



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**

**session 2011**

# BREVET DE TECHNICIEN SUPERIEUR

## SYSTEMES CONSTRUCTIFS BOIS ET HABITAT

SESSION 2011

**EPREUVE DE SCIENCES PHYSIQUES**  
durée : 1 heure 30 min – coefficient : 1,5

Le sujet comprend 7 pages, numérotées de 1 à 7  
Les deux problèmes sont indépendants

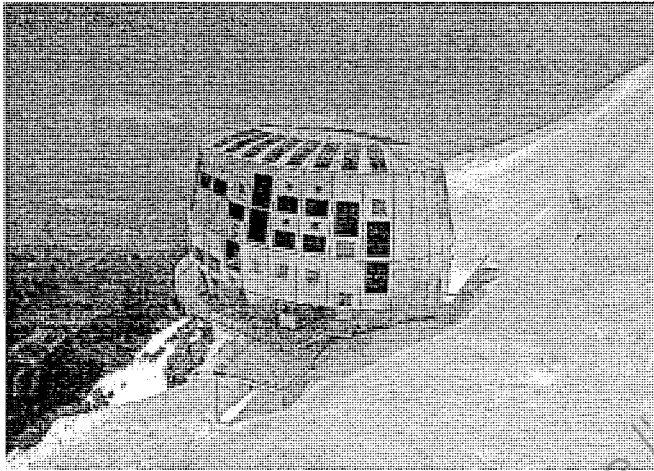
*La clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviendront pour une part importante dans l'appréciation des copies. L'usage de la calculatrice est autorisé.*

CODE : SCE3SC

## Construction d'un refuge de montagne aux normes « Haute Qualité Environnementale »

D'après : <http://www.nouveaufugedugouter.fr/>

### Contexte, présentation du projet

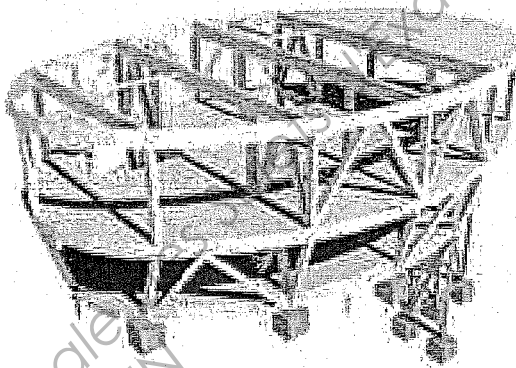


(source : [www.ffcam.fr](http://www.ffcam.fr))

"Le Développement Durable au sommet" : tel est le slogan mis en avant pour la construction du nouveau refuge de l'aiguille du Goûter (à 3835 m d'altitude), sur la principale voie d'accès au sommet du Mont Blanc.

Ce refuge, d'une capacité de 120 places, doit être livré en juin 2012. Il respectera les normes HQE ("Haute Qualité Environnementale").

Une plate-forme métallique, support du refuge, sera ancrée sur l'arête rocheuse. La structure sera en bois local.



L'enveloppe extérieure sera composée de pièces en acier inoxydable brossé, de faible émissivité.

L'isolation des façades, plancher et toiture sera réalisée en panneaux de laine de bois. Cette isolation contribuera à l'inertie thermique du bâtiment

Le mode constructif est basé sur des modules préfabriqués. Dimensionnés pour le transport par hélicoptère, ils auront une masse maximum de 550 kg. Pour limiter les vols stationnaires, ils seront entreposés sur une aire de dépose, puis levés au moyen de "chèvres" (appareils rustiques de manutention). Ceci permettra une économie de 30% des rotations d'hélicoptère.

