

SESSION 2017

BACCALAURÉAT TECHNOLOGIQUE

PHYSIQUE-CHIMIE

Sciences et Technologies de Laboratoire

Spécialité Biotechnologies

Temps alloué : 3 heures

Coefficient : 4

La calculatrice (conforme à la circulaire N° 99-186 du 16-11-99) est autorisée.

**Ce sujet comporte 11 pages.
La page 11 est à rendre avec la copie**

Des panneaux solaires hybrides

Les orientations retenues à l'issue des tables rondes du Grenelle de l'environnement à l'automne 2007 ont amorcé la mutation écologique de la France. La mise en œuvre des comités opérationnels a permis de définir les voies, moyens et conditions requis pour une entrée en vigueur des conclusions du Grenelle, notamment le renforcement de la réglementation thermique (RT) dès 2012 pour tous les types de bâtiments neufs qui y sont soumis.

Conformément à l'article 4 de la loi Grenelle 1, la RT 2012 a pour objectif de limiter la consommation d'énergie primaire des bâtiments neufs à un maximum de 50 kilowattheures par mètre carré par an en moyenne, tout en suscitant :

- une évolution technologique et industrielle significative pour toutes les filières du bâti et des équipements,
- un très bon niveau de qualité énergétique du bâti, indépendamment du choix de système énergétique,
- un équilibre technique et économique entre les énergies utilisées pour le chauffage et la production d'eau chaude sanitaire.

Les exigences de résultats imposées par la RT 2012 sont de trois types :

- l'efficacité énergétique du bâti ;
- la consommation énergétique du bâtiment ;
- le confort d'été dans les bâtiments non climatisés.

Le sujet comporte 3 parties qui peuvent être traitées de manière indépendante :

Partie A : le solaire photovoltaïque (8 points)

Partie B : le solaire thermique (6,5 points)

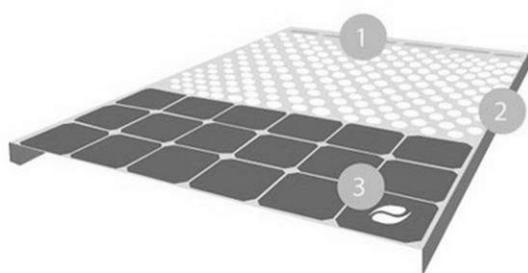
Partie C : stockage de l'énergie photovoltaïque (5,5 points)

Nous allons nous intéresser à un équipement, le panneau hybride DUALSUN (voir document ci-après), utilisé afin de répondre aux objectifs de cette réglementation thermique.

DUALSUN, LE PANNEAU SOLAIRE HYBRIDE 2 EN 1 : PHOTOVOLTAÏQUE ET THERMIQUE

UN PRODUIT INNOVANT CONÇU POUR LE MARCHÉ

Grâce à un design verticalement intégré des composantes photovoltaïques et thermiques en un seul et unique panneau (protégé par 2 brevets), DualSun est spécifiquement conçu pour une fabrication industrielle optimisée, le rendant **plus efficace, plus esthétique et moins cher que ses concurrents**.



1. **Échangeur thermique** : complètement intégré dans le panneau, l'échangeur thermique permet un excellent transfert de chaleur entre la face avant photovoltaïque et la circulation d'eau.
2. **Faible épaisseur** : le panneau DualSun possède les dimensions standards d'un panneau photovoltaïque classique (60 cellules de 6 pouces).
3. **Cellules solaires photovoltaïques** : monocristallines, haut rendement, les cellules solaires photovoltaïques sont refroidies par la circulation d'eau.

Partie A : le solaire photovoltaïque (8 points)

A.1. Panneaux solaires photovoltaïques

Les caractéristiques du panneau hybride DUALSUN sont présentées dans l'annexe A1 page 4.

A.1.1. On estime qu'une maison a besoin d'une installation pouvant fournir 3 kWc (kilowatt crête).

En s'appuyant sur les annexes A1 et A2 page 4, déterminer le nombre de panneaux solaires à installer et leur surface totale.

