

BTS ÉTUDES ET ÉCONOMIE DE LA CONSTRUCTION

SCIENCES PHYSIQUES

SESSION 2020

—————
Durée : 2 heures
Coefficient : 2
—————

DOCUMENTS ET MATÉRIELS AUTORISÉS

L'usage de la calculatrice avec mode examen actif est autorisé.
L'usage de la calculatrice sans mémoire, « type collègue » est autorisé.

Tout autre matériel est interdit.
Aucun document autorisé.

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.

La page 8/8 est un document-réponse à rendre avec la copie.

Vers une tiny-house autonome

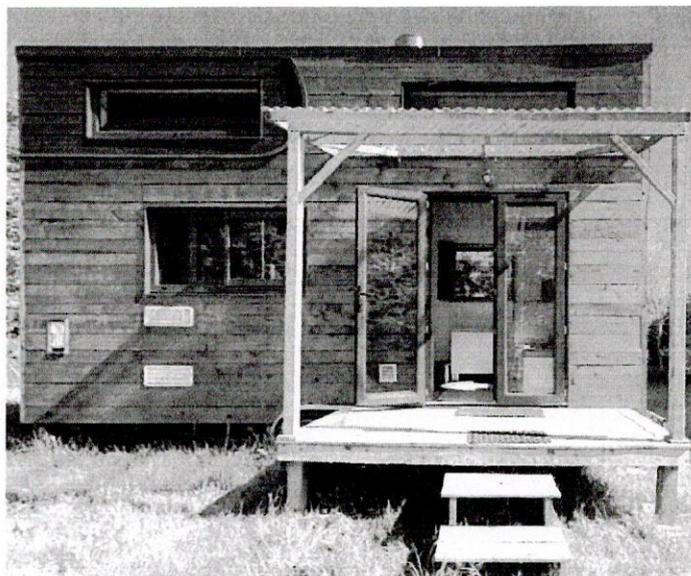
Qu'est-ce qu'une tiny-house ?

Une tiny house est une petite maison qui roule. **En anglais, "tiny" signifie minuscule, et "house" maison.** Le « Tiny House Movement » a émergé aux USA au début des années 2000, prônant simplicité de vie et sobriété volontaire. Habitables toute l'année, nos Tiny-Houses sont conçues comme les maisons à ossature bois et construites avec les mêmes exigences de confort : isolation, étanchéité à l'air, électricité, eau chaude, chauffage, ventilation mécanique, avec l'éthique en plus ! Le défi consiste à optimiser l'espace.

D'après le site <http://latinyhouse.com/>

Une tiny-house autonome

L'objectif de nombreux propriétaires de tiny-house est d'acquérir des constructions conçues pour être le plus écologique possible, voire autonome, en utilisant un poêle à bois, en installant notamment des panneaux photovoltaïques, en récupérant l'eau de pluie...



<https://tiny-house-bretagne.fr/tinyhouse-autonome/>

Le sujet comporte trois parties indépendantes.

Partie A : Évaluation du coût du chauffage de la tiny-house (7,5 points)

Partie B : Vers l'autonomie en eau (6 points)

Partie C : Éclairage du plan de cuisine (6,5 points)

Les parties peuvent être traitées dans l'ordre de votre choix. Le nombre de chiffres significatifs des résultats doit être cohérent avec celui des données. Une attention particulière sera apportée aux unités.

A. Évaluation du coût du chauffage de la tiny-house (7,5 points)

Le propriétaire a fait le choix d'installer un poêle à granulés pour l'autonomie du chauffage en hiver.

On cherche à déterminer le coût du chauffage sur cette période hivernale.

Données :

Les dimensions de la tiny-house étudiée sont :

Longueur $L = 6,70$ m

Largeur $l = 2,50$ m

Hauteur $h = 4,07$ m

De l'intérieur vers l'extérieur, les murs sont constitués des matériaux suivants :

Matériaux	Épaisseur e (en mm)	Conductivité thermique λ (en $\text{W}\cdot\text{m}^{-1}\cdot\text{K}^{-1}$)
Parement peuplier	10 mm	0,12
Isolant métisse (coton recyclé)	50 mm	0,039
Laine de bois compressé	22 mm	0,036
Lame d'air ventilé	22 mm	0,025
Bardage Red Cedar	15 mm	0,15

Les résistances thermiques superficielles intérieure et extérieure des murs ont pour valeur :

$$r_{SI} = 0,13 \text{ m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$$

et

$$r_{SE} = 0,05 \text{ m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}.$$

Les murs comportent :

- une porte vitrée (2 150 mm x 1 800 mm) ;
- trois fenêtres rectangulaires (1 150 mm x 600 mm) ;
- 1,8 m² d'autres surfaces vitrées.

