

AF

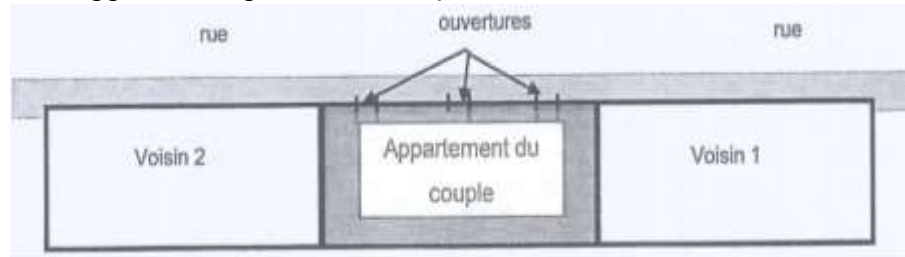
Un couple a acheté un appartement au deuxième étage d'une résidence.

Ces jeunes gens sensibles à leur qualité de vie ont décidé de rénover leur habitation.

Le choix de matériaux, tant pour l'isolation, les peintures, que l'éclairage, tentera de répondre à des critères respectueux de l'environnement dans la mesure où leur budget le leur permettra.

Afin de réduire les frais liés à la rénovation, le couple décide d'entreprendre lui-même la plupart des travaux.

L'appartement possède une façade donnant sur la rue.



Données :

Hauteur de chaque pièce sous plafond : $h = 2,50 \text{ m}$

Longueur des murs intérieurs à isoler en façade : $L_m = 10,0 \text{ m}$

Trois ouvertures en façade aux dimensions, pour chacune : $\ell_v = 125 \text{ cm}$ et $h_v = 120 \text{ cm}$

Conductivité thermique du placoplatre : $\lambda_{\text{placo}} = 0,33 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$

Écart entre les deux températures de chaque côté de la surface considérée : $\Delta\theta$

Résistance thermique surfacique d'une paroi : r

Flux thermique surfacique : φ

$$\varphi = \frac{\Delta\theta}{r}$$

Thermique

Isolation thermique

1) Parmi les trois modes de transfert de chaleur, préciser celui qui a la plus grande importance à travers le mur.

2) Calculer la surface S_v des ouvertures donnant sur la rue, puis en déduire S_m la surface des murs à isoler en façade.

La résidence possède un mauvais rendement énergétique puisque les murs donnant sur la rue ont une résistance thermique surfacique $r_{\text{mur}} = 2,2 \text{ m}^2.\text{K.W}^{-1}$.

Le couple souhaite réaliser une isolation répondant à la norme RT2020 (<http://www.toutsurlisolation.com>)

Parois opaques	résistance thermique surfacique r ($\text{m}^2.\text{K.W}^{-1}$)
Isolation combles	$r \geq 10$
Isolation murs	$r \geq 5$
Isolation sols	$r \geq 5$

3) Préciser la valeur r_{min} de la résistance thermique surfacique minimale à atteindre pour les murs des pièces en façade sur la rue.

En déduire la valeur r' de la résistance thermique surfacique à ajouter pour la rénovation de l'appartement.

La copropriété de la résidence ne souhaitant pas isoler la façade de l'immeuble par l'extérieur, le couple n'a d'autre choix que d'isoler l'appartement par l'intérieur.

• Pour cela, il a sélectionné quatre types d'isolants. (<http://www.leroymerlin.fr/>)



Panneau roulé en laine
de verre
GR 32 - Kraft ISOVER



Doublage en polystyrène
expansé
TH 38 - SINIAT



Doublage en polyuréthane
Thane 22
Axton



Doublage en laine de
roche
Labelrock ROCKWOOL

Isolant	épaisseur (placo+isolant) e (mm)	Conductivité thermique λ ($\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$)	résistance thermique surfactive r ($\text{m}^2.\text{K.W}^{-1}$)	Dimensions (m)	Masse (kg)	COV	prix/ m^2 (€)
Panneau roulé en laine de verre	0 + 75	0,032	2,35	$8,1 \times 1,2$		xxx	7,72
Doublage en polystyrène	10 + 100	0,038	2,65	$2,5 \times 1,2$	24,99	A ⁺	10,95
Doublage en polyuréthane	10 + 80	0,022	3,7	$2,5 \times 1,2$	33,15	A ⁺	28,2
Doublage en laine de roche	10 + 90	0,035	2,4	$2,5 \times 1,2$	38,2	A	15,47

(COV : classe d'émission des composés organiques volatils)

4) Parmi les quatre matériaux sélectionnés, préciser celui qui permet de répondre à la norme RT2020 ?

Le couple souhaite se rendre compte des déperditions thermiques entraînées par chaque type d'isolant sur une année de chauffage.

Il confie les calculs à un ami professeur de sciences physiques, qui estime en moyenne 170 jours de chauffage par an, avec un écart moyen de température entre l'intérieur et l'extérieur de l'appartement de 18°C ?

• Déperditions thermiques avec différents isolants.

	résistance thermique surfactive r_{totale} ($\text{m}^2.\text{K.W}^{-1}$)	flux thermique surfactive φ (W.m^{-2})	Déperditions thermiques Φ (W)
Panneau roulé en laine de verre	4,6	3,9	80
Doublage en polystyrène	4,9	3,7	76
Doublage en polyuréthane	5,9		
Doublage en laine de roche	4,6	3,9	80

Donnée :

Valeur de surface de mur intérieur à isoler : $S = 20,5 \text{ m}^2$

5) Déterminer les valeurs du flux thermique surfacique et des déperditions thermiques totales qui manquent dans le tableau précédent.

Photométrie

Choix de l'éclairage

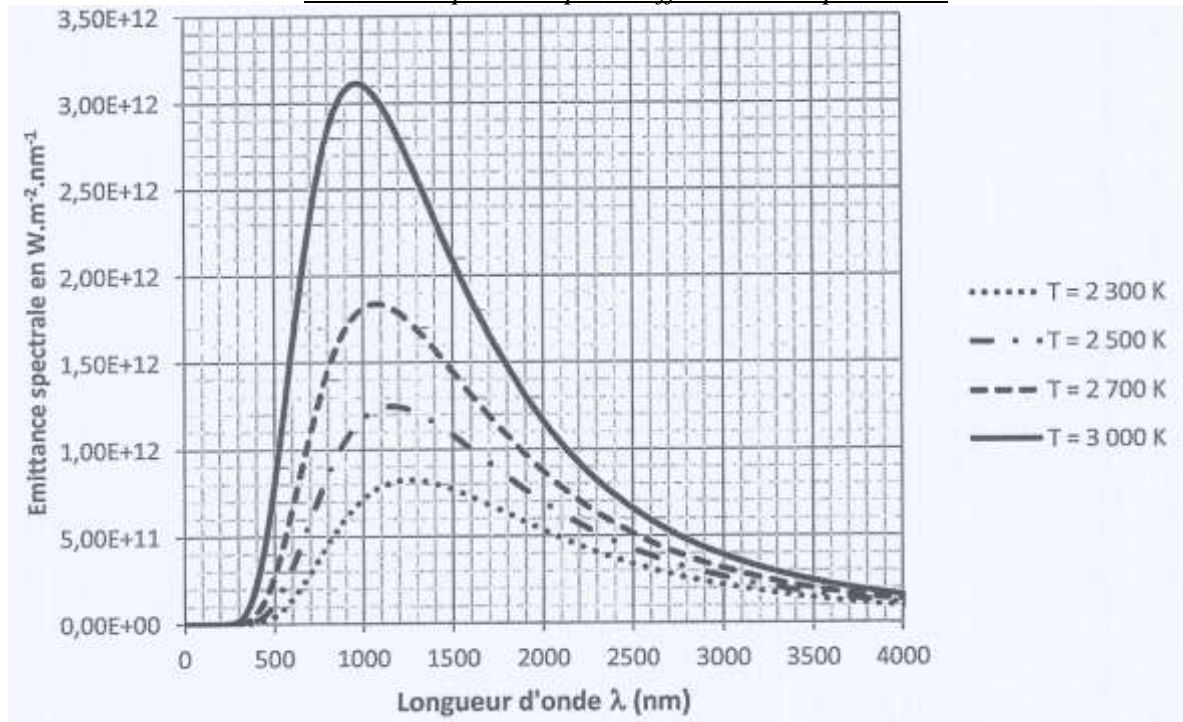
Dans une des pièces de l'appartement, des ampoules halogènes, de forme spot, de puissance 50 W et émettant un flux lumineux Φ de 350 lm, assurent l'éclairage.



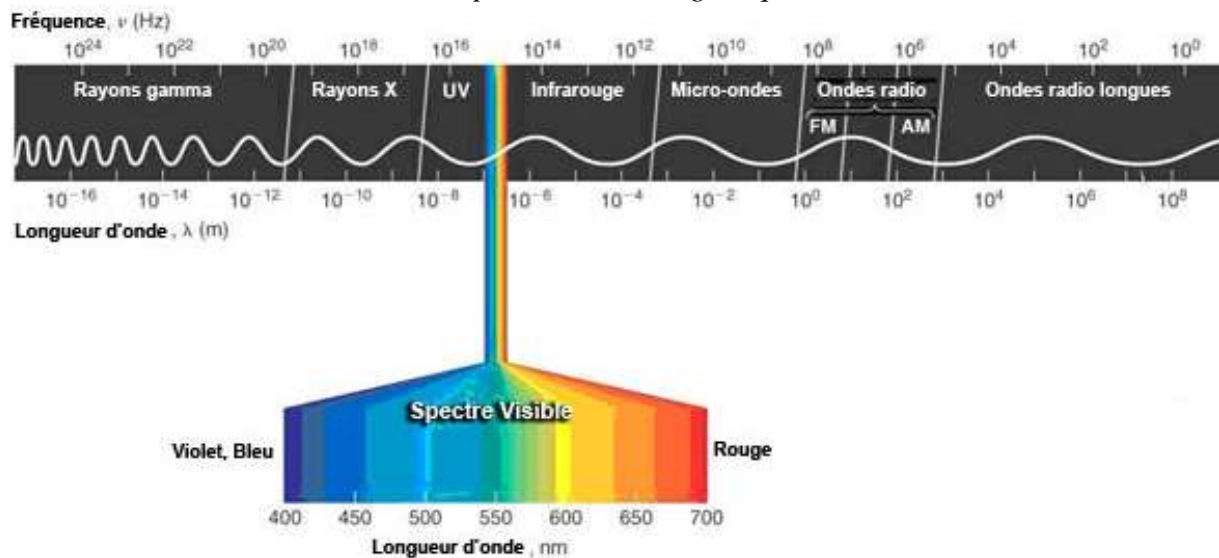
Quand il éclaire, le filament du spot halogène est porté à une température $T = 2700 \text{ K}$.

Il est assimilé à un *corps noir*.

• Émittance spectrale pour différentes températures



• Spectre électromagnétique



- 1) a- Déterminer graphiquement, la longueur d'onde λ_m du maximum d'émission.
- b- Dans quel domaine du spectre électromagnétique se fait principalement le rayonnement ?
- c- Conclure sur l'efficacité lumineuse d'un tel spot.

Lampes à LED

Les ampoules et spots halogènes étant interdits à la vente depuis 2016, le couple envisage de remplacer ces spots par des lampes à LED de plus grande efficacité lumineuse.



• Température de couleur

(Température à laquelle il faut porter un corps noir pour que sa lumière émise soit la plus proche de celle de la source)

Blanc chaud (2700 K)	Pour créer une atmosphère douce, accueillante et relaxante. Choisir un luminaire ou une ampoule d'une température de couleur de 2700 K.
Torche (2200 K)	Pour accentuer l'effet de lumière chaleureux, optez pour la température de couleur d'une flamme de 2200 K. Elle produit une lumière douce idéale pour les chambres.
Blanche (3000 K)	Si vous souhaitez créer une ambiance plus formelle et fonctionnelle, par exemple dans votre bureau, une couleur blanche de 3000 K devrait répondre à vos besoins.

• Comparaison de quelques spots à LED

Caractéristiques lumineuses	SPOT A	SPOT B	SPOT C
Angle du faisceau (degrés)	36	36	36
Couleur	Blanc chaud	Blanche	Blanc chaud
Effet lumineux/finition	Blanc chaud	Blanche	Blanc chaud
Homogénéité des couleurs	6 SDCM	6 SDCM	6 SDCM
Indice de rendu des couleurs (IRC)	80	80	80
Intensité nominale du faisceau central (cd)	500	700	700
Puissance lumineuse (lm)	240	345	345
Temps d'allumage (s)	< 0,5	< 0,5	< 0,5
Temps de chauffe à 60%	Lumière totale instantanée	Lumière totale instantanée	Lumière totale instantanée
Température de couleur (K)	2700	3000	2700

(Source : site du fabricant Philips)

Données :

Flux lumineux : Φ

Intensité lumineuse pour une source dont I est indépendante de la direction : I

Angle solide dans lequel le spot émet : Ω

Demi-angle du faisceau émis : α

$$I = \frac{\Phi}{\Omega} \quad \Omega = 2\pi \cdot (1 - \cos \alpha)$$

2) a- En utilisant les documents précédents, déterminer parmi les modèles de spots A, B et C, celui que le couple choisira pour obtenir un éclairage similaire à ce qu'il avait avec des spots halogènes, c'est-à-dire même flux lumineux émis et même sensation de couleur.

Justifier.

L'efficacité lumineuse du spot à LED équivalent au spot halogène vaut $k = 61 \text{ lm} \cdot \text{W}^{-1}$.

b- Calculer la puissance électrique P consommée par ce spot.

Comparer avec la puissance électrique consommée par le spot halogène.

L'interdiction prévue des spots halogènes vous semble-t-elle logique ?

c- Calculer l'angle solide dans lequel ce spot émet.

On fait l'hypothèse que ce spot à LED émet uniformément dans toutes les directions du cône d'émission.

d- En déduire la valeur de l'intensité lumineuse I émise par le spot.

Comparer avec les données du document.

L'hypothèse formulée est-elle valide ?

Les spots A, B et C sont des spots dits de mise en valeur.

Il existe également des spots à LED à grand angle qui pourraient constituer un choix intéressant pour le couple.

L'angle du faisceau est en effet un critère de choix important qui dépend de la destination des spots, c'est-à-dire de l'usage qui en sera fait.

e- Répondre par *vrai* ou *faux* aux deux affirmations suivantes :

e₁- Le faisceau émis par un spot à LED dont l'angle de faisceau est 100° est plus directif que le faisceau des spots A, B et C.

e₂- Les spots à LED grand angle permettent de réduire les zones d'ombre.

Le site internet du fabricant des ampoules à LED indique que ses ampoules émettant une lumière blanche utilisent une LED bleue.

3) a-En éclairagisme, comment appelle-t-on les trois couleurs cités dans le document suivant.

• Prix Nobel de physique 2014

Le comité Nobel a attribué, ce mardi 7 octobre, le prix Nobel de physique 2014 à Isamu Akasaki et Hiroshi Amano de l'université de Nagoya au Japon, ainsi qu'à Shuji Nakamura, de l'université de Santa Barbara aux Etats-Unis.

Il récompense leurs travaux sur la diode électroluminescente (ou LED en anglais, pour light-emitting diode) bleue, alors que les LED rouges ou vertes ont été mises au point dans les années 1960.

Fabriquer une diode électroluminescente bleue restait un problème pour les physiciens.

(Source : <http://www.larecherche.fr/> (07-10-2014))

b- Pourquoi, d'après vous, la LED bleue, inventée en 1992, était-elle particulièrement attendue dans le domaine de l'éclairage ?

Chimie organique

Peinture

Pour les chambres, le couple souhaite renouveler les peintures existantes.

Devant la multitude de produits sur le marché, leur critère principal sera une peinture ayant une faible teneur en composés organiques volatils COV.

• Informations sur les COV

Qu'appelle-t-on COV ?

Les COV sont des composés organiques constitués des hydrocarbures et de leurs dérivés chimiques.

Ils sont "volatils" parce qu'ils émettent des vapeurs à température ambiante.

Exemples : butane, propane, éthanol, acétone, solvants dont les peintures ou encore solvants dans les encres.

Le méthane (CH₄) est un COV naturellement présent dans l'air ambiant, c'est pourquoi on le distingue des autres COV dits "non méthaniques" (COVNM).

Effets des COV

- Sur la santé : les composés organiques tels que les aromatiques et les oléfines provoquent des irritations des yeux.

Les aldéhydes irritent les muqueuses.

Certains COV sont cancérigènes (benzène), d'autres toxiques pour la reproduction ou mutagènes ;

- Sur l'environnement : combinés aux oxydes d'azote, sous l'effet des rayonnements du soleil et de la chaleur, ils favorisent la formation d'ozone (O₃) dans les basses couches de l'atmosphère.

Les effets de ce polluant sont très néfastes (difficultés respiratoires, irritations oculaires,...).