**Rappel : certaines formules et données numériques sont indiquées en annexe.**

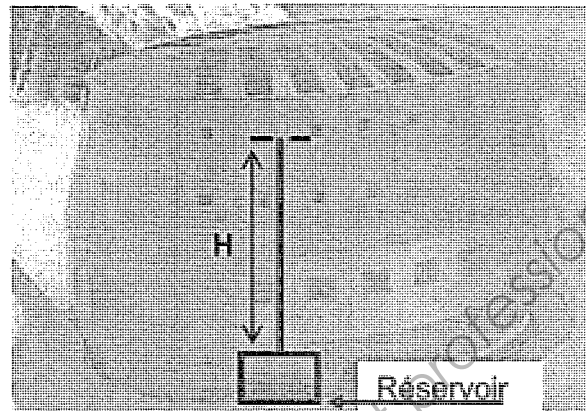
On prendra pour l'accélération de la pesanteur  $g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$  et pour la masse volumique de l'eau  $\rho_e = 1,00.10^3 \text{ kg.m}^{-3}$

## I. Etude de l'alimentation en eau.

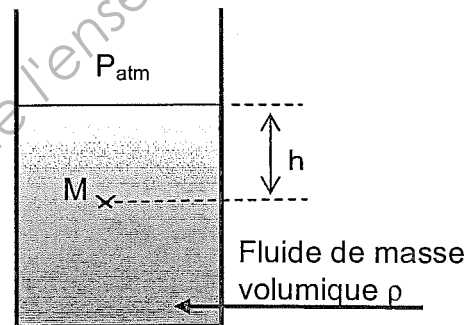
### I.1) Pompage de l'eau.

L'eau sanitaire est stockée dans 6 réservoirs situés sous le fondoir ; elle est ensuite acheminée jusqu'au niveau 3, situé à une hauteur  $H = 13,3$  m au-dessus des réservoirs, par une pompe électrique.

On note  $P_{atm}$  la pression atmosphérique à l'altitude du refuge. Pour les applications numériques, sa valeur, supposée constante en tout point du refuge, sera prise égale à 63,0 kPa.



I.1.1) Rappeler la loi fondamentale de l'hydrostatique donnant la pression  $P_{(M)}$  en un point M situé à une profondeur  $h$  d'un fluide de masse volumique  $\rho$ .



I.1.2) Calculer la pression minimale  $P_{pompe}$  en sortie de pompe, sachant que la pression de service  $P_s$  délivrée au niveau 3 doit être supérieure de 70,0 kPa à la pression atmosphérique.

Pour la suite de l'étude, on utilisera les pressions relatives à la pression atmosphérique. La pression relative en un point M,  $p_{(M)}$ , est égale à la différence entre la pression absolue  $P_{(M)}$  et la pression atmosphérique en ce point :

$$p_{(M)} = P_{(M)} - P_{atm}$$

### I.2) Énergie consommée par la pompe.

I.2.1) La pression relative à la sortie de la pompe vaut  $p_{pompe} = 2,00 \cdot 10^5$  Pa. Calculer la hauteur  $H_{max}$  à laquelle cette pompe serait théoriquement capable d'élever l'eau.

I.2.2) En vous aidant des données et du formulaire en annexe, exprimer puis calculer la variation d'énergie potentielle  $\Delta E_p$  d'un volume  $V$  de 3000 L d'eau élevé depuis le réservoir jusqu'à la hauteur  $H = 13,3$  m.

- I.2.3) Calculer l'énergie consommée par une pompe de rendement  $\eta = 32\%$  pour transférer le contenu d'un réservoir de volume  $V = 3000 \text{ L}$  dans les conditions de la question I.2.2). Exprimer cette énergie en kWh.

I.3) Mesure du niveau d'eau dans les réservoirs (voir annexe 2).

La mesure du niveau d'eau dans le réservoir est effectuée par un ensemble {émetteur, récepteur} d'ondes ultrasonores situés au sommet du réservoir. L'émetteur produit des salves d'ondes sinusoïdales de fréquence  $F_0$  égale à 40 kHz. Chaque salve a une durée  $\tau$ , les salves sont émises avec une période  $T$  (toutes les  $T$  secondes, une salve d'onde ultrasonore de durée  $\tau$  est émise).

L'onde ultrasonore (onde US) est partiellement réfléchiée lors d'un changement de milieu de propagation comme, par exemple, le passage de l'air dans l'eau. Le récepteur ultrasonore reçoit les ondes réfléchies et les convertit en signaux électriques qui sont ensuite traités pour afficher le niveau d'eau dans le réservoir.