A.1.2. Par ciel bleu et clair, le rayonnement solaire peut atteindre 1000 W.m^{-2} . En s'appuyant sur l'annexe A1 page 4, déterminer la puissance reçue par un panneau photovoltaïque, puis par l'ensemble des panneaux photovoltaïques.

A.1.3. À l'aide de la question précédente et de l'annexe A1 page 4, définir et déterminer le rendement du panneau solaire.

A.1.4. Comparer la valeur trouvée à la question A.1.3. avec la valeur du rendement du module photovoltaïque (module PV) donnée dans l'annexe A1. Ce résultat est-il en accord avec la valeur et la tolérance en % données par le constructeur ?

A.2 Étude d'une cellule photovoltaïque au laboratoire

On réalise au laboratoire l'étude d'une cellule photovoltaïque. On dispose d'une résistance variable, d'un ampèremètre, d'un voltmètre et d'une lampe à incandescence de puissance nominale 40 W.

La cellule photovoltaïque est placée en série avec la résistance variable. Pour différentes valeurs de R, on relève ensuite la tension aux bornes de la cellule et l'intensité du courant dans le circuit.

A.2.1. Faire le schéma électrique associé à ce montage.

A.2.2. On relève expérimentalement les grandeurs suivantes pour une cellule de surface 26,1 cm² et une puissance reçue de 0,75 W émise par une lampe à incandescence placée à 10 cm de la cellule.

| | | | | | | | | | |
|-------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| R(Ω) | 260 | 170 | 110 | 80 | 60 | 50 | 30 | 20 | 0 |
| U(V) | 1,97 | 1,93 | 1,87 | 1,78 | 1,56 | 1,33 | 0,82 | 0,57 | 0,00 |
| I(mA) | 7,58 | 11,4 | 17,0 | 22,3 | 26,0 | 26,6 | 27,3 | 27,5 | 28,0 |
| P(W) | 0,15 | 0,22 | 0,32 | 0,34 | 0,41 | 0,35 | 0,22 | 0,16 | 0,01 |

En circuit ouvert la tension est de 2,06 V.

Tracer la courbe représentant l'intensité I du courant en fonction de la tension U : $I = f(U)$ sur le document réponse DR1 page 11.

A.2.3. Déterminer et justifier à partir du graphique et de l'annexe A3 page 5 la tension à vide et l'intensité de court-circuit.

A.2.4. Déterminer la puissance maximale en utilisant l'annexe A4 page 5. En déduire le rendement de la cellule photovoltaïque du laboratoire.

A.2.5. Sachant que le rendement théorique de cette cellule est égal à 15%, proposer des hypothèses permettant d'expliquer l'écart avec la valeur déterminée à la question A.2.4.

ANNEXE DE LA PARTIE A – Le solaire photovoltaïque

| Caractéristiques physiques | |
|------------------------------|---------------------|
| Longueur | 1677 mm |
| Largeur | 990 mm |
| Épaisseur | 40 mm |
| Poids à vide / rempli | 30 kg / 31,7 kg |
| Couleur cadre | Noir |
| Caractéristiques thermiques | |
| Surface du capteur | 1,66 m ² |
| Volume liquide | 1,70 L |
| Fluide caloporteur | Eau glycolée |
| Température de stagnation | 74,7 °C |
| Pression de service maximum | 1,2 bar |
| Pertes de charge par panneau | 6000 Pa à 200 L/h |
| Entrée / Sortie hydraulique | Filtée ½ pouce |

| Caractéristiques photovoltaïques | |
|----------------------------------|----------------|
| Nombre de cellules | 60 |
| Type de cellules | Monocristallin |
| Puissance nominale | 250 Wc |
| Rendement du module PV | 15,40 % |
| Tolérance | -1 % / +3% |
| Tension à puissance maximale | 30,7 V |
| Intensité à puissance maximale | 8,15 A |
| Tension en circuit ouvert | 38,5 V |
| Intensité de court-circuit | 8,55 A |
| Tension maximum système | 1000 V DC |
| Courant maximal inverse | 15 A |
| NOCT | 49 °C |
| Classe d'application | Classe A |