Principales sources d'émission

Sous-secteurs sources d'émission en 2009 : Résidentiel 32% - Culture 11% - Construction 9,9% - Autres industries manufacturières 9,9% - Voitures particulières essence catalysées 5,6%.

(Source : <http://www.entreprises.cci-paris-idf.fr/web/environnement/air-energie/reduire-emissions-atmospheriques/definition-cov>)

Comment s'en protéger ?

Un nouvel étiquetage a été créé pour guider les utilisateurs et leur permettre de savoir à quelle quantité de COV ils sont exposés lors du choix d'un produit.

Notation : des produits : de A⁺ pour les moins polluants à C pour les plus polluants.

(Source : <http://www.info-batiment.com/2012/08/07/le-danger-des-cov>)

• Peinture acrylique et peinture glycérophtalique

1- Les peintures contiennent différents composants :

- Liants ou résines

Ils lient entre eux les composants de la peinture et ceux-ci au support sous-jacent.

- Solvants

Ils dissolvent tous les constituants et maintiennent la peinture liquide et facile à appliquer.

- Pigments

Ils donnent à la peinture la teinte désirée.

- Additifs

Ils sont ajoutés pour améliorer la peinture (séchage plus rapide, meilleure conservation...).

2- Les peintures murales ou de plafond sont souvent de deux types : la peinture acrylique et la peinture glycérophtalique.

- Peinture acrylique

Elle se dilue dans l'eau et contient beaucoup moins de substances organiques.

Elle est sans odeur, liquide et fluide.

Elle est généralement facile à appliquer et sèche rapidement.

Le dégagement de COV est faible, voir inexistant.

- Peinture glycérophtalique

Elle se dilue au white spirit (essence de nettoyage).

Elle résiste très bien à l'humidité, sèche plus lentement.

Elle est également plus consistante.

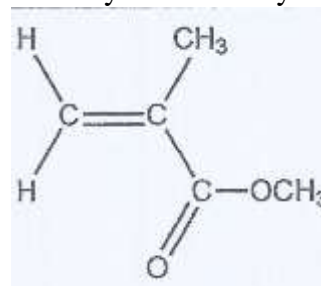
Elle contient des COV, des solvants qui garantissent l'efficacité de la peinture.

1) En vous aidant de ces deux documents, et en justifiant ce choix, le couple préférera-t-il une peinture acrylique ou une peinture glycérophtalique ?

Les peintures acryliques se composent des résines styrènes-acryliques ou des résines acryliques pures. Ces résines sont obtenues par polymérisation, réaction chimique permettant de synthétiser un polymère.

2) Qu'est-ce qu'un polymère ?

Les résines acryliques pures sont formées à partir de l'espèce chimique méthacrylate de méthyle.

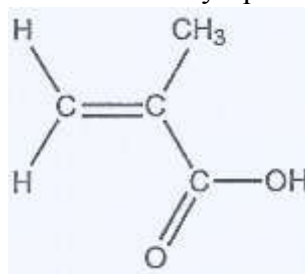


Le méthacrylate de méthyle peut être obtenu en faisant réagir l'acide méthacrylique et le méthanol CH_3OH .

3) Écrire l'équation de la réaction.

Comment se nomme-t-elle ?

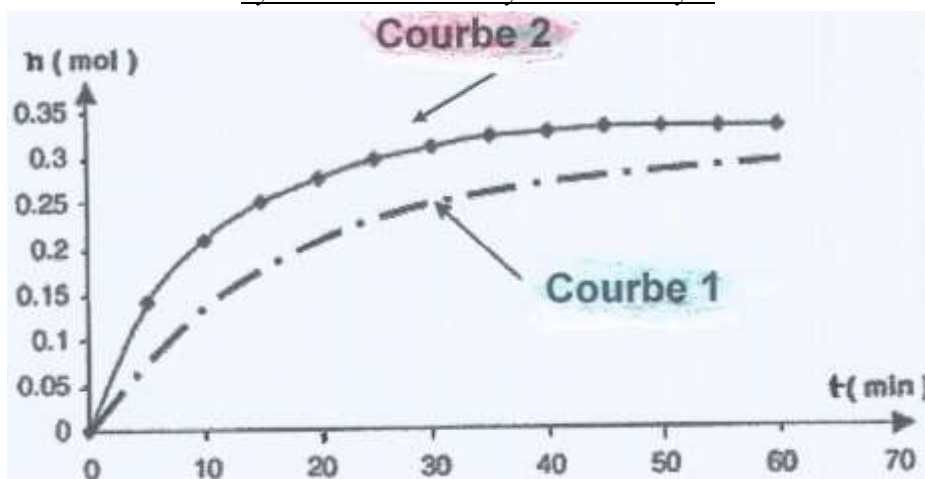
4) Donner deux caractéristiques de cette réaction.



On réalise la réaction entre l'acide méthacrylique et le méthanol en présence ou non d'acide sulfurique. L'acide sulfurique joue le rôle d'un catalyseur.

Dans les deux expériences, on a ajouté les mêmes quantités de réactifs.

• Synthèse du méthacrylate de méthyle



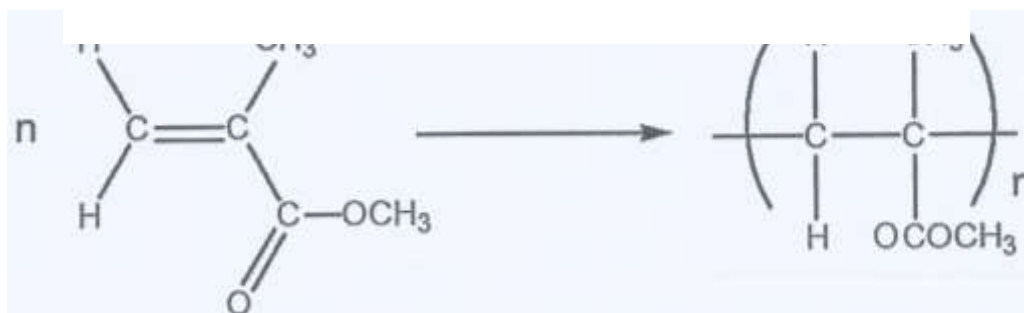
(Quantité n de méthacrylate de méthyle formé au cours du temps)

5) A quelles conditions ?

Justifier votre réponse.

6) Proposer un réactif et un produit quantitatif.

Écrire la réaction chimique.



7) S'agit-il d'une polyaddition ou d'une polymérisation ?

Justifier brièvement.

Solutions aqueuses

Décapant béton et ciment

Dans la salle de bain, le couple veut remplacer la faïence existante par une autre plus moderne. Il est nécessaire d'enlever des taches de mortier et de colle pour rendre le mur propre à la pose de la nouvelle faïence murale.

A cet effet, il utilise un décapant.

- Informations fournies sur le bidon (Site : <http://www.purodor-marosam.com/>)



PurOdor
La vie est belle

MAROSAM
MARBRERIE ET PIERRE PROFESSIONNELLES



BATIMA

DECAPCIM EVO

DECAPANT CIMENT ET CALCAIRE			Concentré	pH 0,5
--	--	--	-----------	--------

► Désincrustant et rénovateur puissant de matériels de travaux publics et métiers du bâtiment.

► Permet l'élimination des agglomérats de ciments, rouille, oxydes métalliques, combinés de matières insolubles, chaux, sulfates, ...

► Particulièrement efficace contre les dépôts, incrustations de calcaires, carbonates.

► Haute teneur en matière active.

► Pouvoir mouillant élevé accélérant l'hydratation et la pénétration rapide des fonctions acides solubilisantes.

► Pouvoir moussant limité permettant un rinçage facile.

► Contient un inhibiteur de corrosion.

LIEUX D'UTILISATION
 Entreprises du bâtiment, services d'entretien, services techniques, ...
 Pour l'entretien, la rénovation des matériels de fabrication du béton, cimenteries, centrales à béton, ateliers de fabrication, bétonnières, toupies, moules, banches de coffrage, échafaudages, ...
 Pour le nettoyage des surfaces anciennes et murs en béton.
 Pour le nettoyage des grilles en acier des égouts, stations des services des eaux.

MODE D'EMPLOI
 S'utilise toujours dilué dans l'eau :
 - Dans le cas de surfaces à forte épaisseur de tartre ou dépôts de ciment : diluer de 20 à 25%,
 - Pour l'élimination de dépôts de faible épaisseur, le nettoyage pour la rénovation de surfaces en béton : diluer de 8 à 10%.
 Après le temps d'action nécessaire, rincer soigneusement et complètement à l'eau claire.

CARACTERISTIQUES TECHNIQUES
 Aspect : liquide fluide ambré.
 pH : 0.5.

CONDITIONS D'EMPLOI
 Consulter les précautions d'emploi sur l'emballage ou la FDS.
 Ne pas appliquer sur le marbre et le comblanchien. Eviter les projections sur les métaux non ferreux.

Nous ne saurions être responsables pour toutes applications du produit autres que celles exprimées dans cette notice.

•Pictogrammes de sécurité



1) Préciser si le décapant est acide ou basique.

Justifier.

2) Pour utiliser le décapant, quel(s) équipements de protection individuelle envisagez-vous ?

Le couple décide de diluer de 25% le décapant comme indiqué dans le mode d'emploi.

3) Proposer un protocole permettant de réaliser cette dilution avec du matériel que l'on peut trouver dans une habitation.

On souhaite maintenant titrer au laboratoire ce décapant.

Il s'agit de préparer 100,0 mL d'une solution du décapant diluée quatre fois.

4) Parmi le matériel de laboratoire proposé, quelle verrerie allez-vous choisir pour réaliser cette dilution ?

Indiquer les volumes utilisés.

(Pipette jaugée - Erlenmeyer - Eprouvette - Fiole jaugée)



5) Justifier la proposition suivante : « La concentration molaire en ion hydronium H_3O^+ du décapant pur est environ égale à $3,0 \cdot 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$ ».

6) Pourquoi dans le mode d'emploi, utilise-t-on l'expression suivante : « Après le temps d'action nécessaire,... » ?

Oxydoréduction

A propos de la tuyauterie et du cuivre

Données

Couple oxydant/réducteur	Potentiel standard E^0 (V)
$\text{Cu}_{aq}^{2+} / \text{Cu}_s$	$E_1^0 = 0,34$
$\text{O}_{2g} / \text{H}_2\text{O}_l$	$E_2^0 = 1,23$

Le couple confie les travaux de plomberie à un artisan.

• *Tuyauterie en cuivre contre tuyauterie en PER (PolyEthylène Réticulé)*

Type de tuyau	Avantages	Inconvénients
Cuivre	Recyclable Solide Esthétique Fiabilité Longévité	Mise en œuvre demandant du matériel et des compétences
PER	Ne s'entarte pas Résiste à la corrosion Cintrage manuel Réduit les nuisances sonores Faible coût	Système de raccord spécifique Courbe de cintrage peu importante Pas de pose apparente

(Source : <http://plomberie.comprendrechoisir.com/comprendre/tuyauterie>)

On constate qu'un avantage du PER sur le cuivre solide, est sa résistance à la corrosion.

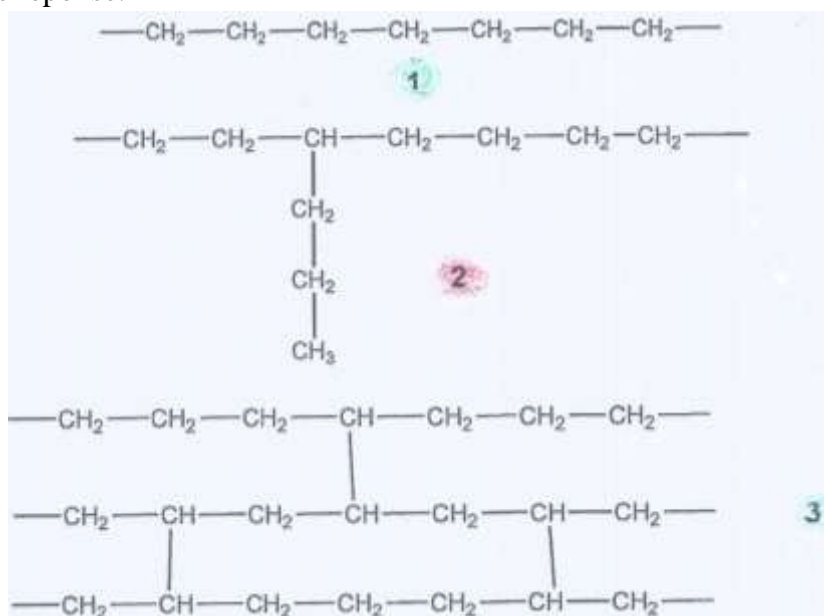
Le plombier a donc proposé au couple un devis à base de PER.

1) Expliquer ce que signifie le terme « corrosion » pour un métal.

En déduire la demi-équation électronique correspondant à la corrosion du métal cuivre.

S'agit-il d'une oxydation ou d'une réduction ?

- 2) Parmi les structures de polypropylène proposées, laquelle correspond au PER ?
Justifier votre réponse.



- 3) Le dioxygène dissous dans l'eau peut-il provoquer la corrosion du cuivre ?
Justifier.

Les tubes en cuivre présentent une très grande longévité.

En coupant un tube, on observe un dépôt superficiel vert sur la face interne du tube.

- 4) Quel peut-être l'intérêt de cette couche ?
Comment se nomme ce phénomène ?



Le bâtiment à énergie passive BEPAS (Maison passive)

Ce bâtiment est dérivé du concept allemand Passivhaus.

Plus performant que le bâtiment BBC, ce type d'habitation est mis au point pour consommer un minimum d'énergie.

C'est en cela un logement durable, confortable et économique à l'usage.

La conception d'un habitat passif s'appuie sur quelques grands principes parmi lesquels :

- Une isolation thermique renforcée.
- Des fenêtres de grande qualité.
- Une suppression des ponts thermiques.

Pour obtenir le label BEPAS, il convient de respecter certaines normes :

- Un besoin en énergie pour le chauffage inférieur ou égale à 15 kWh.m^{-2} par an.
- Une consommation en énergie primaire (Cep), pour le chauffage, l'eau chaude, l'électroménager..., inférieure ou égale à $120 \text{ kWh-ep.m}^{-2}$ par an.
- Un besoin en énergie finale (EF) inférieur ou égal à 50 kWh.m^{-2} par an.

Par ailleurs, afin de limiter la déperdition thermique, une excellente étanchéité est exigée.

Un conseil municipal a décidé la construction d'un éco-quartier BEPAS, avec une première tranche de six maisons et un lot de quinze appartements.

Les maisons sont en forme simple, sans étage et de surface habitable 100 m^2 .

Le sujet comporte trois parties indépendantes.

A : Etude thermique d'une maison BEPAS.

B : Chauffage et production d'eau chaude sanitaire (ECS) de la maison.

C : Eclairage du salon.

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.

Thermique (A)Données :

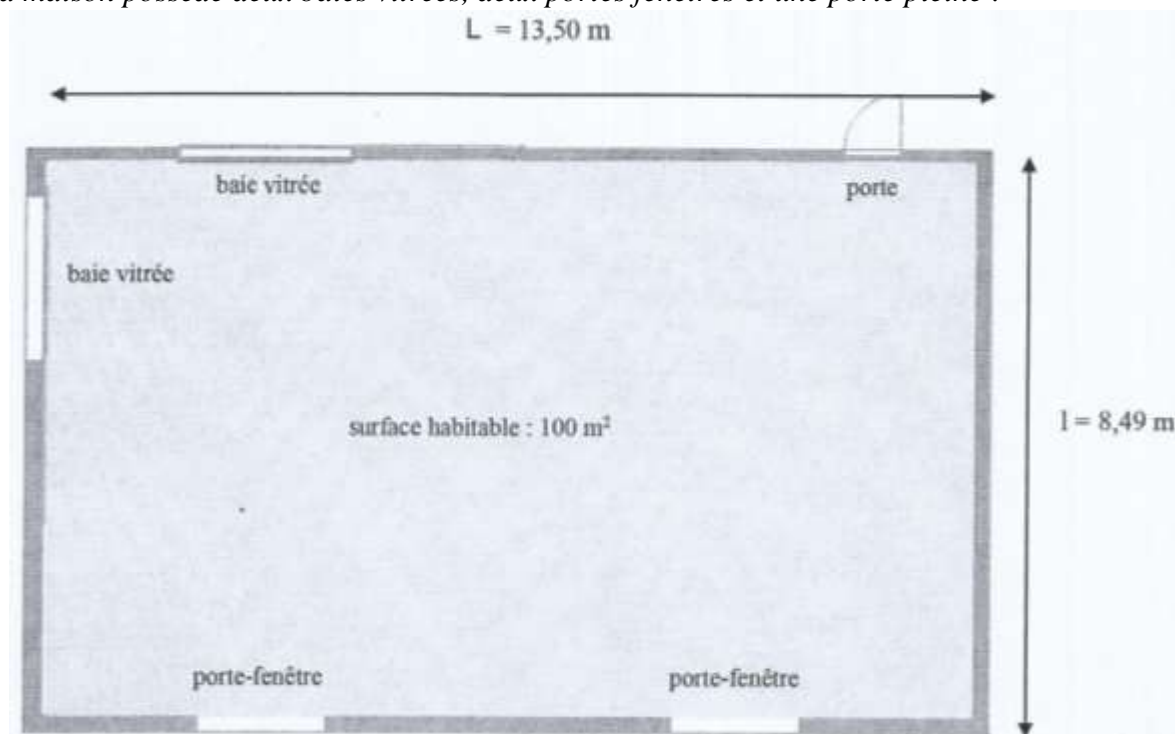
- Données concernant l'isolation des murs extérieurs, du sol, du toit, des portes, du plafond et des vitrages.