L'émetteur est suffisamment directionnel pour éviter des échos des ondes sur la paroi latérale du réservoir, mais le récepteur reçoit néanmoins deux signaux réfléchis, le second ayant une amplitude beaucoup plus faible que le premier.

Les signaux ultrasonores émis et reçus sont représentés à l'annexe 2 sans souci d'échelle. L'amplitude des ondes ultrasonores représente la pression acoustique des ondes émises et réfléchies.

Une salve émise à l'instant  $t = 0$  produit deux échos reçus aux instants  $t_1$  et  $t_2$  par le récepteur. **Seul le premier, dû à la réflexion sur la surface de l'eau contenue dans le réservoir, est pris en compte pour déterminer la hauteur d'eau.**

On note  $L_R$  la hauteur du réservoir,  $h_e$  la hauteur d'eau qu'il contient et  $c_a$  la célérité du son dans l'air.

**Hauteur totale du réservoir :  $L_R = 3,00\text{m}$ .**

L'étude est effectuée pour une salve émise en  $t = 0$ , le premier écho est reçu à l'instant  $t = t_1$ .

I.3.1) Exprimer la durée  $t_1$  en fonction de  $L_R$ ,  $h_e$  et  $c_a$ .

I.3.2) Pour une célérité  $c_a = 336 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ , déterminer numériquement la durée  $t_1$  si la hauteur d'eau  $h_e$  vaut 2,00 m.

I.3.3) On souhaite pouvoir mesurer des hauteurs d'eau comprises entre 30 cm et 2,70 m avec une célérité des ondes ultrasonores de  $336 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ .

- La durée  $t_1$  doit au moins être égale à  $2\tau$ . Par une étude qualitative, préciser quelle est la hauteur d'eau limite, 30 cm ou 2,70 m, qui fixe la valeur maximale de  $\tau$ . Calculer alors cette valeur maximale.
- La durée entre deux salves,  $T$ , est fixée à une valeur supérieure ou égale à  $2t_1$ . Par un raisonnement semblable à celui de la question précédente, déterminer numériquement la valeur minimale de  $T$ .

I.3.4) En fait, la célérité du son dans l'air dépend de la température. Le dispositif de mesure de la hauteur d'eau intègre un capteur de température et une correction automatique de la mesure en fonction de la température du milieu de propagation.

Le tableau ci-dessous donne la valeur de la célérité du son dans l'air pour quelques températures comprises entre 273 K et 293 K.

Température (K)	273	277	281	285	289	293
Célérité (m/s)	331	333	336	338	340	343

L'isolation du refuge garantit une température de l'eau et de l'air du réservoir comprise entre 4°C en hiver et 12°C en été.

Pour une hauteur d'eau  $h'_e$ , différente de  $h_e$ , on mesure une durée  $t_1$  égale à 8,93 ms dans des conditions où la température de l'air du réservoir  $\theta$  vaut 4,0°C. Quelle serait l'erreur relative commise sur la hauteur d'eau en l'absence de correction (on rappelle que la célérité en l'absence de correction vaut  $336 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$ ) ? Aurait-on pu pour ce refuge installer un dispositif n'effectuant pas de correction ?

## II. Inertie thermique du bâtiment

Pour étudier les échanges thermiques avec l'extérieur, on suppose que le bâtiment est constitué :

- d'une enveloppe comprenant le plancher, les murs extérieurs et la toiture, de surface développée  $S_e$  de  $1100 \text{ m}^2$  et de conductance thermique surfacique  $k_e = 0,160 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$  ;
- d'ouvertures de surface globale  $S_o$  égale à 4% de la surface de l'enveloppe et de conductance thermique surfacique  $k_o = 0,900 \text{ W}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{K}^{-1}$  ;

Les pertes thermiques sont calculées à partir des valeurs des conductances thermiques surfaciques qui prennent en compte la nature du matériau et son épaisseur.

II.1) Calculer la conductance thermique globale  $\sigma_{\text{bât}}$  du bâtiment.

II.2) Calculer le flux thermique  $\Phi$  (en watt) traversant le bâtiment lorsque les températures intérieure et extérieure sont respectivement stabilisées à

$$\theta_{\text{int}} = 15,0^\circ\text{C} \text{ et } \theta_{\text{ext}} = -20,0^\circ\text{C}.$$

II.3) Le refuge est isolé par  $317 \text{ m}^3$  de laine de bois de masse volumique  $\rho_b = 55,0 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$  et de capacité thermique massique  $c_b = 2100 \text{ J}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$ .