Annexe A1 – Caractéristiques du panneau solaire DUALSUN

Le kilowatt crête correspond à la puissance de pointe (terme anglais « kilowatt peak » formé à partir du mot « peak » signifiant point culminant/pic). Cette valeur indique la puissance atteinte par un panneau solaire exposé à un rayonnement solaire maximal (dans des conditions de test standard prédéfinies). Une de ces conditions standard est un rayonnement solaire optimal de 1 000 watts par mètre carré, ce qui, en France, correspond aux heures autour de midi d'une belle journée d'été.

La « puissance crête » est désignée par la plupart des fabricants par le terme de « valeur nominale » ou « puissance nominale ». Puisqu'elle est basée sur des mesures effectuées dans des conditions optimales, la puissance crête ne correspond pas à la puissance enregistrée dans des conditions réelles de rayonnement. Cette dernière est inférieure d'environ 15 à 20 % en raison du fort échauffement des cellules solaires enregistré dans la pratique.

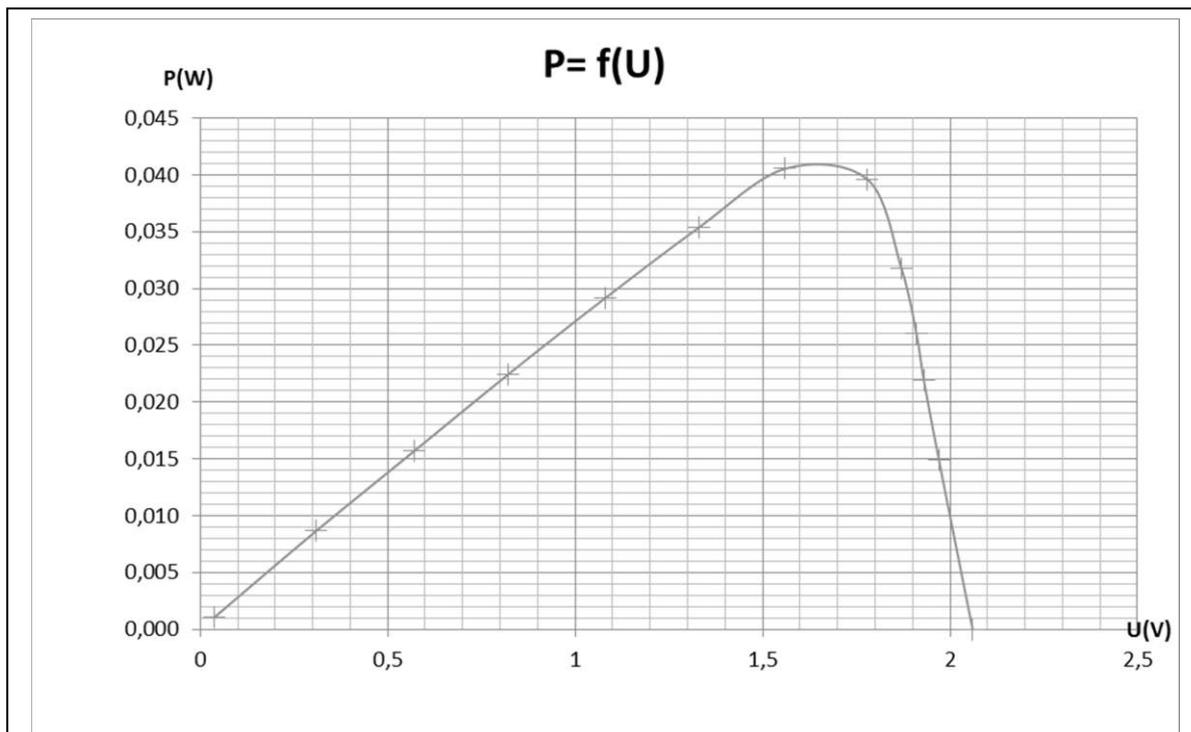
Annexe A2 – Que signifie le terme « kilowatt crête » (kWc) ?