	Surfaces $S \text{ (m}^2\text{)}$	Composition	épaisseur $e \text{ (mm)}$	Conductivité thermique $\lambda \text{ (W.m}^{-1}\text{.K}^{-1}\text{)}$	résistance thermique surfactive $r \text{ (m}^2\text{.K.W}^{-1}\text{)}$
Murs extérieurs		Plaques de plâtre BA13	130	0,250	
		Enduit chaux	100	0,700	
		Brique standard	200	0,390	
		Laine de roche	200	0,042	
		Bois léger sapin	100	0,140	
sols	100	Panneau de liège	40	0,040	10,1
		Laine de bois ISONAT	80	0,036	
		Béton	200	2,10	
		Hourdis polystyrène	250	0,038	
Toiture	104	Laine de roche	60	0,040	7,5
		Polystyrène	210	0,036	
Vitrages	16,9	Triple vitrage	4/12/4/12/4		4,6
Porte	1,66	Bois	40	0,200	0,37

- Dimensions de la maison :

- Longueur : $L = 13,50 \text{ m}$
- largeur : $\ell = 8,49 \text{ m}$
- hauteur : $h = 2,50 \text{ m}$

- La maison possède deux baies vitrées, deux portes fenêtres et une porte pleine :



- Résistances thermiques surfaciques de la maison, respectivement, à l'intérieur et à l'extérieur :

- $r_{si} = 0,110 \text{ m}^2\text{.K.W}^{-1}$
- $r_{se} = 0,060 \text{ m}^2\text{.K.W}^{-1}$

Isolation thermique

La maison est construite dans une région où la température de l'air extérieur durant la période d'hiver est en moyenne de $\theta_e = -1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

La température à l'intérieur de la maison est maintenue à $\theta_i = 19,0^{\circ}\text{C}$ en hiver par une chaudière à gaz et la température dans le vide sanitaire est de $\theta_{vs} = 10,0\text{ }^{\circ}\text{C}$.

1) Les échanges thermiques s'effectuent selon *trois modes*.

a- Associer, à chacune des définitions suivantes, le nom du mode de transfert thermique correspondant.

Définition 1	Définition 2	Définition 3
Le transfert d'énergie par ondes électromagnétiques ne nécessite pas de milieu matériel et se fait sans transport de matière.	Le transfert d'énergie se fait par déplacement de matière, généralement au sein d'un gaz ou d'un liquide.	Le transfert d'énergie dans un milieu matériel, se fait de proche en proche sans transport de matière.

b- Quel mode de transfert thermique intervient dans les solides ?

c- Dans quel sens s'effectuent les transferts thermiques ?

2) résistances et flux thermiques surfaciques - Flux thermique.

a- Donner l'expression de la résistance thermique surfacique r_m des murs extérieurs et vérifier que sa valeur est de $6,82\text{ m}^2\cdot\text{K}\cdot\text{W}^{-1}$.

b- Exprimer puis calculer le flux thermique surfacique ϕ_m à travers les murs.

c- Calculer la surface S_m des murs.

d- Calculer le flux thermique Φ_m à travers les murs.

e- Montrer que le flux thermique surfacique à travers le sol est $\phi_{sol} = 0,891\text{ W}\cdot\text{m}^{-2}$, puis calculer le flux thermique Φ_{sol} à travers le sol.

Bilan thermique et DPE (Diagnostic de Performance Energétique) de la maison.

Données :

- Flux thermiques du toit, des parties vitrées (baies vitrées et portes fenêtres) et porte :

$$\Phi_{toit} = 278\text{ W} ; \Phi_v = 73,8\text{ W} ; \Phi_p = 89,7\text{ W}$$

3) Montrer que le flux thermique total à travers la maison est $\Phi = 799\text{ W}$.

La période de chauffage en hiver dure 120 jours.

4) Montrer que l'énergie consommée pour compenser les pertes thermiques est d'environ $E = 2300\text{ kWh}$.

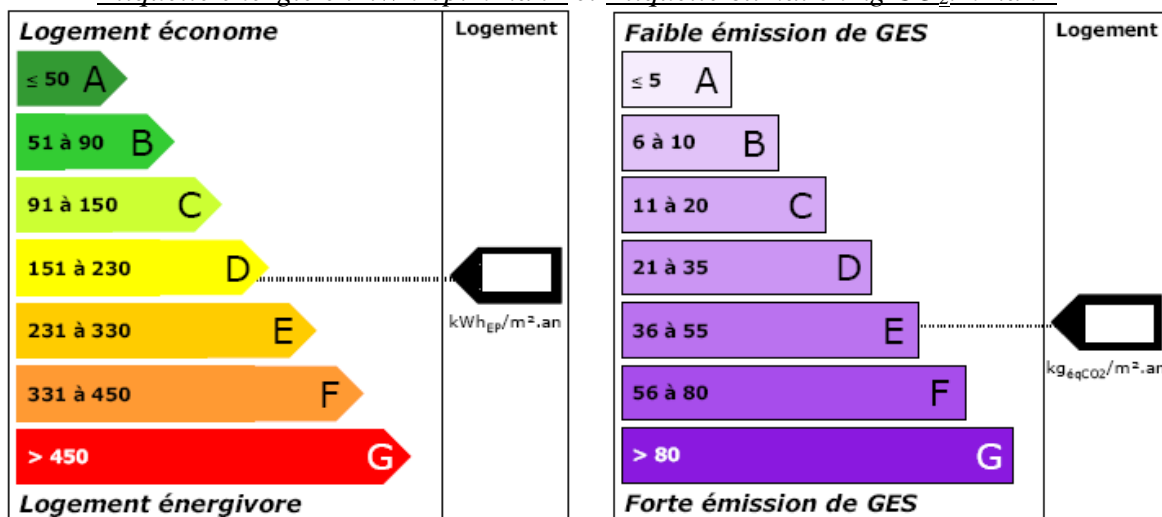
Quel est le coût du chauffage, si le coût du kWh est de $0,10\text{ €}$?

Chauffage au gaz (utilisé par le propriétaire)

Dans ce cas, l'énergie finale est égale à l'énergie primaire : $1\text{ kWh-ef} = 1\text{ kWh-ep}$, contrairement au chauffage électrique pour lequel il faut $2,58\text{ kWh}$ en énergie primaire pour obtenir 1 kWh en énergie finale.

5) Quelle est la consommation annuelle totale d'énergie primaire utilisée dans la maison (chauffage, eau chaude sanitaire, électroménager...), sachant que la consommation d'énergie par chauffage représente 60% de la consommation totale d'énergie primaire ?

• Etiquette énergie en $\text{kWh-ep}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{an}^{-1}$ et Etiquette climat en $\text{kg CO}_2\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{an}^{-1}$



Le diagnostic de performance énergétique (DPE) renseigne sur la performance énergétique d'un logement ou d'un bâtiment, en évaluant entre autres sa consommation d'énergie et son impact en terme d'émission de gaz à effet de serre.

La lecture du DPE est facilitée par les deux étiquettes précédentes à sept classes de A à G (A correspondant à la meilleure performance, G à la plus mauvaise).

(<http://www.developpement-durable.gouv.fr/-Diagnostic-de-performance.855-html>)

6) Déterminer la classe énergétique de cette maison.

7) La maison peut-elle bénéficier du label BEPAS ?

Justifier votre réponse.

Chimie organique (B)

Le chauffage et la production d'eau chaude sanitaire de la maison sont assurés par une chaudière à gaz à condensation.

Données :

- Chaudière : rendement $\eta = 95\%$

Son rendement représente le rapport de l'énergie fournie par la chaudière sous forme thermique Q par l'énergie E fournie par le gaz lors de sa combustion dans la chaudière.

- Combustible :

Le gaz naturel est composé essentiellement de méthane.

Pouvoir calorifique supérieur (PCS) du méthane : $11,1 \text{ kWh.m}^{-3}$

Masse volumique du méthane : $\rho = 0,634 \text{ kg.m}^{-3}$

Volume molaire, dans les conditions de l'étude : $V_m = 24,0 \text{ L.mol}^{-1}$

Fonctionnement de la chaudière à condensation.

Dans une chaudière classique, les pertes thermiques de la chaudière se font principalement par la température des fumées, qui est plus importante que celle de l'air de combustion, et d'autre part par la liquéfaction de la vapeur d'eau contenue dans ces fumées.

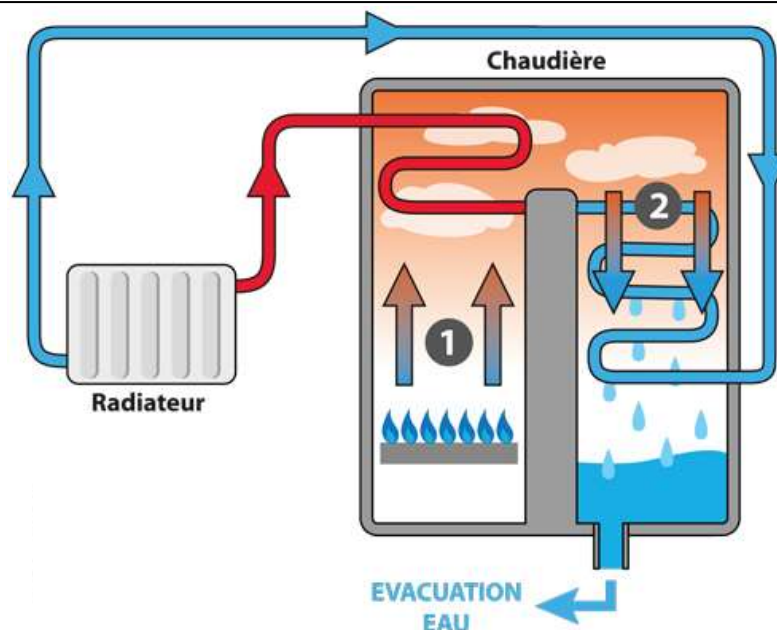
L'eau contenue dans les fumées est issue de la réaction chimique de la combustion qui, si la chaudière est bien réglée, ne produit que de la vapeur d'eau et du dioxyde de carbone.

Lors du refroidissement de la vapeur d'eau, le passage de l'état gazeux à l'état liquide, restitue de l'énergie qui est perdue si les vapeurs d'eau s'échappent dans l'atmosphère.

Le rôle de la chaudière à condensation est donc de récupérer une partie de cette énergie, en condensant la vapeur d'eau des fumées d'échappement, et de la transférer à l'eau du circuit de chauffage.

L'évacuation de l'eau libérée lors de la condensation (condensats) se fait par le réseau des eaux usées.

(<http://fr.wikipedia.org/wiki/Chaudiere> a condensation)



(<http://www.radiateur-clim-chauffage.com/chaudiere-gaz-a-condensation-maison-energy.jpg>)

1) Donner le nom du changement d'état qui est évoqué dans le document précédent.

La chaudière produit une énergie thermique $Q = 2770 \text{ kWh}$ par an pour le chauffage et l'eau chaude.

2) Quelle est la quantité d'énergie E fournie par la combustion du gaz naturel ?

3) Montrer que le volume de méthane V , consommé par an, est égal à 263 m^3 .

En déduire la masse de gaz consommé par an.

Le méthane est constitué de molécules de formule brute CH_4 .

4) A quelle famille de composés organiques appartient-il ?

5) Ecrire l'équation de la combustion complète du méthane dans le dioxygène.

Émission de gaz à effet de serre (GES)

La masse de méthane consommée par an est de 167 kg .

6) Calculer la quantité de matière, exprimée en moles, de méthane consommé en une année.

7) Vérifier que la masse de dioxyde de carbone libérée par la chaudière pendant une année est égale à 458 kg .

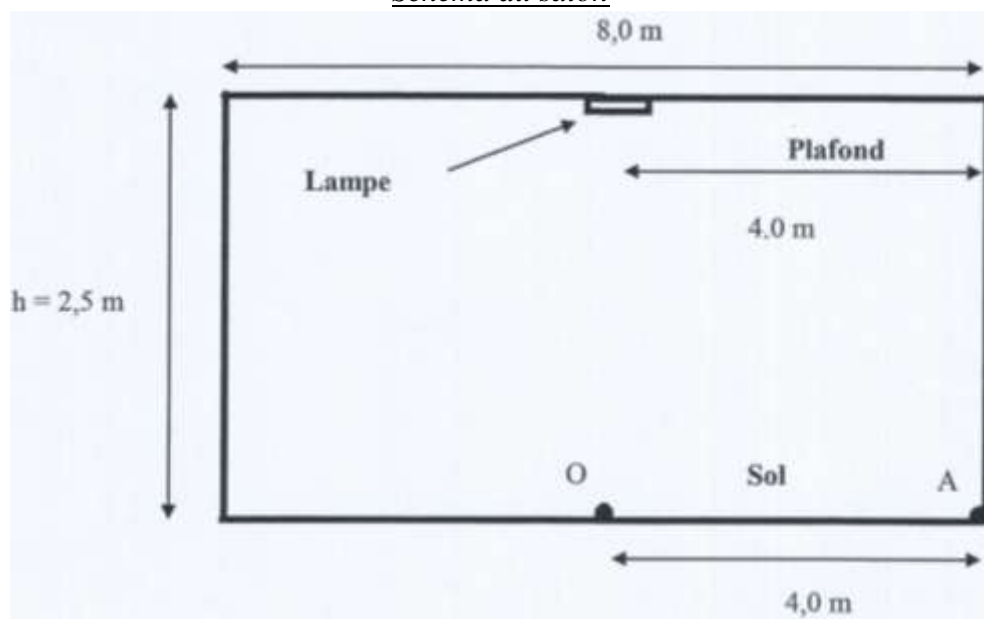
8) En déduire la masse de dioxyde de carbone libérée par mètre carré et par an, sachant que la surface habitable est de 100 m^2 .

A l'aide du document (*Etiquette climat en $\text{kg CO}_2 \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{an}^{-1}$*), quel est le classement de cette maison pour ce qui est de l'émission de gaz à effet de serre (GES)

Photométrie (C)

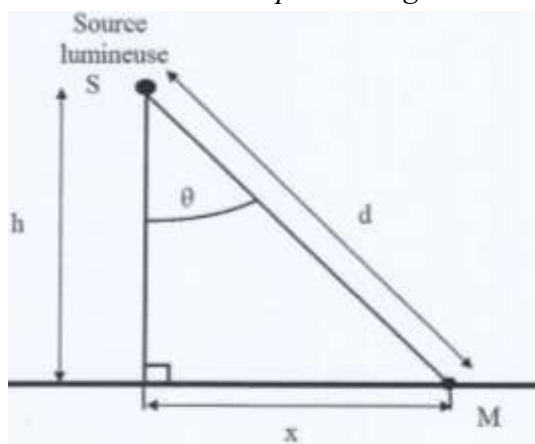
Données :

• Schéma du salon



Le salon dispose de deux baies vitrées qui apportent une lumière naturelle suffisante en journée.

La nuit, l'éclairage est fourni par un plafonnier LED, qui se comporte comme une source isotrope rayonnant dans un demi-espace d'angle solide $\Omega = 2\pi \text{ sr}$.



Formule de Bouguer

$$E = \frac{I \cdot h}{(h^2 + x^2)^{3/2}}$$

$$I = \frac{\Phi}{\Omega}$$

Caractéristiques de la lampe

• *Extrait de la documentation technique d'une lampe*

IRC	Température de couleur		
82	5000 K	33 W	2400 lm

1) A quelles grandeurs physiques correspondent les valeurs indiquées dans les deux dernières colonnes du tableau ci-dessus.

2) Donner l'expression de l'efficacité lumineuse k de la lampe, puis calculer sa valeur.

Classe énergétique	A	B	C	D
Efficacité lumineuse (lm.W^{-1})	> 50	21 à 51	16 à 20	13 à 15

3) En s'aidant du tableau précédent, donner la classe énergétique de la lampe.

Éclairage du salon

4) Quel appareil permet de mesurer l'éclairage d'une surface ?

5) Exprimer puis calculer l'intensité lumineuse I .

6) En déduire l'éclairage E_1 au point O du sol, puis l'éclairage E_2 au point A du sol.