II.3.1) Calculer la capacité thermique  $C$  de la totalité de l'isolant.

On suppose que pendant la nuit, la puissance thermique moyenne à travers les parois vaut 7,00 kW et qu'elle est fournie par l'isolant thermique au milieu extérieur.

II.3.2) Calculer l'énergie  $Q_1$  perdue à travers les parois du refuge pendant une nuit de 12h.

II.3.3) En déduire la variation de température de l'isolant au cours de la nuit.

### III. Chimie : impact environnemental des héliportages

Les hélicoptères utilisés consomment du "Jet A1", carburant constitué d'un mélange d'alcane comportant environ 8 à 20 atomes de carbone. On suppose pour cette étude que le carburant utilisé est essentiellement de l'octane de formule brute,  $C_8H_{18}$ .

Données. Masses molaires atomiques :

Hydrogène :  $1,0 \text{ g.mol}^{-1}$

Carbone :  $12,0 \text{ g.mol}^{-1}$

Oxygène :  $16,0 \text{ g.mol}^{-1}$

- III.1) Écrire et équilibrer l'équation de réaction de combustion complète de l'octane dans le dioxygène de l'air.
- III.2) On estime que pour hélicopter le matériel et les matériaux nécessaires à la construction du refuge, on consommera une masse  $m_1$  de 18,0 tonnes d'équivalent octane.
- III.2.1) Calculer la masse molaire de l'octane.
- III.2.2) En déduire la quantité de matière correspondant à la masse  $m_1$  d'octane.
- III.3) Calculer la quantité de matière, puis la masse  $m_2$  de dioxyde de carbone produit lors de la combustion..
- III.4) La production de gaz à effet de serre (GES) est souvent exprimée en "kg d'équivalent carbone". Pour le dioxyde de carbone - qui n'est pas le seul gaz à effet de serre - l'équivalent carbone correspond à la masse d'élément carbone contenue dans la quantité de gaz libéré. Calculer cette masse, que l'on nommera  $m_3$ .
- III.5) Comparer le bilan de carbone de la construction du refuge de surface habitable d'environ  $400 \text{ m}^2$  à celui de la construction d'une maison individuelle utilisant des matériaux tels que le ciment, le béton et le bois pour la charpente.
- Données : l'équivalent  $CO_2$  de la construction d'une habitation individuelle de  $150 \text{ m}^2$  est de  $31,1.10^3 \text{ kg}$

## Annexes

### Annexe 1. Données et Formulaire

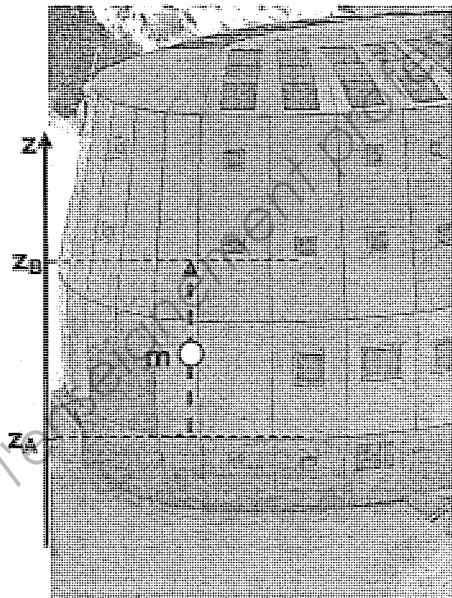
#### Energie potentielle

La variation d'énergie potentielle de pesanteur,  $\Delta E_p$ , d'un système de masse  $m$  passant d'une altitude  $z_A$  à une altitude  $z_B$  est donnée par la relation :