Définitions :

I_{cc} est l'intensité du courant produite par la cellule quand la tension à ses bornes est nulle.

La tension en circuit ouvert également appelée tension à vide, est noté U_o .

Annexe A3 – Tension en circuit ouvert et intensité de court-circuit



Annexe A4 – Caractéristique puissance-tension de la cellule photovoltaïque utilisée au laboratoire

Partie B: le solaire thermique (6,5 points)

Le principe de fonctionnement du panneau thermique est décrit dans l'annexe B1 page 7. La surface du panneau hybride (photovoltaïque / thermique) DUALSUN est de 1,66 m². La puissance reçue par ce panneau est de 1660 W.

On considère que le fluide caloporteur est de l'eau de masse volumique $\rho = 1000 \text{ kg.m}^{-3}$ et de capacité thermique massique $C_{\text{eau}} = 4180 \text{ J.kg}^{-1}.\text{°C}^{-1}$

Son débit par unité de surface dans le panneau thermique est de 70 L.h⁻¹.m⁻².

B.1. Compléter le schéma du bilan énergétique sur le document réponse DR2 page 11.

B.2. Calculer l'énergie reçue en wattheure pendant une heure de fonctionnement pour le même rayonnement solaire de 1000 W.m⁻². Donner sa valeur en joule.

B.3. Calculer le volume en litres de fluide circulant dans le panneau durant une heure.

B.4. Vérifier que la masse de ce volume de fluide est de 116,2 kg.

B.5. En négligeant l'énergie utilisée par la partie photovoltaïque, déterminer l'élévation de température du fluide provoquée par l'exposition au soleil de ce panneau durant une heure.

B.6. Le fluide caloporteur est en réalité un mélange eau / propylène-glycol. Expliquer pourquoi on ne peut pas utiliser directement l'eau comme fluide caloporteur. En s'appuyant sur l'annexe B2 page 7, justifier l'utilisation d'un mélange eau / propylène-glycol.

B.7. Donner à partir de la formule topologique, la formule semi-développée du propylène-glycol.

B.8. Sur la formule semi-développée du propylène-glycol, entourer et nommer les groupements fonctionnels présents dans cette molécule.

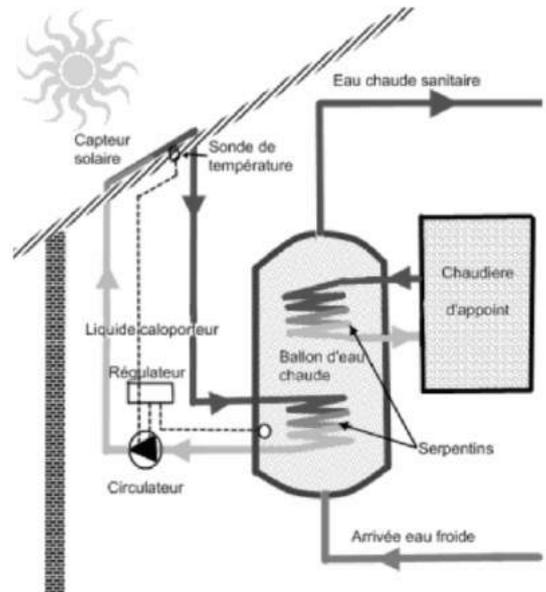
B.9. Indiquer la signification du pictogramme de sécurité associé au propylène-glycol.

ANNEXE DE LA PARTIE B – Le solaire thermique

Le principe de base est simple, le liquide chauffé par les capteurs solaires transite via les tuyaux du circuit primaire, étanche et calorifugé, jusqu'au serpentin à l'intérieur du ballon d'eau chaude, puis l'eau au contact de cet échangeur thermique se réchauffe. Le liquide caloporteur circule en circuit fermé, soit naturellement, soit à l'aide d'un circulateur électrique.

