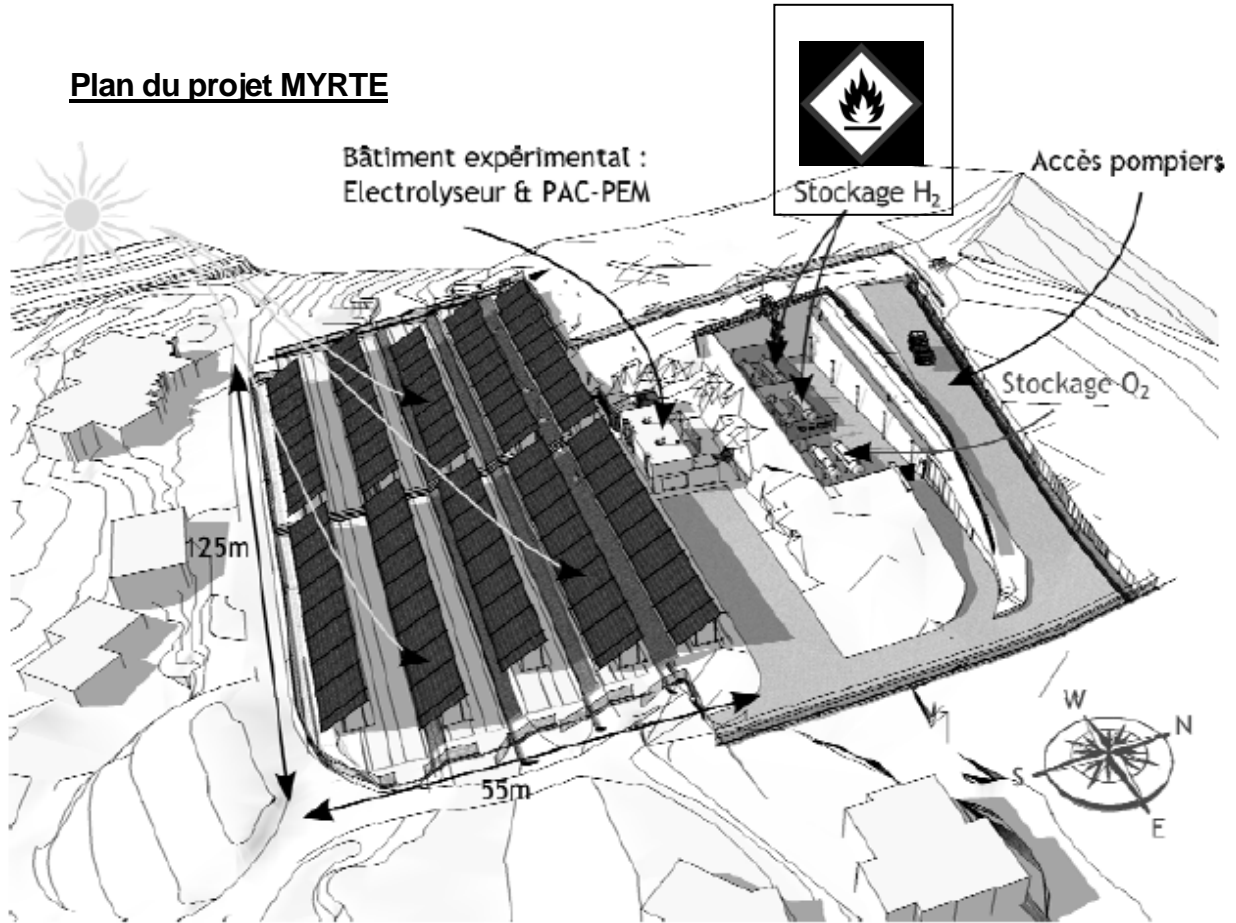
Champ magnétique (B) au centre d'une bobine en fonction de l'intensité (I) du courant qui parcourt cette bobine.

N : Nombre de spires de la bobine

L : longueur de la bobine

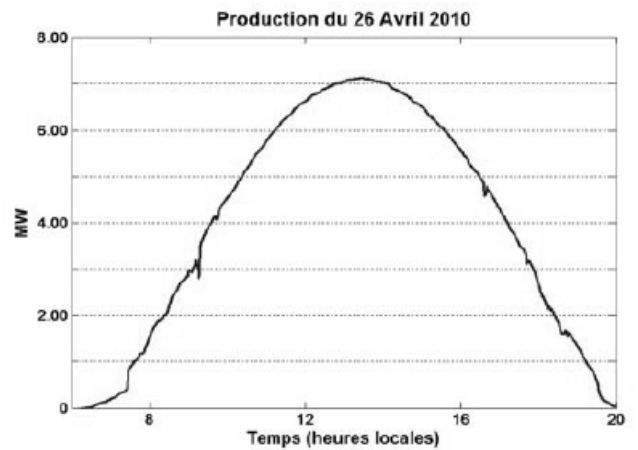
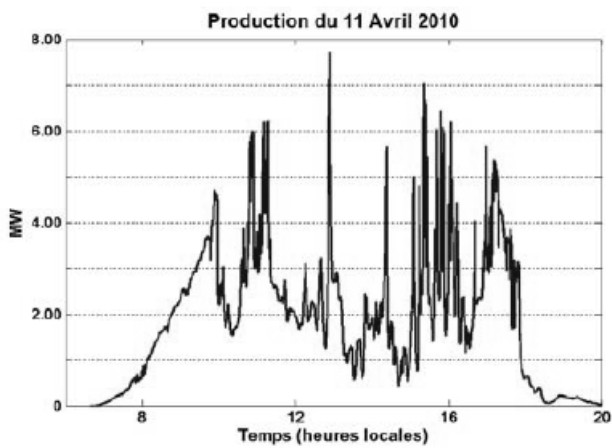
DOCUMENT 9 RELATIF A LA QUESTION C.2.1

Plan du projet MYRTE



DOCUMENT 10 RELATIF A LA QUESTION C.2.2

Source : CEA



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