On considère que l'éclairage au sol dans une habitation doit être supérieur ou égal à 100 lux.

7) Cette condition est-elle satisfaite ?

Justifier votre réponse.

8) Sinon, quelle solution proposez-vous ?



Autour d'une piscine hors sol

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

1 : Traitement chimique de l'eau.

2 : Chauffage de l'eau

3 : Vidange de la piscine

Données :

Dimensions de la piscine parallélépipédique :

- Longueur $L = 8,0\text{ m}$
- largeur $\ell = 4,0\text{ m}$
- Hauteur des bords de la piscine $z = 1,80\text{ m}$
- hauteur d'eau dans la piscine $h = 1,50\text{ m}$

Solutions aqueuses (1)

Constatant une couleur verdâtre de l'eau de sa piscine, un propriétaire réalise qu'il a dû un peu trop négliger l'entretien de celle-ci.

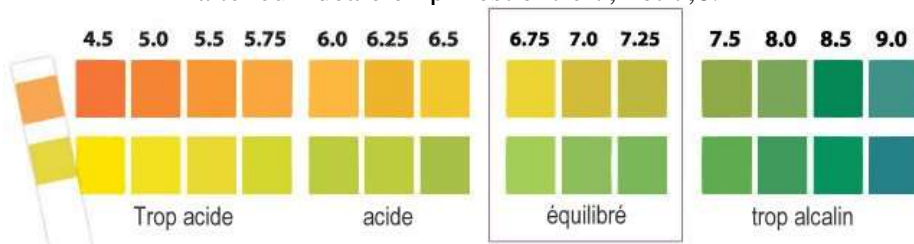
Il trouve sur internet un document reproduit ci-dessous :

(<http://www.eauplaisir.com/annuaire/entretien-des-piscines.php#traitement-chimique>)

Niveau de pH

Procédez à l'analyse de votre pH chaque semaine.

La teneur idéale en pH est entre 7,2 et 7,6.



S'il s'avère qu'il est inférieur à 7,2, donc trop bas, il y aura un risque d'irritation des yeux en cas de baignade. Il faudra rajouter du correcteur de pH.

Si au contraire le pH est supérieur à 7,6, donc trop élevé, votre eau ne sera plus transparente, elle sera propice aux algues. Il faudra rajouter du correcteur de pH.

ANOMALIES POSSIBLES

Eau verte

Vérifiez le bon fonctionnement de la filtration.
Procédez à une chloration choc.
Mettez de l'anti-algue.
Douze heures plus tard, faites fonctionner la filtration jusqu'à obtenir une eau claire.
Ajustez le pH (7,2 / 7,4)

Paroi et fond glissant

Nettoyer le bassin.
Vérifiez le fonctionnement de la filtration.
Procédez à une chloration choc.
Douze heures plus tard, versez de l'algicide super dans le bassin.

Eau trouble

Effectuez un lavage du filtre.
Dans le cas d'un filtre à sable, ajoutez du floculant.

L'eau irrite les yeux

Ajustez le pH entre 7,2 et 7,6.
Procédez à une chloration choc.
Augmentez la filtration.

Il décide alors de traiter l'eau de sa piscine par un ajout de granulés de « chlore choc ».

Il effectue alors une mesure du pH de l'eau et trouve un pH égal à 8,4.

On supposera dans toute cette partie que la température de l'eau est de 25°C.

Donnée :

Produit ionique de l'eau à 25°C : $K_e = 10^{-14}$


• Echelle de pH



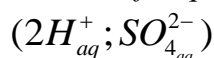
- 1) Sur l'échelle de pH, placer :
 - a- Le pH de l'eau de la piscine après traitement au chlore choc.
 - b- Le domaine de pH d'une eau de piscine pour lequel une baignade dans celle-ci peut se traduire par une irritation des yeux.
 - c- Le domaine de pH idéal pour une eau de piscine.
- 2) Déterminer, après traitement au chlore choc, la concentration molaire volumique effective dans l'eau de cette piscine :
 - a- En ions oxonium H_3O^+ .
 - b- En ions hydroxyde OH^- .
- 3) Proposer un type de solution à ajouter à l'eau de la piscine pour en rectifier le pH.

Ce propriétaire dispose d'un bidon contenant 5,0 L d'une solution commerciale appelée « pH minus liquide ».

• Reproduction de l'étiquette

pH minus liquide	
<p><u>Mode d'emploi</u></p> <p>Pour baisser le pH de 0,2 unité d'une eau de piscine, verser le pH minus liquide directement dans le bassin devant le refoulement, filtration en marche.</p> <p>Prévoir environ 0,1 L de pH minus liquide par tranche de 10 m³ d'eau.</p>	<p><u>Sécurité</u></p> <p>Classe 8. Etiquette 8 Groupe d'emballage 11</p> <p style="text-align: center;">Je ronge</p> <div style="text-align: center;">  </div> <p style="text-align: center;">UN 2796</p>

Il s'agit d'une solution aqueuse d'acide sulfurique.



Il verse l'intégralité du volume de solution contenue dans le bidon et met en marche le système de recirculation de l'eau plusieurs heures.

Le lendemain, constatant que l'eau est claire, il décide de se baigner.

Malheureusement, il ressent assez rapidement une irritation au niveau de ses yeux.

- 4) a- Quel(s) danger(s) présente le correcteur « pH minus liquide » ?
- b- Expliquer pourquoi l'ajout de « pH minus liquide » fait diminuer le pH de l'eau de la piscine.
- c- Calculer le volume V_{eau} d'eau contenue dans la piscine.
- d- Déterminer le nouveau pH de l'eau de la piscine une fois l'intégralité du bidon versé.
- e- Déterminer le volume qu'aurait dû verser ce propriétaire afin d'obtenir une eau de piscine de pH = 7,4.
- f- Proposer le nom d'une solution (avec formule chimique associée) pour ramener le pH à 7,4.

Calorimétrie (2)

On s'intéresse aux modes d'échange d'énergie de l'eau de la piscine avec le milieu extérieur.

Données concernant l'eau :

Capacité thermique massique : $c_0 = 4,18.10^3 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$

Chaleur latente massique de vaporisation : $L_v = 2,5.10^6 \text{ J.kg}^{-1}$

Masse volumique : $\rho_{\text{eau}} = 1.10^3 \text{ kg.m}^{-3}$

- 1) Indiquer les différents modes de transferts thermiques entre l'eau et le milieu extérieur.

Par grand vent, il est recommandé de couvrir la piscine avec une bâche.

- 2) Quel type de transfert thermique limite-t-on essentiellement par cette opération ?

Lorsque la piscine est débâchée dans des conditions estivales de vent quasi nul, le taux d'évaporation par heure et par mètre carré de surface d'eau est d'environ $\alpha = 0,150 \text{ L.h}^{-1}.\text{m}^{-2}$.

- 3) En quoi selon vous cette évaporation pourrait être à prendre en compte dans le refroidissement de la piscine ?

- 4) Donner l'expression littérale du volume d'eau évaporée $V_{\text{évaporation}}$ pendant une durée Δt lorsque la piscine est débâchée.

Calculer sa valeur numérique pour une durée $\Delta t = 8 \text{ h}$.

- 5) Données :

Surface d'eau au contact de l'air : S_{eff}

Masse volumique de l'eau : ρ_{eau}

Chaleur latente massique de vaporisation de l'eau : $L_{v(\text{eau})}$

Justifier que l'expression littérale des pertes d'énergie par évaporation pour une durée Δt d'utilisation de la piscine débâchée est de la forme :

$$Q_{\text{évaporation}} = \alpha \cdot S_{\text{eff}} \cdot \Delta t \cdot \rho_{\text{eau}} \cdot L_{v(\text{eau})}$$

Préciser les unités dans le système international des différentes grandeurs utilisées dans cette relation.

- 6) Calculer la valeur $Q_{\text{évaporation}}$ pour une durée Δt de 8 h.

L'eau évaporée est remplacée par de l'eau « de distribution » à 15°C .

- 7) Calculer l'énergie nécessaire pour élever à la température de 25°C le volume d'eau de « distribution » nécessaire au remplacement du volume d'eau évaporée pendant une durée de 8 h.

On utilise une pompe à chaleur délivrant une puissance de chauffage $P_{\text{chauffage}} = 8,5 \text{ kW}$.

- 8) Déterminer la durée d'utilisation de la pompe à chaleur, nécessaire pour compenser les pertes d'énergie par évaporation et pour chauffer le volume d'eau de distribution déterminé à la question précédente, si la piscine a été utilisée débâchée durant 8 h.

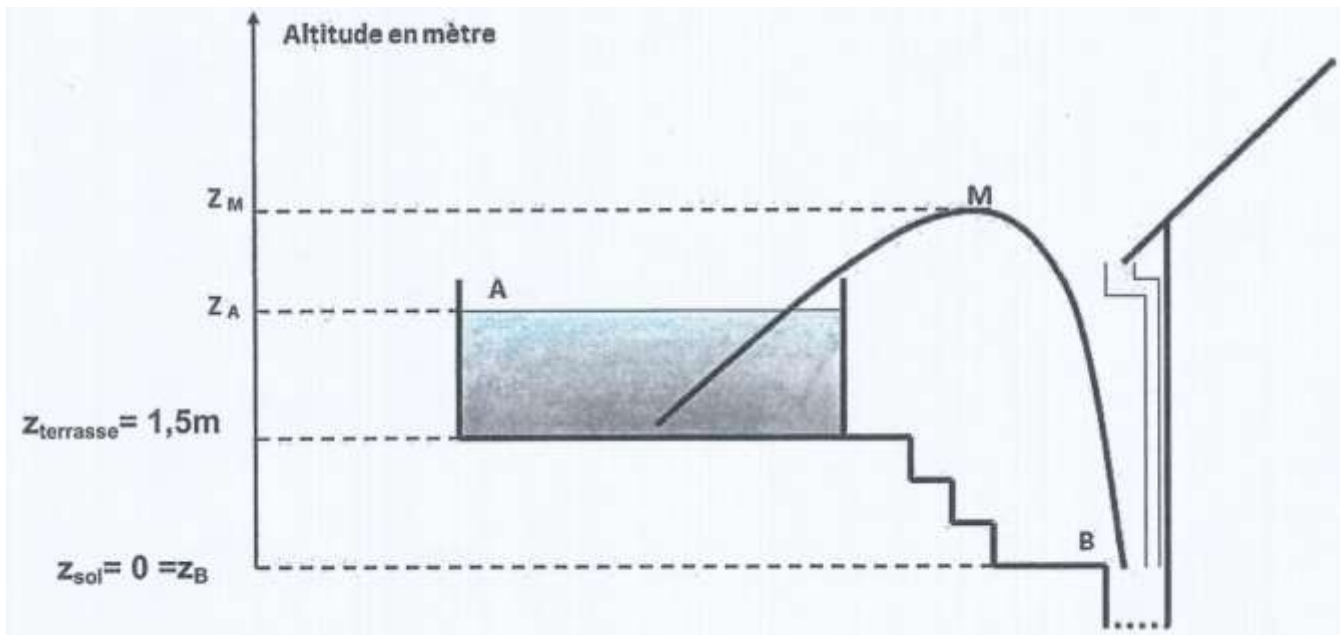
Mécanique des fluides (3)

Le niveau de l'eau de la piscine est initialement à 1,5 m par rapport au fond de celle-ci.

Le propriétaire songe à réaliser une vidange par « siphonage ».

Après avoir plongé l'extrémité d'un tuyau fortement rigide en matière plastique dans l'eau de la piscine et amorcé le siphon, il place l'autre extrémité au point d'évacuation des eaux de pluie.

• Vue de la piscine et du système de siphonage de profil



A : point au niveau de la surface libre de l'eau.

B : Point d'écoulement à l'air libre.

M : point d'altitude maximale atteinte par l'eau à l'intérieur du tuyau.

Données :

On considérera l'écoulement parfait permanent et incompressible.

Longueur du tuyau : $L = 20 \text{ m}$

Diamètre du tuyau : $d = 28 \text{ mm}$

Pression atmosphérique : $P_0 = 1,00 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

Champ de pesanteur terrestre : $g = 10 \text{ N.kg}^{-1}$

Altitude au sol : $z_{\text{sol}} = z_B = 0$

Altitude en terrasse : $z_{\text{terrasse}} = 1,50 \text{ m}$

Masse volumique de l'eau liquide : $\rho_{\text{eau}} = 1 \cdot 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$

Expression du théorème de Bernoulli :

$$\left(\frac{1}{2} \rho \cdot v_2^2 - \frac{1}{2} \rho \cdot v_1^2\right) + (\rho \cdot g \cdot z_2 - \rho \cdot g \cdot z_1) + (P_2 - P_1) = 0$$

On suppose la vitesse à la surface de la piscine négligeable.

1) a- Montrer que la vitesse v_B de l'écoulement de l'eau au point B pour un niveau d'eau dans la piscine d'altitude z_A s'écrit : $v_B = \sqrt{2 \cdot g \cdot (z_A - z_B)}$.

b- Calculer la valeur numérique de la vitesse en B, en tout début de vidange.

2) a- Montrer que l'expression littérale du débit volumique Q_v au point B peut s'écrire :

$$Q_v = \pi \frac{d^2}{4} \sqrt{2 \cdot g \cdot (z_A - z_B)}$$

b- Calculer sa valeur numérique en tout début de vidange.

On considère que le débit reste égal à sa valeur initiale pendant la vidange.

3) Déterminer en heures, la durée t nécessaire pour vider la piscine.

4) En réalité la durée est-elle plus grande ou plus petite ?

Justifier votre réponse.



Une gestion écologique de l'énergie

La réalisation d'économie d'énergie et l'utilisation des énergies renouvelables participent à une gestion écologique de l'énergie.

D'après le site du ministère de l'écologie, du développement durable et de l'énergie, on entend par économie d'énergie, l'ensemble des actions économiquement rentables entreprises pour réduire les consommations d'énergie ainsi que pour consommer l'énergie de façon optimale.

Pour cela, il est possible par exemple, d'utiliser des lampes basse consommation, de récupérer la chaleur des gaz produits par les combustions, de valoriser l'énergie des déchets et de renforcer les isolations dans les constructions.

Issues directement de phénomènes naturels réguliers ou constants, liés à l'énergie du Soleil, de la Terre ou de la gravitation, les énergies renouvelables sont des énergies primaires inépuisables à long terme.

Dans ce sujet, à travers trois parties indépendantes, on étudie de manière simplifiée trois exemples de gestion écologique de l'énergie.

A. L'isolation d'une maison.

B. La production d'eau chaude par un panneau solaire.

C. L'utilisation de biogaz dans les transports.

Le nombre de chiffres significatifs d'un résultat devra être cohérent avec les données de l'énoncé.

Une attention particulière sera apportée aux unités utilisées.

Thermique (A)

Pour la construction d'une maison de vacances en basse montagne, un architecte propose deux solutions à des prix différents selon la performance énergétique correspondante.

L'objectif de cette partie est de comparer, de manière simplifiée, l'isolation thermique des deux architectures proposées, l'une traditionnelle, l'autre à ossature bois et d'évaluer dans chaque cas les flux thermiques de déperditions à travers les parois verticales.

Données (elles sont communes aux deux constructions) :

- La maison est assimilée à un parallélépipède rectangle en rez de chaussée de dimensions :

Longueur $L = 7,55 \text{ m}$

Largeur $\ell = 4,05 \text{ m}$

Hauteur $h = 2,75 \text{ m}$

- La maison présente une porte extérieure :

Surface $S_p = 2,25 \text{ m}^2$

Résistance thermique surfacique $r_p = 2,00 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$

- La maison comporte des ouvertures extérieures vitrées :

Surface totale $S_v = 10,0 \text{ m}^2$

- Surface totale des murs hors porte et hors ouvertures vitrées S_m

- Températures ambiante intérieure et extérieure :

$\theta_1 = 18^\circ\text{C}$ et $\theta_2 = 1,0^\circ\text{C}$

- Résistances thermiques surfaciques superficielles :

Paroi en contact avec l'extérieur $r_{se} = 0,060 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$

Paroi en contact avec l'intérieur $r_{si} = 0,11 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$

- Le régime stationnaire de transfert de chaleur est assuré.

- On ne prend pas en compte les échanges thermiques liés à la ventilation, ni les déperditions par le sol et le plafond.

Maison traditionnelle

Les murs de cette maison sont constitués, en partant de l'extérieur vers l'intérieur de la paroi, de mortier enduit, de parpaing creux, d'isolant en polystyrène expansé et de carreaux de plâtre.

Données :

- Fenêtres en double vitrage à lame d'air :

Coefficient de transmission surfacique $U_{dv} = 3,3 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$

- Déperditions à travers la porte et les surfaces vitrées $\Phi_p = 579 \text{ W}$.