Le liquide caloporteur s'élève naturellement tant qu'il est plus chaud que l'eau du ballon grâce à sa différence de densité, c'est le principe du système à thermosiphon. Dans ce cas le ballon doit se situer au-dessus du capteur.

Sinon, en France dans la majorité des cas, le liquide caloporteur est propulsé dans le circuit à l'aide d'une pompe électrique : le circulateur. Un régulateur analyse à l'aide de sondes les températures, si la sonde du ballon est plus chaude que celle du capteur, la régulation coupe le circulateur, sinon, le circulateur est remis en route et le liquide primaire réchauffe l'eau sanitaire du ballon.



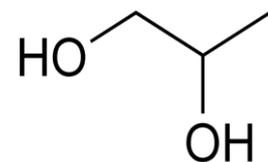
Pour pallier l'insuffisance solaire (temps couvert), il est nécessaire d'avoir recours à un système d'appoint. Soit une résistance électrique, soit un échangeur thermique raccordé à une chaudière, l'un ou l'autre étant placé dans le ballon

Annexe B1 – Principe de fonctionnement d'un panneau thermique

Le propylène glycol (PG) ou propane-1,2-diol est un diol utilisé dans de nombreux usages industriels et pharmaceutiques ou agro-pharmaceutiques (solvant de pesticides), à faible dose comme additif alimentaire et depuis peu dans les cigarettes électroniques (liquide à vapoter).

Le propylène glycol est utilisé principalement dans la fabrication de résines de polyesters insaturés, ainsi que dans la fabrication du dipropylène glycol et du tripropylène glycol ; c'est également un composant de nombreux produits tels que :

- formulations d'antigel (automobiles et camions légers)
- liquide de refroidissement grade U.S.P (laiteries, brasseries, épiceries)
- liquide de refroidissement grade industriel (systèmes de chauffage et de refroidissement de type industriel et commercial, thermopompes, etc.)
- fluides hydrauliques
- liquides de dégivrage
- détergents liquides
- peintures et vernis
- lubrifiants
- plastifiants



Formule topologique du propylène-glycol

Température de fusion : -60°C
 Température d'ébullition : 188°C
 Masse volumique : $1,036 \text{ g.cm}^{-3}$ à 20°C

Annexe B2 – Le propylène-glycol

Partie C : stockage de l'énergie photovoltaïque (5,5 points)

C.1. Dimensionnement du stockage

C.1.1. À l'aide de l'annexe C1 page 9, déterminer la demande énergétique quotidienne D d'un foyer français.

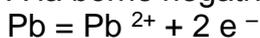
C.1.2. En s'appuyant sur les annexes C2 et C3 pages 9 et 10, calculer la capacité C du parc de batteries à installer, sachant que l'on souhaite une profondeur de décharge de 50% maximum afin de préserver la durée de vie des batteries.

C.1.3. À l'aide de l'annexe C2 page 9, relever la capacité de la batterie Rolls et déterminer le nombre de batteries nécessaires pour assurer 5 jours de réserve.

C.2. Décharge d'une batterie au plomb

Une batterie au plomb est constituée d'une électrode de plomb et d'une électrode d'oxyde de plomb.

À la borne négative le plomb réagit selon l'équation suivante :



À la borne positive l'oxyde de plomb réagit selon l'équation suivante :



C.2.1. Indiquer, en justifiant votre réponse, la nature de la réaction se produisant à chacune des électrodes. En déduire à quelle borne correspond l'anode.

C.2.2. Écrire l'équation de fonctionnement de cette batterie.

C.3. Charge d'une batterie au plomb

C.3.1. Écrire l'équation de la charge de cette batterie.

C.3.2. Pendant la charge de la batterie, indiquer en justifiant votre réponse, si l'électrode de plomb est le siège d'une oxydation ou d'une réduction.

Au cours de la charge, quand la batterie approche de son état de charge maximale, des bulles de dihydrogène et de dioxygène sont observées aux électrodes de la batterie.