On note S_{mur} la surface totale des murs hors ouvertures.

En période hivernale, la température intérieure souhaitée est $\theta_i = 20,0$ °C et la température extérieure moyenne est $\theta_e = 5,0$ °C.

Masse volumique de l'air : $\rho_{air} = 1,3$ kg·m⁻³.

Capacité thermique massique de l'air : $c_{air} = 1,0 \times 10^3$ J·kg⁻¹·K⁻¹.

Pouvoir calorifique des granulés de bois : $PC = 4,9$ kWh·kg⁻¹.

Prix d'un sac de granulés de bois de 15 kg : 5 €.

1 Wh = 3600 J

Rendement énergétique du poêle : 77 %.

A.1. Étude thermique des murs de la tiny-house

A.1.1. Calculer la résistance thermique surfacique des murs notée r_{mur} .

A.1.2. Donner l'expression littérale du flux surfacique à travers les murs noté φ_{mur} .

Vérifier que $\varphi_{mur} = 4,8$ W·m⁻²

A.1.3. Donner l'expression littérale du flux thermique du mur noté Φ_{mur} à travers les murs. Calculer sa valeur.

A.2. Évaluation du coût du chauffage durant la période hivernale

A.2.1. Sachant que les flux thermiques en période hivernale, à travers toutes les ouvertures, à travers le toit et à travers le sol sont respectivement :

$$\Phi_{\text{ouvertures}} = 71 \text{ W} ;$$

$$\Phi_{\text{toit}} = 38 \text{ W} ;$$

$$\Phi_{\text{sol}} = 63 \text{ W}.$$

Montrer que la valeur du flux thermique totale à travers l'ensemble des parois de la tiny-house est de $4,9 \times 10^2 \text{ W}$.

A.2.2. Calculer en kilowattheure l'énergie E_1 nécessaire en une journée afin de compenser les pertes à travers les différentes surfaces de la tiny-house.

Pour éviter les problèmes d'humidité, une bonne aération est indispensable. On suppose que la totalité de l'air dans la tiny-house est renouvelée chaque heure, grâce à une VMC double flux spécifiquement conçue pour les habitats de petits volumes.

L'air sortant à une température de $20,0 \text{ °C}$ est remplacé par de l'air entrant à $11,0 \text{ °C}$.

A.2.3. Montrer que la masse d'air renouvelée en une journée est de l'ordre de $2,1 \times 10^3 \text{ kg}$.

A.2.4. En déduire l'énergie totale E_2 nécessaire en une journée pour compenser les pertes dues à l'aération en J et en Wh.

A.2.5. Montrer que l'énergie totale E_3 nécessaire pour maintenir la température intérieure $20,0 \text{ °C}$ est de 17 kWh .

A.2.6. Évaluer le coût d'achat des granulés de bois pour la période hivernale qui dure approximativement 6 mois dans cette région.

Toute démarche ou initiative (même non aboutie) sera valorisée.

B. Vers l'autonomie en eau (6 points)

Une cuve en polyéthylène Haute Densité (PEhd) de capacité $V = 400 \text{ L}$ a été installée en vue de stocker et récupérer éventuellement de l'eau de pluie.

Données : Masses molaires atomiques

$$M(\text{C}) = 12,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

$$M(\text{H}) = 1,0 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$$

B.1. La cuve en PEhd

Le polyéthylène haute densité est un polymère ayant pour formule : $\text{-(CH}_2\text{-CH}_2\text{)}_n\text{-}$

B.1.1. Rappeler le nom et la définition de « n ».

B.1.2. Donner le nom et la formule semi-développée du monomère correspondant au PEhd.

B.1.3. Calculer n sachant que la masse molaire du PEhd est de l'ordre de $500 \text{ kg}\cdot\text{mol}^{-1}$.

B.1.4. Écrire l'équation de la polymérisation.

