



SERVICES CULTURE ÉDITIONS
RESSOURCES POUR
L'ÉDUCATION NATIONALE

**Ce document a été numérisé par le CRDP de Bordeaux pour la
Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel.**

Campagne 2013

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

DOMOTIQUE

U32 – SCIENCES PHYSIQUES

SESSION 2013

Durée : 2 heures
Coefficient : 2

Matériel autorisé :

- Toutes les calculatrices de poche y compris les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimante (Circulaire n°99-186, 16/11/1999).
- Tout autre matériel est interdit.

Documents à rendre avec la copie :

- Annexe A : DOCUMENT RÉPONSE page 8/8

Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Le sujet se compose de 8 pages, numérotées de 1/8 à 8/8.

BTS DOMOTIQUE		Session 2013
U32 – SCIENCES PHYSIQUES	Code : 13-DOPHY-1	Page : 1/8

Étude d'un refuge de haute montagne

Le nouveau refuge du Goûter, est le plus haut refuge gardé de France (3 835 m). D'architecture novatrice il est conçu pour résister à un environnement difficile, et préfigure une nouvelle génération de bâtiments.

On se propose d'étudier quelques aspects techniques d'un refuge de haute altitude du même type que celui du Goûter.



Nouveau refuge du Goûter – <http://www.refugedugouter.fr/>.

Le sujet est constitué de 3 parties indépendantes qui peuvent être traitées dans n'importe quel ordre :

- I. Étude thermique de l'enveloppe du bâtiment(6 points)
- II. Production d'énergie électrique(9 points)
- III. Bilan carbone du refuge(5 points)

I. Étude thermique de l'enveloppe du bâtiment (6 points)

Les contraintes d'accès et de production d'énergie sont telles qu'il est très important de minimiser les pertes d'énergie d'un tel bâtiment. On étudie dans cette partie les déperditions par transfert thermique.

Le refuge est modélisé par un parallélépipède rectangle de longueur $L = 15$ m, de largeur $l = 8$ m et de hauteur $h = 10$ m, posé à flanc de montagne comme le montre la figure 1 ci-dessous. On suppose dans cette partie que la température intérieure du refuge notée θ_{int} , et la température extérieure θ_{ext} sont constantes tout au long de la journée et de l'année.

On modélise les échanges radio-convectifs à l'intérieur et à l'extérieur du refuge par les résistances thermiques superficielles interne et externe dont les valeurs sont :

- $R_{\text{si}} = 0,11$ (unité SI),
- $R_{\text{se}} = 0,06$ (unité SI).

On note :

- φ_{lat} : le flux thermique surfacique perdu par les parois latérales,
- φ_{toit} : le flux thermique surfacique perdu par le toit,
- φ_{sol} : le flux thermique surfacique perdu par le sol,

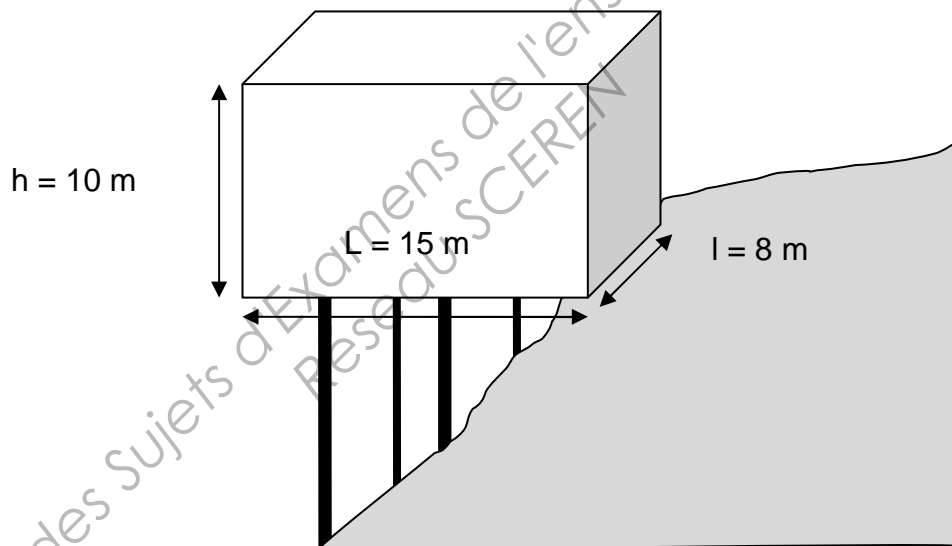


Figure 1

Données :

- $\theta_{\text{int}} = 20$ °C, $\theta_{\text{ext}} = -10$ °C.