Ces gaz proviennent de l'électrolyse de l'eau contenue dans l'électrolyte. Les couples oxydants / réducteurs en présence sont ($\text{O}_2 / \text{H}_2\text{O}$) et ($\text{H}_2\text{O} / \text{H}_2$).

C.3.3. Écrire la demi-équation électronique se produisant à l'électrode reliée à la borne positive du générateur.

C.3.4. Écrire la demi-équation électronique se produisant à l'électrode reliée à la borne négative du générateur.

C.3.5. Écrire la réaction d'électrolyse de l'eau.

C.3.6. Quelle conséquence peut avoir le dégagement de dihydrogène lors de l'état de charge maximale ?

ANNEXE DE LA PARTIE C – Stockage de l'énergie photovoltaïque

Dans son bilan annuel 2015, le RTE ("Le réseau de l'intelligence électrique") observe une augmentation de 2,2% de la consommation d'électricité des Français, celle-ci s'établissant à 475,4 térawattheures (TWh).

D'après l'analyse du marché de détail de l'électricité faite par la Commission de Régulation de l'Énergie (CRE) au troisième semestre 2015, il y avait 36,5 millions de sites éligibles dont 31,537 millions de sites résidentiels et 4,963 millions de sites professionnels. La consommation annuelle des sites résidentiels s'est établie à 150,2 TWh en 2015, et 282,5 TWh pour les sites professionnels. La consommation moyenne en 2015 pour un foyer français est donc de 4 763 kWh.

Annexe C1 – Bilan annuel de la consommation d'électricité en France en 2015

Plusieurs points caractérisent la série 5000 ROLLS :

ROLLS utilise des plaques épaisses et denses en Alliage Resistox ce qui permet une meilleure résistance à la corrosion et une plus grande durabilité.

L'épaisseur des plaques positives et négatives de la série 5000 ROLLS est respectivement de 4,32 mm et 3,05 mm.

Chaque plaque positive est placée dans une pochette isolante de 2 mm d'épaisseur ce qui permet d'éviter les courts-circuits.

Avec les bacs des batteries ROLLS, il y a plus d'électrolyte au-dessus des plaques (57 mm au-dessus des plaques), ce qui permet de travailler plus longtemps sans remplissage d'eau! La fréquence des apports d'eau est de 2 à 3 mois.

La fréquence d'appoint d'eau peut être supérieure à un an avec des bouchons à recombinaison des gaz HYDROCAPS en option.

Les batteries ROLLS Série 5000 possèdent une grande durée de vie :

- 2100 cycles à 80% de décharge.
- 3200 cycles à 50% de décharge.
- 5000 cycles à 20% de décharge.

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

Tension nominale : 12 V

Technologie : Électrolyte liquide

Capacité nominale C100 : 503 Ah

L x l x H : 558 x 285 x 463 mm avec bornes

Poids : 123,4 kg



Annexe C2 – Batteries Rolls 12 V - 503 Ah C100 série 5000

Le calcul de la capacité C en Ampèreheure (Ah) du parc de batteries dépend de plusieurs données :

- N, le nombre de jours avec un ensoleillement insuffisant. En France, pour une utilisation annuelle, 5 jours de réserve en batteries sont nécessaires. En Afrique de l'Ouest, nous prenons 3 jours ou 4 jours en intégrant la saison des pluies.
- D, la demande énergétique quotidienne exprimée en Wh/jour. Il s'agit de l'énergie nécessaire pour alimenter vos appareils électriques. D s'obtient en multipliant la puissance de chacun de vos appareils par leur durée d'utilisation quotidienne en heures.
- U, la tension en Volt sous laquelle est installée le parc de batteries (12 V, 24 V, 48 V...)
- L, la profondeur de décharge maximum des batteries (valeur décimale, ex : 0,3 pour 30%).

$$C = (D \times N) / (L \times U)$$

Annexe C3 – Le dimensionnement des batteries solaires

DOCUMENT RÉPONSE

À RENDRE AVEC LA COPIE

DR1 Tracé de la caractéristique intensité-tension



DR2 Schéma énergétique du panneau photovoltaïque