- Caractéristiques des matériaux de la paroi :

Matériaux	Mortier d'enduit	Parpaing	Polystyrène expansé	Carreau de plâtre
Épaisseur (cm)	$e_1 = 2,0$	$e_2 = 22,0$	$e_3 = 4,0$	$e_4 = 5,0$
Conductivité thermique ($W.K^{-1}.m^{-1}$)	$\lambda_1 = 1,15$	$\lambda_2 = 1,05$	$\lambda_3 = 0,039$	$\lambda_4 = 0,46$

- 1) Donner la relation littérale exprimant la résistance thermique surfacique r_m du mur en fonction des grandeurs données.
Calculer r_m .
- 2) Donner la relation littérale exprimant le flux thermique surfacique ϕ_m à travers les murs.
Calculer ϕ_m .
- 3) Calculer le flux thermique Φ_m à travers le mur.
- 4) Montrer que le flux thermique total Φ_1 , représentant les déperditions avec l'extérieur est environ égal à 1,1 kW.

Maison ossature bois

Pour la conception des parois, l'architecte s'inspire de la maison ZEN (Zéro Energy Net).

Cette maison, inaugurée en 2007 en France, est la première maison à énergie positive.

Associée à des panneaux photovoltaïques, elle consomme moins d'énergie qu'elle en produit.

Ses murs sont constitués, en partant de l'extérieur vers l'intérieur de la paroi de cèdre rouge, de lame d'air, d'isolant liège et de KLM. (Kreuz Lagen Holtz, épicéa d'Autriche)

Données :

- Fenêtres en double vitrage à lame d'argon :

Coefficient de transmission surfacique $U'_{dv} = 1,2 W.m^{-2}.K^{-1}$

- Caractéristiques des matériaux de la paroi :

Matériaux	Cèdre rouge	Lame d'air	Liège	KLM
Épaisseur (cm)	$e_1 = 1,9$	$e_2 = 2,7$	$e_3 = 15,0$	$e_4 = 9,4$
Conductivité thermique ($W.K^{-1}.m^{-1}$)	$\lambda_1 = 0,077$	$\lambda_2 = 0,024$	$\lambda_3 = 0,041$	$\lambda_4 = 0,140$

- 5) A partir des informations spécifiques aux deux architectures, donner deux raisons qualitatives, sans effectuer de calculs, expliquant que la maison ossature bois constitue une meilleure isolation.

Pour la maison ossature bois, le flux thermique total représentant les déperditions avec l'extérieur est $\Phi_2 = 0,37 W$.

- 6) Calculer l'énergie économisée sur une année en choisissant une construction ossature bois par rapport à une construction traditionnelle.

- 7) Sachant qu'un kWh est facturé en moyenne 0,146 € TTC, déterminer l'économie annuelle réalisée, à l'euro près, en choisissant la maison ossature bois.

Calorimétrie (B)

Pour installer un dispositif de chauffage d'eau sanitaire, des panneaux solaires sont posés sur les toits des bâtiments d'une maison de repos pour personnes âgées.

L'ensemble des personnes de la résidence consomme en moyenne $2,00 m^3$ d'eau chaude sanitaire à $60,0^\circ C$ par jour et ceci toute l'année.

• Caractéristiques de l'installation

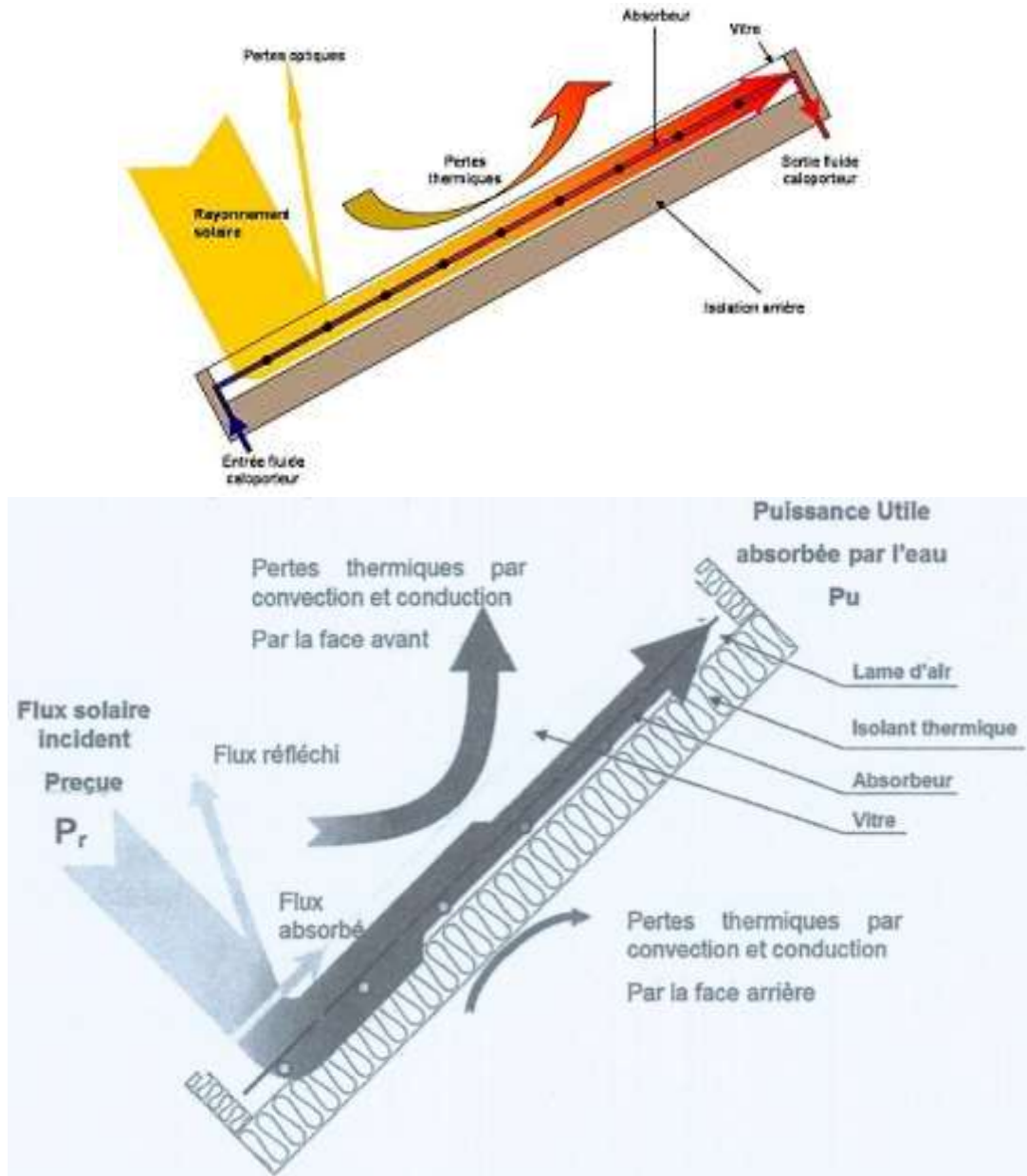
- L'eau froide entre dans le panneau solaire à une température θ_1 égale à $10,0^\circ C$.
- L'eau sort du panneau à une température θ_2 égale à $70,0^\circ C$, puis subit des pertes thermiques lors de son acheminement par les canalisations.
- On note P_r ($P_r = 144 W.m^{-2}$) la puissance surfacique moyenne reçue du Soleil et P_u la puissance utile reçue par l'eau.
- Il n'existe aucun ombrage des capteurs par des arbres, bâtiments, collines ou par les rangées successives de capteurs.
- L'orientation du panneau est optimale (40° par rapport à l'horizontale, plein sud).

Données :

Eau : capacité thermique massique $c = 4180 J.kg^{-1}.K^{-1}$ et masse volumique $\rho = 1000 kg.m^{-3}$.

1 Wh = 3600 J

• Panneau solaire (schémas de principe)



(<http://confortetprivilegedefrance.com>)

Un capteur solaire thermique est un dispositif conçu pour recueillir l'énergie solaire transmise par rayonnement et la communiquer à un fluide comme l'eau sous forme de chaleur.

Cette énergie peut ensuite être utilisée pour le chauffage de bâtiments ou encore pour la production d'eau chaude sanitaire.

Le chauffe-eau solaire est la principale utilisation des panneaux solaires thermiques du fait de sa rentabilité et de la faible évolution saisonnière des besoins d'eau chaude, souvent aussi important en été qu'en hiver.

Les économies procurées permettent d'amortir l'installation bien avant sa fin de vie.

(http://fr.wikipedia.org/wiki/Capteur_solaire_thermique)

Énergie consommée pour le chauffage de l'eau

1) a- Vérifier, par le calcul, que l'énergie, notée Q , nécessaire au chauffage de l'eau pendant une journée, est de 139 kWh.

b- En déduire, pour une année, l'énergie notée Q_{eau} exprimée en kWh, nécessaire au chauffage de l'eau.

Rendement du panneau solaire

2) Exprimer le rendement η du panneau en fonction de P_r et P_u .

Le rendement η est égal à 31,3%.

3) En déduire la valeur de P_u .

4) Montrer que l'énergie utile E , pour une année et par mètre carré de panneau solaire, est de 395 kWh.m².

5) En consultant le schéma du panneau solaire, identifier les causes de déperditions d'énergie et proposer des moyens d'améliorer le rendement.

Dimensions des panneaux solaires

6) Dans les conditions de fonctionnement proposé, quelle surface minimale de capteur faut-il prévoir ?

Le résultat sera exprimé au m² près.

Analyse économique

On envisage un chauffage classique électrique qui pourrait produire l'énergie Q_{eau} nécessaire.

Un kWh est facturé en moyenne 0,146 € TTC.

7) Déterminer l'économie annuelle réalisée, à l'euro près, en choisissant l'installation de panneaux solaires.

L'entreprise en charge de l'installation propose une facture à la pose (hors entretien) de 49000 € TTC.

La durée de vie moyenne d'une installation comme celle-ci est de 25 ans.

8) Est-ce une bonne opération.

Chimie organique (C)

Le biogaz est un mélange composé essentiellement, avant purification, de méthane (environ 60%) et de dioxyde de carbone, avec des quantités variables d'eau et de sulfure de dihydrogène.

Mais, dans le biogaz, l'énergie provient uniquement du méthane : le biogaz est ainsi la forme renouvelable de l'énergie fossile très courante qu'est le gaz naturel.

L'utilisation de biogaz n'accroît pas globalement l'effet de serre dans l'atmosphère dans la mesure où le carbone produit (méthane et dioxyde de carbone) a lui-même été absorbé préalablement par les végétaux dont ce biogaz est issu, lors de leur croissance.

(<http://www.developpement-durable.gouv.fr>)

En Vendée, le biogaz est produit par la société Agribiométhane.

Elle regroupe une dizaine d'agriculteurs et produit un million de mètres cubes de biogaz par an grâce à 21000 t de déchets organiques.

Après plusieurs étapes de purification, le biogaz contient 99% de méthane.

Un autocar de transport scolaire a circulé au mois de mai 2015 en fonctionnant avec du biogaz : une première expérimentation !

Les réservoirs de ce type de véhicule, en service en France, sont groupés par 7 pour un volume de 882 L (volume unitaire de 126 L) à 200 bars, ce qui donne l'équivalent de 174 m³ de gaz à la pression atmosphérique.

(Le journal de la Vendée, mai 2015)

Données :

Pression atmosphérique normale $p_0 = 1,013.10^5 \text{ Pa}$

Le méthane ainsi que le biogaz satisfont à la loi des gaz parfaits.

Constante des gaz parfaits $R = 8,314 \text{ J.K.mol}^{-1}$

Volume molaire d'un gaz à la pression atmosphérique et à la température ambiante $V_m = 25 \text{ L.mol}^{-1}$

Lors de la transformation isotherme, on a : $p.V = \text{Constante}$.

Réservoirs de l'autocar

1) Vérifier en considérant que la détente est isotherme la phrase issue du document précédent : « *ce qui donne l'équivalent de 174 m³ de gaz à la pression atmosphérique* ».

2) Quel volume de méthane, noté $V_{\text{méthane}}$, est contenu dans ce volume de biogaz après purification ?

3) Calculer la quantité de matière de méthane associée notée $n_{\text{méthane}}$.

Combustion du méthane

4) Donner la formule brute du méthane.

5) Écrire l'équation ajustée de la réaction de combustion complète du méthane dans le dioxygène de l'air.

6) Calculer la masse molaire moléculaire du dioxyde de carbone gaz produit lors de cette combustion.

Émission de dioxyde de carbone

On considère que l'autocar, transportant 45 élèves et roulant au biogaz, consomme en moyenne, pour 100 km parcourus, 30,0 m³ de méthane à la pression atmosphérique.

L'information CO₂ des prestations de transport, en application de l'article L.1431-3 du code des transports, prévoit une émission ne dépassant pas 144 g de CO₂ par personne transportée et par km parcouru.

7) Vérifier si cet autocar répond aux normes en vigueur en exprimant la masse de CO₂ libérée lors de la combustion du méthane.

(Vous êtes invité à présenter votre stratégie de résolution et la démarche suivie, même si elle n'a pas abouti).

SCBH

Etude d'une maison à énergie positive

Votre société construit des maisons à ossature bois, qui respectent actuellement la norme 2012.

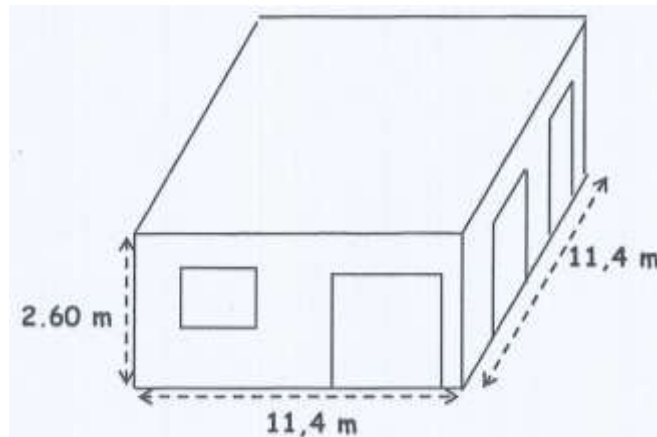
Pour anticiper la norme RT 2020, elle travaille déjà sur la construction d'un bâtiment à énergie positive, appelée BEPOS.

Le bureau d'études a défini les caractéristiques techniques de cette maison à ossature bois.

• Caractéristiques techniques définies par le bureau d'études

- Maison compacte, de plain-pied et de forme cubique à toit plat.
- Surface vitrée maximisant les apports solaires : 33% de la surface des murs (parois verticales).
- Isolation des murs en laine de roche.
- Enveloppe avec des coefficients de transmission thermique surfacique ultra-performants :
 - $U_{sol} = 0,11 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$
 - $U_{mur} = 0,12 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$
 - $U_{toit} = 0,10 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$
- Surface vitrée (triple vitrage 4(16)4(16)4 krypton) : $U_v = 0,70 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$
- Pont thermique bas au niveau de la jonction mur-plancher : $\Psi = 0,13 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$
- Bonne étanchéité à l'air. Perméabilité à l'air : $\pi = 0,40 \text{ m}^3.\text{m}^{-2}.\text{h}^{-1}$
- Pertes thermiques maximales de 50 kWh.m^{-2} par an (norme RT2020)

• Dimensions de cette maison à ossature bois



On considère que le chauffage du bâtiment fonctionnera 150 jours par an.

Dans la norme, le calcul des flux de transfert thermique se fait avec des températures intérieure et extérieure respectivement de 20°C et 0°C .

Le chef de projet vous demande une étude en deux parties sur la pertinence des caractéristiques choisies pour obtenir une maison à énergie positive :

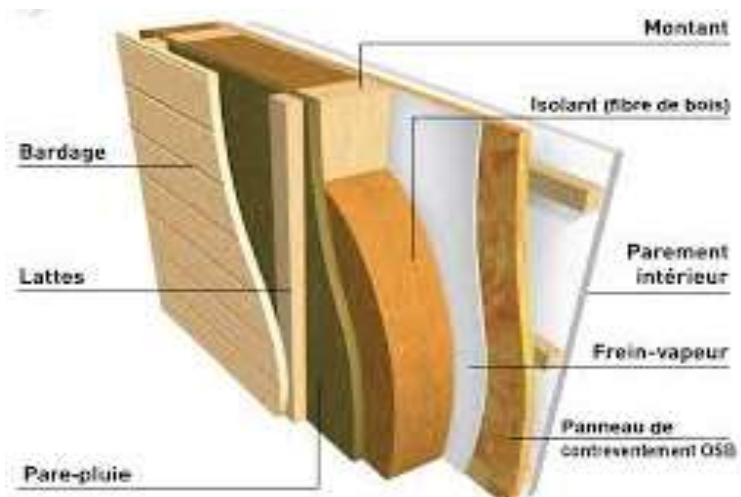
- 1- Déterminer les pertes énergétiques de la maison.
- 2- Vérifier si cette maison est bien à énergie positive.