B.1.5. Déterminer la masse de monomère nécessaire pour fabriquer la cuve de masse $m_{\text{cuve}} = 35 \text{ kg}$.

B.2. pH des eaux pluviales

B.2.1. Décrire comment le propriétaire peut mesurer rapidement le pH de l'eau recueillie.

B.2.2. Le pH ainsi mesuré est de l'ordre de 5.
Donner un qualificatif pour cette eau.

B.2.3. Calculer la concentration en ions oxonium de l'eau recueillie puis, montrer que la quantité exprimée en mol d'ions oxonium présents dans la cuve supposée remplie au tiers est de $1,33 \times 10^{-3} \text{ mol}$.

B.2.4. Ayant recueilli peu d'eau de pluie (environ $1/3$ de la cuve), le propriétaire décide de la compléter avec de l'eau du réseau. La cuve est alors entièrement remplie.
Montrer que l'eau de la cuve ne respecte pas la norme d'acidité d'une eau potable, sachant que l'eau du réseau a un pH de 6,7 et que les références de qualité indiquent que le pH_{eau} de l'eau potable doit être tel que : $6,5 \leq \text{pH}_{\text{eau}} \leq 9$.

Toute démarche ou initiative (même non aboutie) sera valorisée.

C. Éclairage du plan de cuisine (6,5 points)

Le propriétaire doit installer deux spots identiques pour l'éclairage du plan de cuisine de la tiny-house.

Cet éclairage doit permettre d'une part, d'obtenir l'éclairement spécifique recommandé de 300 à 500 lux au niveau du plan de travail, d'autre part, d'obtenir un éclairement le plus uniforme possible du plan.

Document 1 : Caractéristiques techniques du spot

Caractéristiques techniques

A : 7 W

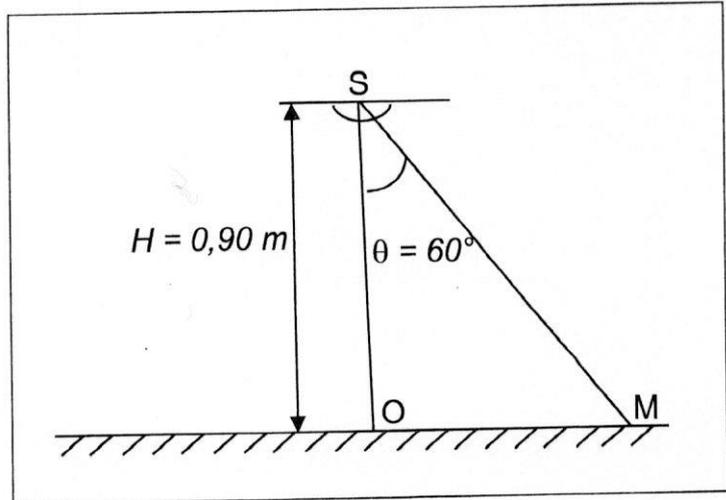
B : 640 lm

Classe énergétique : A⁺

Angle : 120°
(demi-angle au sommet : $\theta = 60^\circ$)

Durée de vie : 30 000 h

Document 2 : Cône d'éclairage du spot



Données :

- Le spot est considéré comme une source lumineuse isotrope.
- L'angle solide Ω du faisceau lumineux émis s'exprime par : $\Omega = 2\pi (1 - \cos\theta)$, où θ est le demi-angle au sommet du cône éclairé par le spot.
- Loi de Bouguer reliant l'éclairement E (en lux) en un point M , à l'intensité lumineuse I (en candela) d'une source placée en S (la distance SM est exprimée en mètre) :

$$E = \frac{I \cdot \cos\theta}{SM^2}$$

C.1. Caractéristique d'un spot utilisé

C.1.1. Donner les noms des deux caractéristiques techniques A et B mentionnées sur le **document 1**.

C.1.2. Rappeler la définition d'une source isotrope.
Exprimer littéralement puis calculer l'intensité lumineuse I .

C.1.3. Calculer l'éclairement E_O au point O à la verticale du spot.

C.1.4. Calculer l'éclairement E_M au point M.

C.1.5. Justifier la nécessité d'ajouter un spot au-dessus du plan de travail.

C.2. Position du second spot

Sur le **document-réponse à rendre avec la copie**, sont tracées les courbes qui représentent la variation de l'éclairement de chaque spot en fonction de la position horizontale du luxmètre. On a également représenté le plan de travail à l'échelle.