Matériau	Conductivité thermique λ ($\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$)	Densité
Acier inoxydable	26	7,8
Béton armé	1,15	2,2
Brique traditionnelle	1,15	2,4
Pierre	2,1 à 3,5	2,6
Sapin / Epicéa	0,13	0,45
Polystyrène	0,036	0,015
Laine de verre	0,032	0,1
Fibre de bois	0,038	0,2

- I.1) Rappeler la relation établissant le lien entre le flux surfacique ϕ à travers une paroi, les températures intérieure et extérieure, θ_{int} et θ_{ext} , de la paroi et la résistance thermique R de cette paroi. Préciser l'unité de chacune des grandeurs.
- I.2) Le refuge est construit en bois d'épicéa. Donner des raisons qui peuvent avoir contraint le concepteur au choix de ce matériau.

Les murs latéraux sont constitués de différents matériaux assemblés comme le montre la figure 2 ci-dessous :

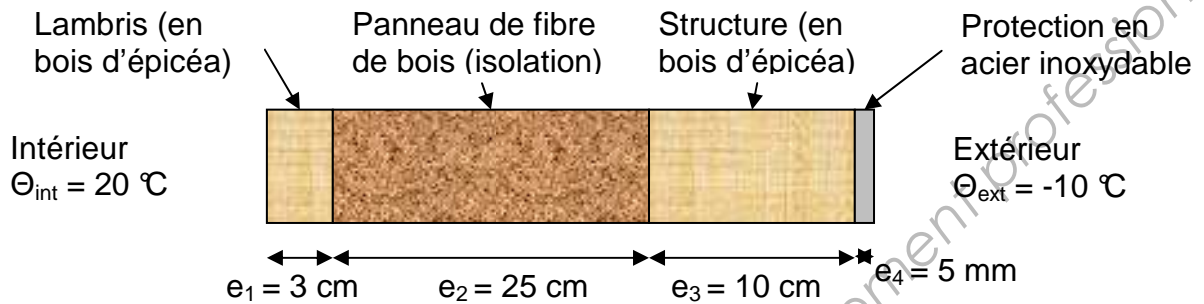


Figure 2

- I.3) Donner l'expression littérale de la résistance thermique R_{lat} des murs latéraux en justifiant votre réponse. Calculer sa valeur numérique.
- I.4) Déterminer le flux surfacique ϕ_{lat} . En déduire la puissance perdue P_{lat} par les parois latérales.
- I.5) Les résistances thermiques totales des surfaces correspondant au sol et au toit sont $R_{\text{sol}} = R_{\text{toit}} = 10$ unités S.I. Calculer les puissances perdues par le sol et le toit, respectivement nommées P_{sol} et P_{toit} .

Montrer que la puissance thermique totale perdue vaut $P_{\text{tot}} = 2,5 \text{ kW}$.

On définit le coefficient de déperditions thermiques moyen du bâtiment $U_{\text{bât}}$ par la relation :

$$P_{\text{tot}} = U_{\text{bât}} \times S_{\text{tot}} \times \Delta\theta$$

où S_{tot} représente la **surface totale** de l'enveloppe du bâtiment.

- I.6) Calculer et comparer la valeur du coefficient $U_{\text{bât}}$, à ceux présentés dans le tableau ci-dessous. Conclure quant aux performances thermiques du refuge.

Type de bâtiment	$U_{\text{bât}}$ moyen (SI)
Bâtiment mal isolé	> 1,5
Maison individuelle correctement isolée	0,5 à 0,7
Bâtiment très bien isolé	< 0,3

II. Utilisation de panneaux solaires thermiques et photovoltaïques (9 points)

L'eau sanitaire alimentant le refuge provient de la fonte de la neige qui s'accumule dans un fondoir situé à proximité de celui-ci. Le chauffage de ce fondoir est assuré par des panneaux solaires thermiques.

- II.1) Déterminer la masse M d'un volume $V = 20 \text{ m}^3$ de neige.
- II.2) Donner en fonction de M , θ_{eau} , θ_{ext} , c_{eau} , c_{neige} et L_{fus} , l'expression de l'énergie transférée sous forme thermique Q nécessaire à la transformation de ce volume $V = 20 \text{ m}^3$ de neige en un volume d'eau à une température θ_{eau} .
- II.3) Montrer que $Q = 515 \text{ MJ}$.
- II.4) On considère que le rendement des panneaux solaires thermiques est de 90%. Quelle surface de panneau faut-il réserver sur le toit pour le fondoir si on souhaite faire fondre 20 m^3 de neige par jour quel que soit le temps.