Thermique

Flux thermique Φ_{paroi} à travers les parois

Le mur est composé des couches suivantes de l'intérieur à l'extérieur :

- plaque de plâtre
- panneau de particules OSB
- pare-vapeur (frein-vapeur)
- isolation en laine de roche
- pare-pluie
- lame d'air ventilé
- bardage en résineux léger



Les parois verticales intègrent les murs et les ouvertures.

1) Compléter le tableau ci-dessous et vérifier que la constitution correspond aux caractéristiques techniques envisagées.

Données :

- Les résistances thermiques surfaciques sont définies au sens du technicien, en $m^2.K.W^{-1}$.
- Les résistances thermiques surfaciques du pare-vapeur et du pare-pluie sont négligeables.
- Somme des résistances thermiques surfaciques superficielles pour la paroi en contact avec l'extérieur et l'intérieur : $r_{se} + r_{si} = 0,17 m^2.K.W^{-1}$.

• Calcul de la résistance thermique surfacique des murs extérieurs

Matériau	épaisseur e (cm)	conductivité thermique $\lambda (W.m^{-1}.K^{-1})$	résistance thermique surfacique $r (m^2.K.W^{-1})$
Plaque de plâtre	1,3	0,25	
Panneau de particule OSB	1,5	0,13	
Isolant en laine de roche	30	0,037	
Lame d'air ventilé	2,7	0,50	
Bardeau en résineux léger	2,2	0,14	
$r_{si} + r_{se}$			
r_{mur}			

2) Donner la relation permettant de calculer le flux thermique Φ à travers une paroi homogène en fonction du coefficient de transmission thermique U, de la surface de la paroi S et des températures intérieure et extérieure.

3) Calculer le flux thermique Φ_m à travers les parois verticales.

4) Calculer le flux thermique global Φ_{parois} à travers l'ensemble des parois du bâtiment.

Flux thermique Φ_{bas} à travers les ponts thermiques

Les ponts thermiques principaux de la maison se situeront aux jonctions des façades et plancher bas. On négligera pour cette étude les autres ponts thermiques au niveau des façades et refends, façades et toiture, ainsi qu'à tous les percements (portes, fenêtres, loggias...).

• Définition du coefficient linéique Ψ

Les déperditions de chaleur le long d'une surface dues aux ponts thermiques linéaires sont qualifiées par un coefficient linéique $\Psi (W.m^{-1}.K^{-1})$.

Formule donnant le flux perdu Φ_p par les ponts thermiques linéaires :

$$\Phi_p = \Psi.L.\Delta\theta.$$

L : longueur du pont thermique linéique

$\Delta\theta$: écart de température entre l'intérieur et l'extérieur

5) Calculer le flux thermique bas Φ_{bas} à travers les ponts thermiques du plancher.

Flux thermique Φ_{air} dû à la perméabilité à l'air de la maison

• Définition de la perméabilité à l'air d'un bâtiment (π en $m^3.m^{-2}.h^{-1}$)

L'expression "perméabilité à l'air" caractérise la sensibilité d'un bâtiment vis-à-vis des écoulements d'air parasites causés par les défauts d'étanchéité à l'air de son enveloppe.

Elle s'exprime notamment à l'aide de l'indicateur $Q_{4 Pa-Surf}$.

Il est défini comme étant le débit de fuite d'air sous une pression différentielle de 4 Pa rapporté à la surface de parois déperditives (aire de l'enveloppe, hors plancher bas).

$$Perméabilité = \frac{Débit}{Surface\ de\ l'enveloppe}$$

Données :

(Source : ADEME)

Masse volumique de $\rho_{air} = 1,20 kg.m^{-3}$

Capacité thermique massique $c_{air} = 1,00.10^3 J.kg^{-1}.K^{-1}$

6) a- Vérifier que le volume d'air fuyant par heure vaut environ $99 m^3.h^{-1}$.

b- En déduire l'énergie Q_{air} perdue sous forme thermique par heure à cause de la perméabilité à l'air de la maison.

c- En déduire le flux thermique Φ_{air} .

7) Est-il important de tenir compte de la perméabilité à l'air de la maison ?

Justifier votre réponse.

Bilan thermique de la maison

Le chauffage de la maison sera assuré par un poêle de masse.

Ce type de poêle à bois, constitué de matériaux lourds (pierre, brique ou béton), stocke l'énergie d'une flambée quotidienne unique et intense et la restitue progressivement une fois le feu éteint.

Son rendement est de 92,5%.

Cette maison est prévue pour une famille de quatre personnes.

La puissance fournie par une personne à un milieu extérieur à la température de 20°C est d'environ 100 W.

8) Calculer la puissance P que doit fournir en moyenne le système de chauffage pour compenser l'ensemble des pertes thermiques.

9) En déduire l'énergie E fournie par le système de chauffage pendant une saison hivernale.

Exprimer le résultat en kilowattheures.

10) Calculer l'énergie E_{an} consommée annuellement par la chaudière.

11) Les caractéristiques thermiques de cette maison permettent-elles d'atteindre la consommation énergétique définie par le bureau d'études (norme RT2020) ?

Justifier votre réponse.

Apport d'énergie renouvelable

L'apport en énergie renouvelable sera assuré par des panneaux solaires photovoltaïques.

Pour des raisons esthétiques, ils seront placés à plat sur le toit horizontal du bâtiment.

Cette maison est prévue pour être construite partout en France.

Quel que soit l'ensoleillement annuel, ils devront fournir une énergie propre sur une année égale au moins à $1,00 \cdot 10^4$ kWh.

La consommation énergétique moyenne annuelle due au chauffage au bois de la maison est de $6,50 \cdot 10^3$ kWh.

La consommation électrique moyenne annuelle d'une famille de quatre personnes, hors chauffage, est de $2,60 \cdot 10^3$ kWh.

1) L'apport prévu en énergie renouvelable par les panneaux solaires sera-t-il suffisant ?

Justifier votre réponse.

Votre chef de projet vous demande de vérifier sur une installation existante si le rendement des panneaux solaires indiqué sur la documentation est proche de la réalité.

Vous disposez du matériel suivant :

- un voltmètre
- une pince ampèremétrique
- un solarimètre (instrument permettant de mesurer, en watts par mètre carré, le flux lumineux reçu en un point).
- un mètre ruban.

2) Proposer un protocole expérimental en utilisant le matériel fourni pour évaluer le rendement.

3) En vous aidant des documents ci-dessous, déterminer la surface minimale de panneaux solaires à installer sur le toit de la maison, sachant que le rendement d'un panneau est estimé à 15%.

- Orientation et inclinaison du panneau (Source : Hespul)

FACTEURS DE CORRECTION POUR UNE INCLINAISON ET UNE ORIENTATION DONNEES				
ORIENTATION \ INCLINAISON	0°	30°	60°	90°
	☀ —	☀ ↗	☀ ↘	☀ ↓
Est	0,93	0,90	0,78	0,55
Sud-Est	0,93	0,96	0,88	0,66
Sud	0,93	1,00	0,91	0,68
Sud-Ouest	0,93	0,96	0,88	0,66
Ouest	0,93	0,90	0,78	0,55

☐ : position à éviter si elle n'est pas imposée par une intégration architecturale

NB : ces chiffres n'incluent pas les possibles masques qui pourraient réduire la production annuelle.

source Hespul

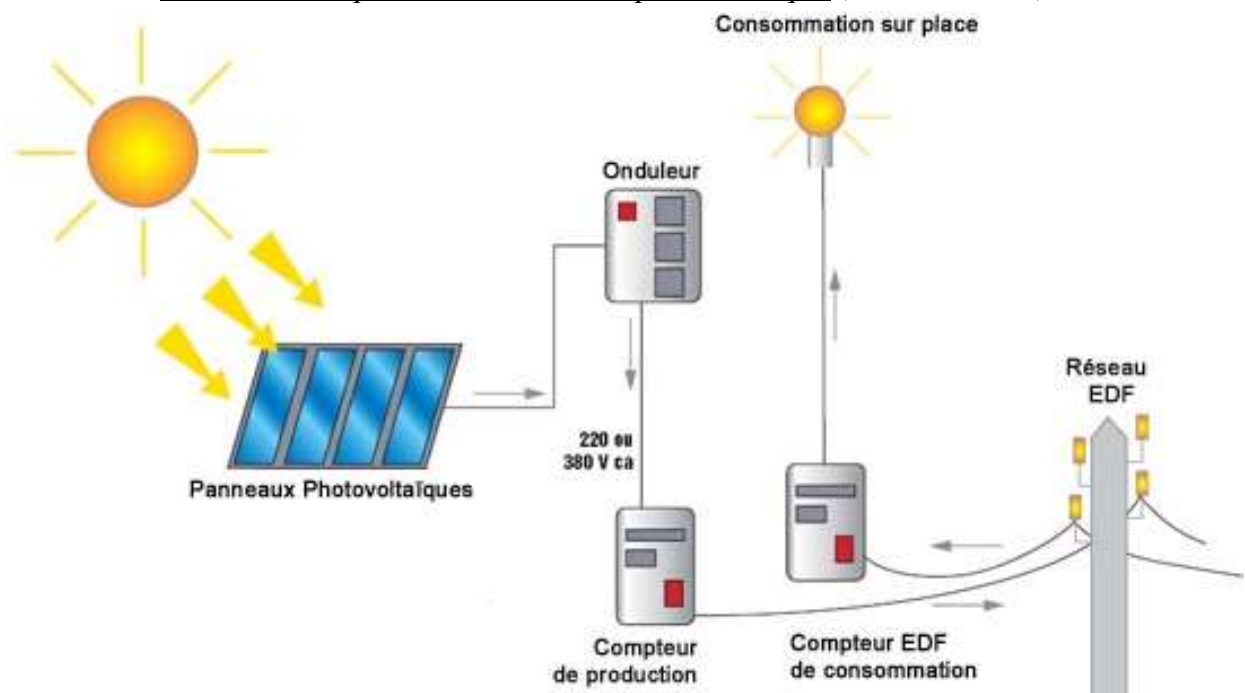
- Exemples d'ensoleillement annuel en France ($\text{kWh.m}^{-2}.\text{an}^{-1}$)

Lille	1100
Lyon	1400
Valence	1530
Brignoles	1700
Marseille	1900

4) Sur le schéma de l'installation ci-dessous, on trouve en sortie de panneaux solaires un dispositif appelé « Onduleur ».

Expliquer son rôle.

- Schéma électrique d'une installation photovoltaïque (Source : ADEME)



Au 1^{er} juillet 2015, le prix de vente à un particulier par EDF du kWh (heure pleine) de l'électricité était de 0,1600 € et le prix de rachat pour une installation photovoltaïque identique de 0,2578 €.

5) Déterminer le bénéfice moyen minimal que peut espérer un particulier en France.

TP

Les matériaux à changement de phase, des matériaux intelligents

Les matériaux à changement de phase (MCP) ont la capacité de stocker de la chaleur avant de la restituer.

A l'heure où les questions énergétiques sont de plus en plus sensibles, ces matériaux suscitent l'intérêt croissant des professionnels du bâtiment.

Des études sont également en cours dans le cadre du réchauffement des chaussées routières pour éviter la formation de verglas dans certaines zones dangereuses.

L'objectif de ce problème est d'étudier les avantages d'une association de matériaux à changement de phase avec les matériaux usuels utilisés en BTP.

Le problème est composé de deux parties indépendantes

Partie **A** : Propriétés thermiques du béton et d'un MCP.

Partie **B** : Les MCP et leurs encapsulants

• Données utiles pour la résolution du problème

Liquides ou solides – Les matériaux à changement de phase

Le centre scientifique et technique du bâtiment cherche à mettre en évidence l'intérêt des matériaux à changement de phase (MCP) dans la rénovation des bâtiments.

En renforçant l'inertie thermique de ces derniers, ils en améliorent le confort.

Leurs caractéristiques : ils changent d'état en fonction des variations de la température du milieu ambiant, comme la glace qui se transforme en eau lorsque la barre du zéro degré est franchie.

Ils se présentent sous forme de microbilles de paraffine encapsulées dans des polymères.

Celles-ci sont incorporées dans des matériaux, tels que plaque de plâtre, béton, panneau sandwich...

Seule différence avec l'eau : la température de changement d'état se situe entre 19°C et 27°C, températures respectivement fixées pour le confort d'hiver et d'été.

« Dès que l'air ambiant atteint cette température critique, la cire fond et absorbe une partie de la chaleur de la pièce, explique Laurence Le Stum, Account. Lorsque la température redescend, la cire redevient solide et « relargue » l'énergie accumulée dans le milieu ambiant ».

Le caractère isotherme de la charge et de la décharge énergétique d'un MCP permet son utilisation en tant que régulateur de température.

(Source : www.CSTB.com)

En situation hivernale, certaines zones routières, sont plus sensibles à la formation de verglas.

La méthode habituelle consiste à épandre, des fondants chimiques.

L'alternative étudiée consiste à intégrer des MCP dans la couche supérieure du revêtement routier de type enrobé ou béton routier bicouche.

Évidemment, la forme physique, ou le conditionnement des MCP doit satisfaire aux contraintes de fabrication, de mise en œuvre et de durabilité des structures routières.

Les MCP envisagés sont des paraffines à savoir des alcanes linéaires de type C_nH_{2n+2} .

Celui retenu pour la prévention du verglas devient solide aux alentours de 5°C.

Différents encapsulants du MCP ont été étudiés

Les recherches actuelles s'orientent vers le test des résines thermodurcissables de type époxyde avec durcisseur de type amine.

(D'après Belgian Road Research Centre)

• Données relatives à tout le problème

- Capacités thermiques massiques :

$$c_{\text{béton}} = 980 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

$$c_{\text{paraffine}} = 2200 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$$

- Chaleur latente massique (enthalpie) de fusion de la paraffine :

$$L_f = 166 \text{ kJ.kg}^{-1}$$

- Conductivité thermique λ du béton pour différentes masses volumiques ρ :

Masse volumique ρ_b (kg.m^{-3})	$2100 < \rho_b \leq 2200$	$2200 < \rho_b \leq 2300$	$2300 < \rho_b \leq 2400$
λ ($\text{W.K}^{-1}.\text{m}^{-1}$)	1,73	1,90	2,09

- Résistance thermique R pour une paroi plane de surface S , d'épaisseur e et de conductivité

thermique λ : $R = \frac{e}{\lambda S}$.

- Effet Joule : une résistance électrique soumise à la tension électrique U et traversée par le courant d'intensité I transfère intégralement sous forme thermique la puissance électrique $P = UI$ qu'elle reçoit.

- Inertie thermique :

Celle d'un matériau représente sa capacité à résister au changement de température lorsque son équilibre thermique est perturbé.

Le nouvel équilibre thermique est atteint après un temps caractéristique τ qui est proportionnel à $\frac{e^2}{D}$

où e est l'épaisseur du matériau et D une grandeur appelée diffusivité thermique.

La diffusivité thermique dépend de la conductivité thermique λ , de la capacité thermique massique c et de la masse volumique ρ du matériau et s'exprime par $D = \frac{\lambda}{\rho c}$ ($\text{m}^2.\text{s}^{-1}$).

- Équivalence : $1 \text{ Wh} = 3600 \text{ J}$

- Noms des premiers alcanes :

Nombre d'atome(s) de carbone	Nom	Nombre d'atome(s) de carbone	Nom
1	méthane	11	undécane
2	éthane	12	dodécane
3	propane	13	tridécane
4	butane	14	tétradécane
5	pentane	15	pentadécane
6	hexane	16	hexadécane
7	heptane	17	heptadécane
8	octane	18	octadécane
9	nonane	19	nonadécane
10	décane	20	eicosane

Thermique (A)

Les matériaux à changement de phase



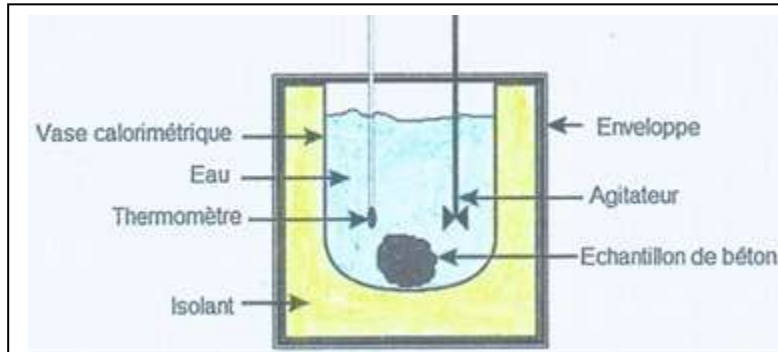
1) Sur le schéma ci-dessus faire figurer au-dessus de chaque flèche le nom des changements d'état.

Indiquer lequel correspond à un changement d'état exothermique et lequel correspond à un changement d'état endothermique.

2) Pourquoi l'eau à la pression atmosphérique ne peut-elle pas être utilisée comme MCP pour la régulation thermique des bâtiments ?