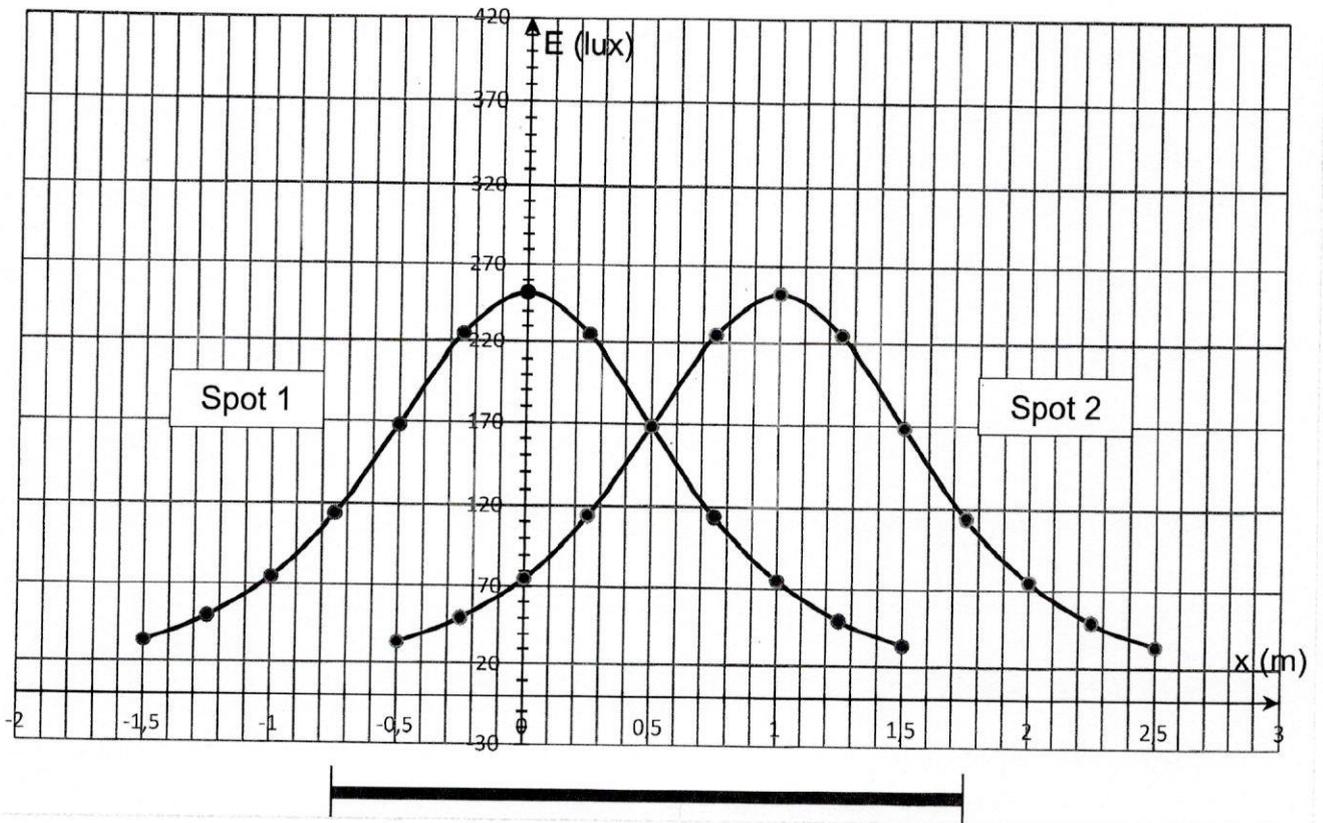
C.2.1. **D'après le document-réponse à rendre avec la copie**, trouver la distance entre les deux spots. Expliquer votre raisonnement.

C.2.2. **Représenter sur le même document-réponse à rendre avec la copie**, l'éclairement résultant de l'ensemble de ces deux spots sur la longueur du plan de travail.

C.2.3. Justifier que les exigences d'éclairage ne sont pas respectées.
Proposer une solution technique répondant aux recommandations d'éclairage.

Partie C : Éclairage du plan de cuisine

C.2. Position du second spot



Plan de travail