Données :

- Capacité thermique de la neige : $c_{\text{neige}} = 2\,060 \text{ J}\cdot\text{Kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$,
- Masse volumique moyenne de la neige : $\rho_{\text{neige}} = 65 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$,
- Capacité thermique de l'eau liquide : $c_{\text{eau}} = 4\,185 \text{ J}\cdot\text{Kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$,
- Chaleur latente de fusion de l'eau : $L_{\text{fus}} = + 333,5 \text{ kJ}\cdot\text{Kg}^{-1}$,
- Énergie solaire moyenne par unité de surface reçue en 1 jour, par temps ensoleillé : $E_{\text{max}} = 6,0 \text{ kWh/m}^2$,
- Énergie solaire moyenne par unité de surface reçue en 1 jour, par temps nuageux : $E_{\text{min}} = 3,0 \text{ kWh/m}^2$,
- Température de la neige : $\theta_{\text{ext}} = -10 \text{ }^\circ\text{C}$.
- Température de l'eau à l'intérieur du refuge $\theta_{\text{eau}} = +10 \text{ }^\circ\text{C}$

La consommation électrique journalière du refuge est comprise entre 5 000 et 30 000 Wh/jour. L'alimentation électrique est assurée par des panneaux photovoltaïques. Elle permet d'alimenter l'éclairage, le petit et gros électroménager (réfrigérateurs, congélateurs) ainsi que d'autres appareils électroniques.

Les panneaux solaires sont connectés à l'installation électrique du refuge suivant le synoptique représentée figure 3 ci dessous :