Détermination de caractéristiques thermiques du béton

On suit le protocole suivant avec un béton de masse volumique $\rho_b = 2400 \text{ kg.m}^{-3}$.



- Introduire une masse m_e d'eau dans le calorimètre.
- Mesurer la température θ_i de l'ensemble.
- Introduire dans le calorimètre un morceau de béton de masse m préalablement placé dans un bain marie à la température θ .
- A l'équilibre thermique, relever la température finale θ_f de l'ensemble.

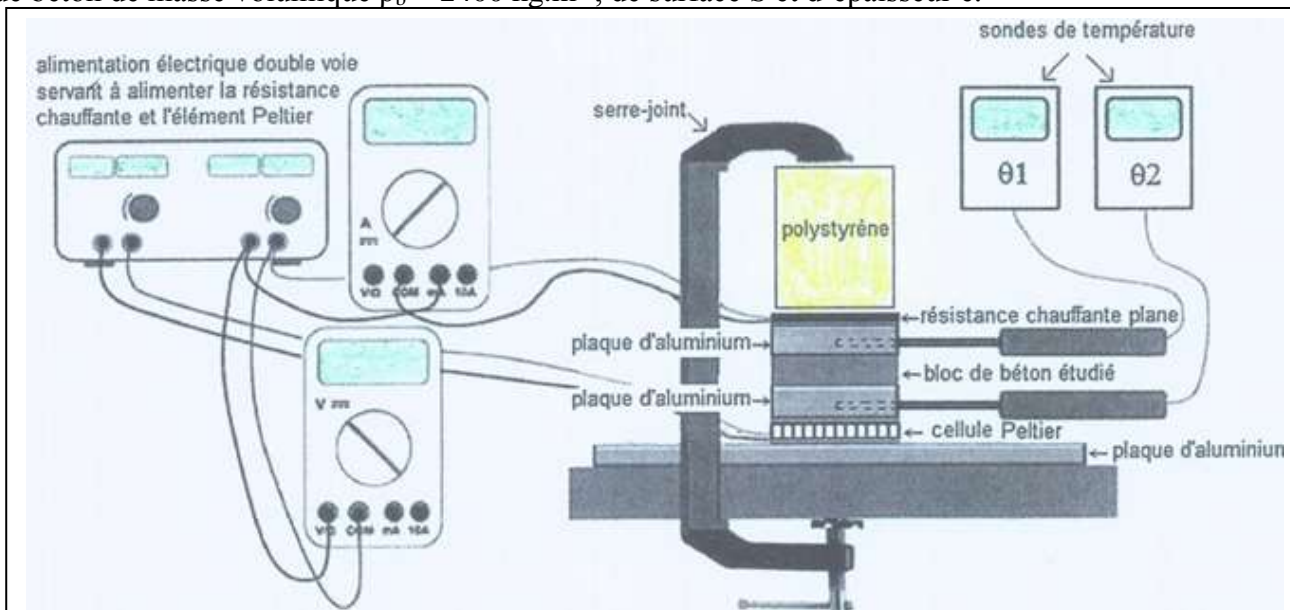
Dans des ouvrages spécialisés, on trouve que pour cette formulation du béton, la valeur de la capacité thermique massique du béton attendue se situe autour de $c = 980 \text{ J.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$.

L'exploitation des mesures expérimentales obtenues avec le protocole conduit à une valeur assez différente.

3) Expliquer sans calcul d'où peut provenir cet écart.

Détermination de la conductivité thermique

On suit maintenant le protocole expérimental suivant pour déterminer la conductivité thermique d'un bloc de béton de masse volumique $\rho_b = 2400 \text{ kg.m}^{-3}$, de surface S et d'épaisseur e .



- L'échantillon de béton est placé entre deux plaques d'aluminium dans une enceinte isolée partiellement de l'extérieur.
- Une face de ce matériau est chauffée par effet Joule à l'aide d'une résistance chauffante.
- Cette énergie électrique est transférée à l'échantillon de béton.
- L'autre face est refroidie grâce à une cellule Peltier.
- Deux sondes thermométriques repèrent la température de chaque face du béton.
- Le ventilateur permet d'évacuer la chaleur dissipée par la cellule Peltier.
- Une fois le régime stationnaire établi les températures θ_1 de la face chaude et θ_2 de la face froide du béton sont relevées.
- On note R la résistance thermique de cet échantillon de béton.

4) Quel mode de transfert thermique est mis en jeu dans le bloc de béton ?

5) Rappeler la relation liant le flux thermique Φ et la différence de température $\Delta\theta$ dans le cas d'une paroi plane, en précisant les unités des grandeurs utilisées.

6) Expliquer soigneusement pourquoi ce dispositif expérimental permet d'accéder à la mesure de la résistance thermique du béton.

7) A partir des données expérimentales suivantes, justifier que le flux thermique a pour valeur $\Phi = 6,00$ W.

U (V)	I (A)	S (cm ²)	θ_1 (°C)	θ_2 (°C)	e (mm)
12,00	0,500	64,0	29,7	27,5	5,00

8) Montrer que les mesures expérimentales précédentes permettent de retrouver une valeur de la conductivité thermique, λ , du béton, proche de celle proposée dans les données.

Etude d'une association MCP-béton

(Ajout d'un panneau de MCP sur un mur)

On s'intéresse à un mur composé pour grande partie de béton et de coefficient de transmission thermique $U = 0,660 \text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$.

9) Rappeler la relation liant la résistance thermique surfacique r_{mur} et le coefficient de transmission thermique.

Calculer r_{mur} .

On plaque sur toute la surface du mur un panneau à inertie thermique (épaisseur $e' = 5 \text{ mm}$) contenant un MCP.

La conductivité thermique du panneau est estimée à $\lambda' = 0,180 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$.

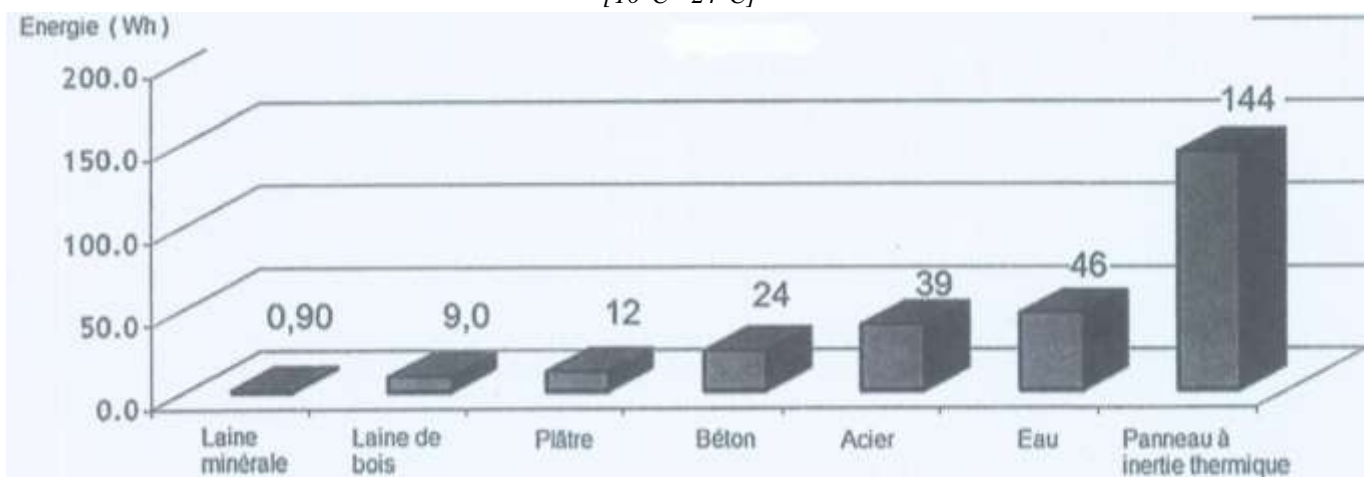
Ce panneau contient 2,70 kg de paraffine.

10) Calculer la résistance thermique surfacique globale r_g et en déduire le nouveau coefficient de transmission thermique U_g de l'association ainsi constituée.

Lors d'un essai en laboratoire, le panneau à inertie thermique de surface $S = 1 \text{ m}^2$ est soumis à une variation de température de 18°C à 24°C .

Sur le site constructeur, on peut voir le diagramme ci-dessous.

- Comparaison du stockage thermique de différents matériaux avec un panneau à inertie thermique pour une même épaisseur (5 mm)
[10°C - 24°C]



11) A l'aide du diagramme précédent, montrer que pour cette variation de température, l'énergie stockée dans le panneau est due pour plus de 85% à l'énergie mise en jeu par la fusion de la paraffine que le panneau contient (on rappelle que le panneau contient $m = 2,70 \text{ kg}$ de paraffine).

12) Montrer que l'épaisseur de béton qui, à surface égale, permettrait un stockage d'énergie équivalent à celui d'un panneau à inertie thermique est d'environ 3 cm.

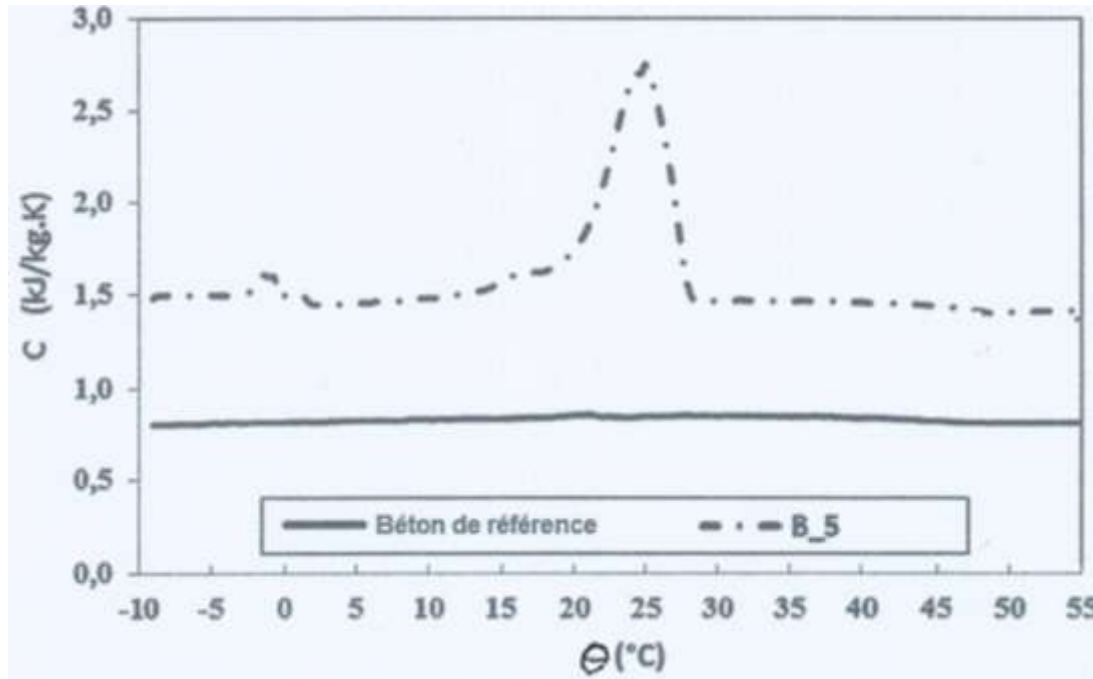
13) Conclure quant à l'intérêt de l'ajout d'un panneau à inertie thermique sur le mur (on s'intéressera aux aspects d'isolation et de stockage thermiques).

(Incorporation d'un MCP lors de la formation d'un béton)

Une étude expérimentale en comparant un béton de référence (masse volumique $\rho_b = 2400 \text{ kg.m}^{-3}$) avec un béton contenant 5% en volume de MCP (masse volumique $\rho_{MCP} = 770 \text{ kg.m}^{-3}$) a conduit aux graphes suivants.

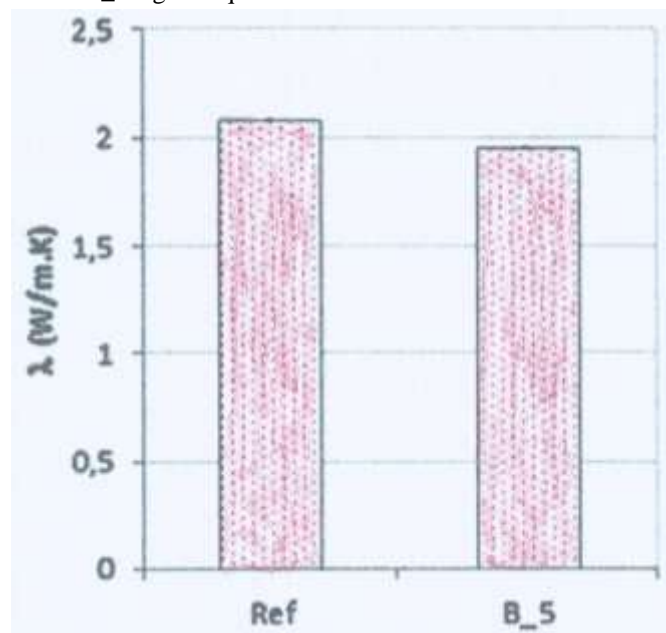
• Évolution de la capacité thermique massique en fonction de la température

(Lecture : B_5 signifie que 5% du volume total est constitué de MCP)



• Évolution de la conductivité thermique en fonction de la composition du béton

(Lecture : B_5 signifie que 5% du volume total est constitué de MCP)



14) Justifier que l'incorporation d'un MCP dans le béton, permet d'augmenter son inertie thermique par rapport au béton de référence.

Tout raisonnement même incomplet sera pris en compte.

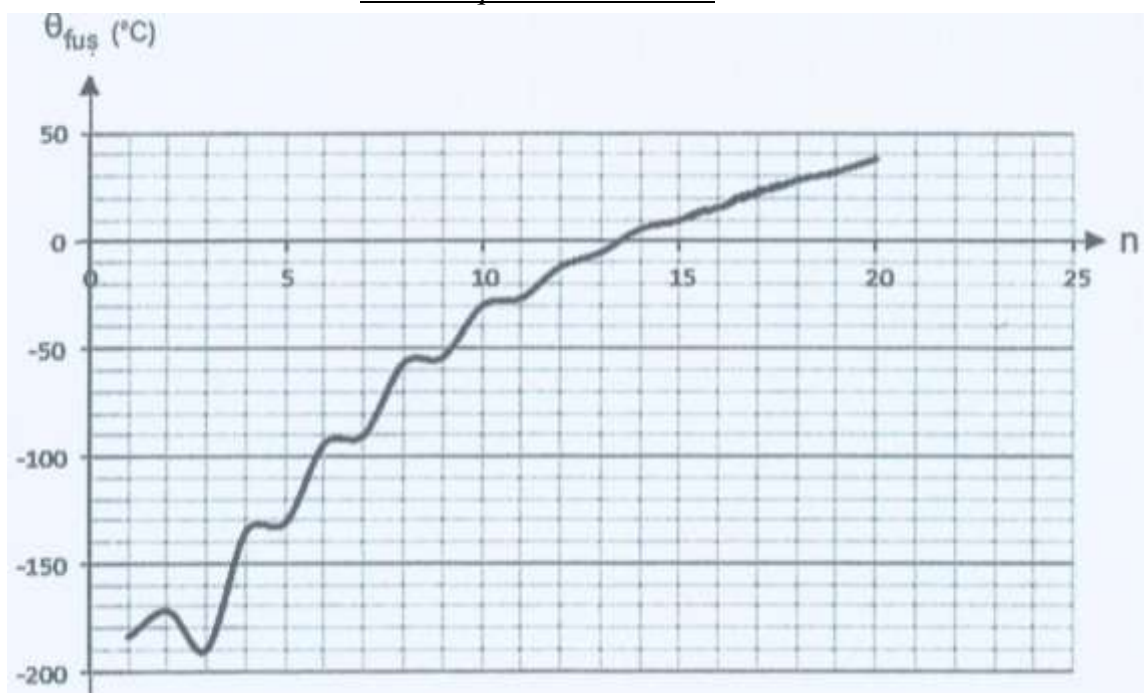
Chimie organique (B)

Identification des paraffines utilisables comme MCP

1) En s'aidant du graphique suivant, proposer, en justifiant le choix, un nom et une formule chimique pour chacune des paraffines constituant les MCP respectivement :

- Pour le confort thermique des bâtiments.
- Pour la prévention de la formation du verglas sur les routes.

- Variations des températures de fusion des alcanes linéaires en fonction du nombre n , d'atomes de carbone qui les constituent.



Étude de l'encapsulant du MCP d'un panneau à inertie thermique

Il est possible de déterminer la masse molaire moléculaire d'un polymère à partir de différentes techniques (diffusion de la lumière, mesure de viscosité, fractionnement par dissolutions sélectives...).