$$\Delta E_p = m.g.(z_B - z_A)$$

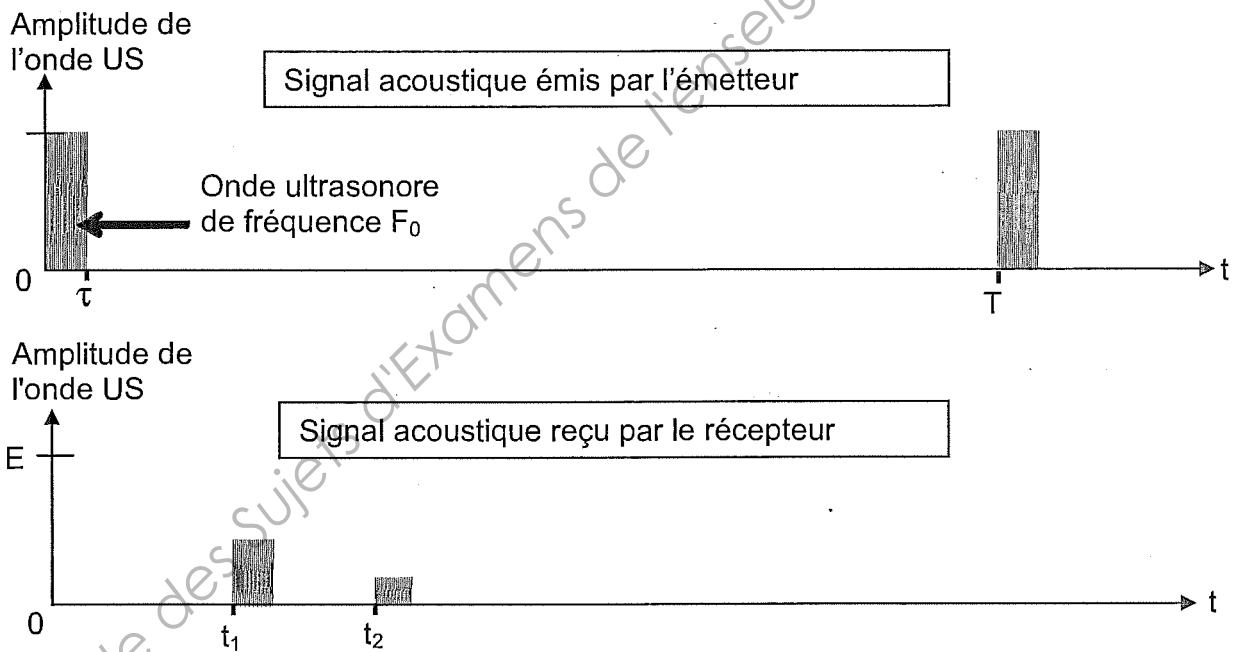
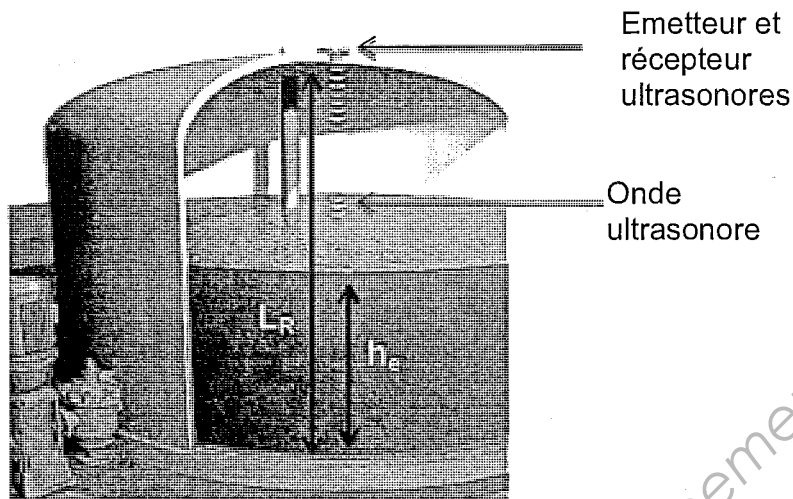
$g$  : accélération de la pesanteur,

Les altitudes  $z_A$  et  $z_B$  sont exprimées en m.





**Annexe 2. Mesure de la hauteur du niveau d'eau dans le réservoir**



Base Nationale des Sujets d'Examens de l'enseignement professionnel  
Réseau SCEREN