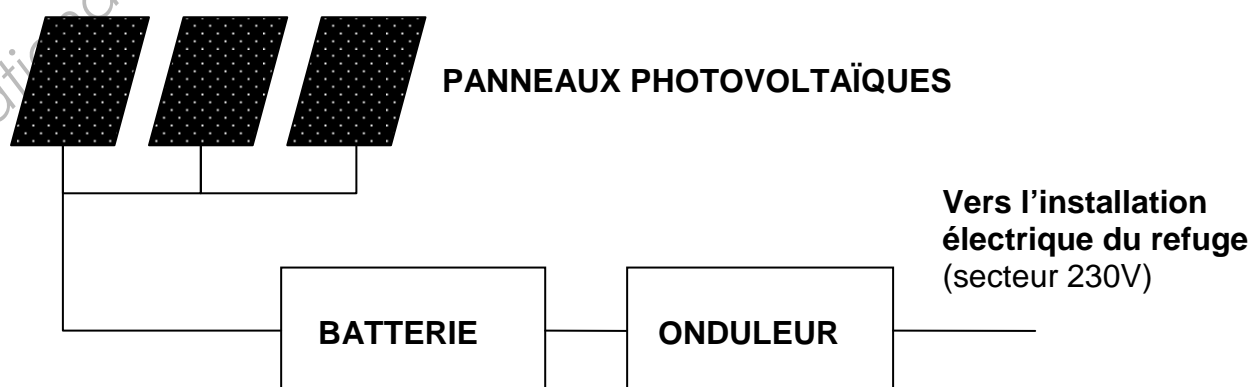


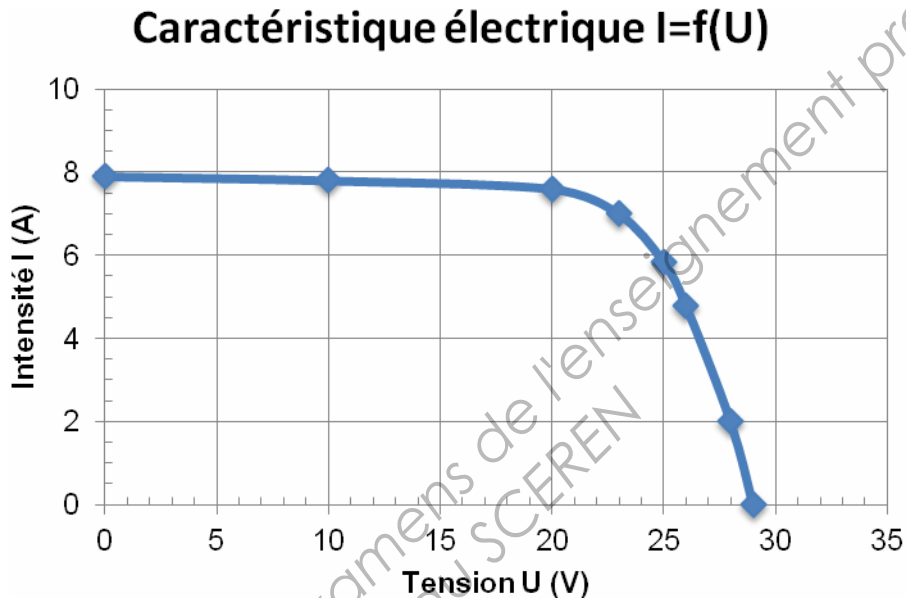
Figure 3

II.5) Donner le rôle de la batterie et de l'onduleur.

Lors des tests en laboratoire, la caractéristique électrique courant-tension $I = f(U)$ d'un des modules photovoltaïques a été relevée dans des conditions d'ensoleillement normalisées rappelées au-dessus de la courbe obtenue et représentée ci-dessous.

Caractéristiques du module et conditions lors des tests en laboratoire :

- Dimension du module : 110 cm x 90 cm
- Éclairement : $\Phi = 1000 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$
- Température d'étude : $\theta = 25^\circ\text{C}$



- II.6) Donner le schéma de montage permettant de relever la caractéristique du panneau en indiquant la position (AC ou DC) des appareils de mesures. Justifier.
- II.7) Donner l'expression de la puissance électrique $P_{\text{él}}$ délivrée par le panneau puis la calculer pour chaque point de mesure en complétant le tableau du document réponse en annexe A (page 8/8).
- II.8) Tracer la courbe $P_{\text{él}} = f(U)$ sur le document réponse en choisissant une échelle adaptée.

Une caractéristique importante d'un panneau photovoltaïque est sa puissance crête définie comme la puissance maximale fournie par un module de 1 m^2 sous un ensoleillement de $\Phi = 1000 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ et une température $\theta = 25^\circ\text{C}$. L'unité de cette puissance est le Watt crête, notée W_c .

- II.9) Déterminer la puissance crête du panneau.
Montrer que le rendement maximal du panneau vaut $\eta_{\text{max}} = 16\%$.
Conclure en ce qui concerne la valeur du rendement de ce panneau photovoltaïque ?

La surface utile des panneaux photovoltaïques installés sur le toit du refuge est de $S = 68 \text{ m}^2$.

- II.10) En considérant un rendement de $\eta = 16\%$ et un éclairage moyen de $\Phi = 230 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$ pendant 12h par jour, calculer en Wh/jour l'énergie électrique moyenne produite par les panneaux en un jour.
Les besoins du refuge en électricité sont-ils satisfaits ?

III. Bilan carbone du refuge (5 points)

La seule énergie non renouvelable du refuge ne sert que pour la cuisson des aliments. Elle est source de dégagement de CO_2 .
On se propose dans cette partie d'évaluer son impact annuel sur l'environnement.

Données :

- Le gaz utilisé pour la cuisson est le propane de formule brute C_3H_8 ,
- Masse de propane consommé annuellement : $m_{\text{C}_3\text{H}_8} = 1500 \text{ kg}$,
- Masses molaires atomiques :
 $M(\text{H}) = 1 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ $M(\text{C}) = 12 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$ $M(\text{O}) = 16 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$.

- III.1) Ecrire l'équation de la combustion du propane.
III.2) Montrer que le nombre de moles de propane consommé annuellement vaut $n = 34,1 \text{ kmol}$.
III.3) Déterminer la quantité de matière de CO_2 rejetée annuellement dans l'atmosphère.
III.4) En déduire la masse de CO_2 rejetée annuellement dans l'atmosphère.
III.5) Conclure sur l'impact environnemental du refuge en comparant son bilan carbone à celui des bâtiments proposés dans le tableau ci-dessous :

Activité	Ordre de grandeur des émissions annuelles moyennes de CO_2 en tonnes équivalent CO_2
Maison récente correctement isolée de 100 m^2	5 teq CO_2
Maison ancienne de 100 m^2	10 teq CO_2
Immeuble récent de 5-6 appartements	entre 10 et 20 teq CO_2 suivant le type de chauffage

ANNEXE A – DOCUMENT RÉPONSE

(À rendre avec la copie)

Question II. 7)

Tableau des mesures obtenues lors du relevé de la caractéristique

U (V)	0	10	20	23	25	26	28	29
I (A)	7,9	7,8	7,6	7.0	5,8	4,8	2.0	0
P (W)								

Question II. 8)