On a déterminé une masse molaire moyenne $M_{\text{polyéthylène}} = 56,0 \text{ kg.mol}^{-1}$ pour le polyéthylène, polymère obtenu à partir de l'éthylène de formule semi-développée $\text{CH}_2 = \text{CH}_2$.

- 2) L'éthylène (éthène) fait-il partie de la famille des alcanes ?

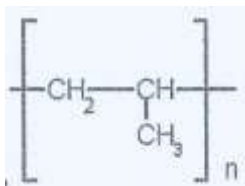
Justifier.

- 3) Expliquer pourquoi l'éthylène est polymérisable.

- 4) Écrire l'équation de la réaction traduisant la synthèse du polyéthylène à partir d'éthylène.

- 5) Montrer que le degré de polymérisation du polyéthylène vaut 2000.

• Formule du polypropylène



- 6) Donner la formule brute et la formule semi-développée du monomère correspondant.

Bilan des sujets 2016

Sujets 2016

Physique

Acoustique
 Calorimétrie : 2
 Mécanique
 Mécanique des fluides : 1
 Photométrie : 2
 Rayonnement
 Thermique : 5
 Thermodynamique de gaz parfaits

Chimie

Chimie organique : 4
 Oxydoréduction : 1
 Solutions aqueuses : 2

Bilan global

BTS	?...2016
B	...1990
EEC	...1991
TP	...1991
SCBH	...1992
EB	...1996
AF	...1999

Physique

Acoustique : 63
 Calorimétrie : 21_{sujets} et 20_{extraits}
 Mécanique : 15
 Mécanique des fluides : 59
 Photométrie : 34
 Rayonnement : 7
 Thermique : 71
 Thermodynamique de gaz parfaits : 19

Chimie

Chimie organique : 74
 Oxydoréduction : 46
 Solutions aqueuses : 39

Sujets	eb 2016	eec 2016
Calorimétrie		
définitions		
$Q = m.c.\Delta\theta$		
$Q = n.C.\Delta\theta$ ($C_p : C_v = \gamma$)		
$Q = \mathcal{C}.\Delta\theta$		
$Q = m.L$		
$\Sigma Q_i = 0$		
$Q(E) = P.t$		
$m = \rho.V$		
t(temps) ; d(débit)		
η : rendement %		
coût		
pouvoir calorifique P_c		
$Q = n.P_c$		
$n = m/M, n = V/V_{\text{molaire}}$		
$P.C.S = P.C.I + m.L$		
$p.V = n.RT$		
Transfert de chaleur		

MECANIQUE des FLUIDES	eb 2016
hydrostatique	
$d_{\text{fluide}} = \rho_{\text{fluide}} / \rho_{\text{fluide référent}}$	
$\rho_{\text{gaz}} = \rho_0 \cdot (P / P_0) \cdot (T_0 / T)$	
$\rho_{\text{mélange}} = \sum \rho_i \cdot V_i / \sum V_i$ $d_{\text{mélange}} = \sum d_i \cdot V_i / \sum V_i$	
$P \cdot V_{\text{gaz}} = n \cdot R \cdot T$	
Principe : $\Delta P = \rho \cdot g \cdot h \ (P_2 - P_1)$	
Pression absolue : $P_2 = P_1 + \rho \cdot g \cdot h$	
Pression relative : $P_2 = \rho \cdot g \cdot h \ (P_1 = P_{\text{atm}})$	
$F = P \cdot S \ (surface \ horizontale)$	
$F = \int p \cdot dS \ (surface \ verticale)$	
Carctéristiques de \vec{F}	
Vases communicants	
Poids : $P = m \cdot g \ (m = \rho \cdot V)$	
Théorème d'Archimède $\Pi = \rho \cdot V_{\text{immergé}} \cdot g$	
Théorème de Pascal : <i>les liquides transmettent les pressions</i>	
Tension superficielle, capillarité	
hydrodynamique	
$Q_v = S \cdot v ; Q_m = \rho \cdot Q_v$	
$S_{\text{circulaire}} = \pi \cdot R^2 = \pi \cdot (D^2 / 4)$	
$V_2 = V_1 \cdot (D_1 / D_2)^2 = V_1 \cdot (S_1 / S_2)$	
$t = \text{Volume} / Q_v = m / Q_m$	
$(m / \rho) \cdot (P_2 - P_1) + \frac{1}{2} m \cdot (v_2^2 - v_1^2) + m g (z_2 - z_1) = E \ (Bernoulli)$	
Ecoulement « libre » : $E = 0$ $P + \frac{1}{2} \rho \cdot v^2 + \rho \cdot g \cdot z = \text{constante}$	
$v = \sqrt{2g \cdot h}$ (à l'air libre)	
Ecoulement forcé : $E \neq 0$ Si $m = Q_m$: $E = P$	
$E = P \cdot t$	
Approximations : $v \approx 0$ (grande surface) $P = P_{\text{atmosphérique}}$ (à l'air libre)	
Tube de Pitot	
Travail ; $E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2 ; E_p = m \cdot g \cdot h$	
$G = L^a \cdot M^b \dots$, unités	
Pourcentage	

<u>PHOTOMETRIE</u>	af 2016	b 2016
Définitions – Spectre lumineux		
Rayonnement		
Utilance		
$\Phi_{\text{énergétique}} = \eta \cdot P_{\text{électrique}}$ (et $E = P \cdot t$)		
$\Phi_{\text{lumineux}} = k \cdot P$		
$G_l = e_{\lambda} \cdot G_e$ ($G : M, L, I, E, \Phi$) $e_{\lambda} = 683 \cdot V$		
Surface indicatrice d'émission		
<u>Source primaire ponctuelle isotrope</u> : $\Phi = I \cdot \Omega$		
$\Omega = 4\pi$ (espace)		
$\Omega = 2\pi$ (demi-espace)		
$\Omega = 2\pi \cdot (1 - \cos \theta)$		
$d\Omega = dS \cdot \cos \theta / r^2$		
$d\Omega = 2\pi \cdot \sin \theta \cdot d\theta$		
<u>Source primaire ponctuelle orthotrope</u> : $d\Phi = I \cdot d\Omega$ $\Phi = \pi \cdot I_N \cdot (1 - \cos^2 \theta_{\text{maximum}}) = \int d\Phi$		
$\Phi = \pi \cdot I_N$ ($\theta_{\text{maximum}} = \pi / 2$)		
$I_{\theta} = I_N \cdot \cos \theta$		
<u>Source étendue</u> loi de Lambert $M = \pi \cdot L$		
$L = I / S_{\text{apparente source}}$		
$\Phi = M \cdot S_{\text{réelle source}}$		
$E = I \cdot \cos \theta / d^2$ (source ponctuelle)		
$E_N = I_N / h^2$ (source ponctuelle)		
$E = \Phi / S_{\text{éclairée}}$		
$E = \sum E_i$		
Luxmètre		
Source secondaire réfléchissante : $M = r \cdot E$ ($r = \Phi_{\text{réfléchi}} / \Phi_{\text{incident}}$)		
Source secondaire transmittante : $M = t \cdot E$ ($t = \Phi_{\text{transmis}} / \Phi_{\text{incident}}$)		
Eclairage (LED, couleurs primaires, synthèse additive)		
Descartes...		
Pourcentage		

THERMIQUE	af 2016	b 2016	eec 2016	scbh 2016	tp 2016
Transferts de chaleur, définitions					
Loi de Fourier $\phi = -\lambda \cdot d\theta / dx$					
$\phi = \lambda \cdot (\theta_1 - \theta_2) / e$					
$\Phi = \lambda \cdot S \cdot (\theta_1 - \theta_2) / e = \phi \cdot S$					
Convection, rayonnement $r_s = 1 / h$					
Paroi simple $r = e / \lambda + \Sigma r_s$					
Paroi composite $r = \Sigma e_i / \lambda_i + \Sigma r_s + \Sigma r_i$					
$U = 1 / r$					
$R = r / S$					
Ponts thermiques: $\Sigma \Psi_j \cdot \ell_j + \Sigma \chi$					
Paroi discontinue $U_{bat} = (\Sigma U_{i..} S_i + \Sigma \Psi_j \cdot \ell_j + \Sigma \chi) / \Sigma S_i$					
$\phi = U \cdot \Delta\theta = \Delta\theta / r$					
(P) $\Phi = \phi \cdot S = U \cdot S \cdot \Delta\theta = \Delta\theta / R$					
$G = [U_{bat} \cdot S + (\eta \cdot p \cdot c \cdot V) / 3600] / V$ $G = G_{paroi} + G_{air}$					
(P) $\Phi = G \cdot V \cdot \Delta\theta$					
$E = \Phi \cdot t$					
Coût, économie					
Label BBC – Label BEPAS					
$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta$ ($m = \rho \cdot V$)					
$Q = m \cdot L$					
$P = U \cdot I$					
$\Delta\theta = \theta_1 - \theta_2 = \phi \cdot r_{\Delta\theta}$					
θ_{si}, θ_{se}					
Diagramme des températures					
θ_{si} et point de rosée					
θ_{si} et confort					
Diagramme de l'air humide					
H_R (p/p_s ; w/w_s)					
Panneaux solaires					
Isolation thermique					
Rayonnement					
$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$					
$p = \rho \cdot g \cdot h$					
Pourcentage - Rendement					
$G = M^a \cdot L^b \cdot T^c \dots$					

CHIMIE ORGANIQUE	af 2016	b 2016	eec 2016	tp 2016
$n = m / M ; n = V_{\text{gaz}} / V_{\text{molaire}}$				
Nomenclature				
Isomères				
Alcanes C_nH_{2n+2}				
Alcènes C_nH_{2n}				
Alcynes C_nH_{2n-2}				
Autres : benzène C_6H_6 , chloro.,...				
Formule et pourcentage massique				
Densité et aération				
Combustion complète		CH ₄	CH ₄	
$V_{\text{air}} = 5 \cdot V_{\text{dioxygène}}$				
CO ₂ et effet de serre (GES)				
Energie thermique E, pouvoir calorifique				
$E = P \cdot t$				
$P.C.S = P.C.I + m.L_{\text{liquéfaction}}$				
$Q_1 = m.c.\Delta\theta ; Q_2 = m.L$				
Combustion incomplète				
Substitution				
Addition				
Elimination				
Craquage (pyrolyse)				
Estérification				
Polymérisation : polyaddition $x \cdot \text{monomère} \rightarrow \text{polymère}$ $(\text{motif})_x$				
Indice de polymérisation : x				
$M(\text{polymère}) = x \cdot M(\text{monomère})$				
Fabrication du monomère				
Facteurs cinétiques (catalyseur)				
Groupements fonctionnels				
Polymérisation : polycondensation $x Aa + x Bb \rightarrow (AB)_x + x ab$				
Polymères : utilisation				
Polymère et matière plastique				
Polymère et adjuvants				
Polymère et combustion				
Polymère et chaleur				
Polymère et pollution	COV			
Pourcentage. Incertitude relative				

<u>OXYDOREDUCTION</u>	af 2016
Définitions. Nomenclature	
$n = m / M ; n = V_{\text{gaz}} / V_{\text{molaire}}$	
Oxydoréduction en <u>phase sèche</u>	
$n = C(X) \cdot V_{\text{solution aqueuse}}$ $n = [X^{\text{x}+}_{\text{aq}}] \cdot V_{\text{aq}} ; n = [Y^{\text{y}-}_{\text{aq}}] \cdot V_{\text{aq}}$	
Oxydoréduction en <u>phase aqueuse</u> Potentiel d'oxydoréduction : E^0 Couple « redox » oxydant / réducteur	
Couple $M^{\text{x}+}$ ion métallique / Métal	
Classification des métaux réducteurs	
Couple H^+ aqueux / H_2	
Règle du gamma	
Réduction <i>Oxydant 1 + x e⁻ → Réducteur 1</i>	
Oxydation <i>Oxydant 2 + y e⁻ ← Réducteur 2</i>	
<u>Oxydoréduction</u> <i>...Oxydant 1 + ...Réducteur 2 →</i> <i>...Réducteur 1 + Oxydant 2</i>	
Dosage	
Pile : <i>description</i>	
Pile : <i>polarité (anode- ; cathode+)</i>	
Pile : <i>force électromotrice (f.e.m)</i>	
Pile : <i>électrode de référence (Pt)</i>	
Pile : <i>notation ($M_1/M_1^{\text{x}+} // M_2^{\text{y}+}/M_2$)</i>	
Faraday : 96500 C.mol ⁻¹ (F)	
$Q = I.t ; n_{e^-} = Q / F$	
$n_{\text{métal}} = (1 / y).n_{e^-}$	
$m_{\text{métal anode}} = (1 / y).(I.t / F).M_{\text{métal}}$	
Corrosion par <i>agent oxydant</i>	
Corrosion <i>électrochimique</i> (pile)	
Protection par <i>revêtement</i>	
Protection par <i>générateur électrique</i>	
<u>Protection électrochimique</u> (pile) (anode sacrificielle)	
Manipulation - Protocole	
Electrolyse	

Solution acide . Solution basique Solution aqueuse... <i>autre</i>	af 2016	eb 2016
Définitions. Nomenclature		
Solution aqueuse		
Solution acide		
Solution basique		
$n = m / M$; $n = V_{\text{gaz}} / V_{\text{molaire}}$		
$n = C(X) \cdot V_{\text{solution aqueuse}}$ $n = [C^{x+}_{\text{aq}}] \cdot V_{\text{aq}} ; n = [A^{y-}_{\text{aq}}] \cdot V_{\text{aq}}$		
$d = \rho / \rho_{\text{eau}}$; $\rho = m / V_{\text{aq}}$; $\chi = m_{\text{soluté}} / V_{\text{aq}}$ $t = 100 \cdot (m_{\text{soluté}} / m)$		
Autoionisation de l'eau $2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+_{\text{aq}} + \text{OH}^-_{\text{aq}}$		
$\text{pH} = -\log[\text{H}_3\text{O}^+_{\text{aq}}] = 14 + \log[\text{OH}^-_{\text{aq}}]$ $[\text{H}_3\text{O}^+_{\text{aq}}] = 10^{-\text{pH}}$		
$K_e = [\text{H}_3\text{O}^+_{\text{aq}}] \cdot [\text{OH}^-_{\text{aq}}]$		
Solution électriquement neutre $\sum x \cdot [C^{x+}] + [\text{H}_3\text{O}^+] = [\text{OH}^-] + \sum y \cdot [A^{y-}]$		
Dissolution		
mono Acide fort AH $\text{AH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+_{\text{aq}} + \text{A}^-_{\text{aq}}$ Réaction totale		
mono Base forte COH $\text{COH} \rightarrow \text{C}^+_{\text{aq}} + \text{OH}^-_{\text{aq}}$ Dissolution totale		
<u>Dosage</u> $\text{A}_{\text{fort}} \text{ par } \text{B}_{\text{forte}} ; \text{B}_{\text{forte}} \text{ par } \text{A}_{\text{fort}}$		
Mode opératoire. Courbe		
Equation de neutralisation $\text{H}_3\text{O}^+_{\text{aq}} + \text{OH}^-_{\text{aq}} \rightarrow 2 \text{H}_2\text{O}$		
Equivalence (pH = 7) $C_{\text{acide}} \cdot V_{\text{acide}} = C_{\text{base}} \cdot V_{\text{base}}$		
Résidu : n, m, C		
Précautions - Protocole		
monoacide faible AH $\text{AH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+_{\text{aq}} + \text{A}^-_{\text{aq}}$ Réaction partielle		
monobase faible : B $\text{B} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{OH}^-_{\text{aq}} + \text{BH}^+_{\text{aq}}$ Réaction partielle		
Conservation de la matière Acide faible $[\text{AH}_{\text{solution}}] = [\text{AH}_{\text{initiale}}] - [\text{A}^-_{\text{aq}}]$		
Conservation de la matière Acide faible $[\text{B}_{\text{solution}}] = [\text{B}_{\text{initiale}}] - [\text{BH}^+_{\text{aq}}]$		
Constante d'acidité $\text{p}K_A = -\log K_A$ $K_A = [\text{H}_3\text{O}^+_{\text{aq}}] \cdot [\text{A}^-_{\text{aq}}] / [\text{AH}_{\text{solution}}]$		
Dosage A _{faible} par B _{forte} ($C_A \cdot V_A = C_B \cdot V_B$) $\text{AH}_{\text{solution}} + \text{OH}^-_{\text{aq}} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{A}^-_{\text{aq}}$		
Dosage B _{faible} par A _{fort} ($C_A \cdot V_A = C_B \cdot V_B$) $\text{B}_{\text{solution}} + \text{H}_3\text{O}^+_{\text{aq}} \rightarrow \text{H}_2\text{O} + \text{BH}^+_{\text{aq}}$		
Précipitation		
Dilution $C = C_1 V_1 / (V_1 + V_2)$		
Mélange $C = (C_1 V_1 + C_2 V_2) / (V_1 + V_2)$		