

**AF**

### Le Polyméthacrylate de méthyle

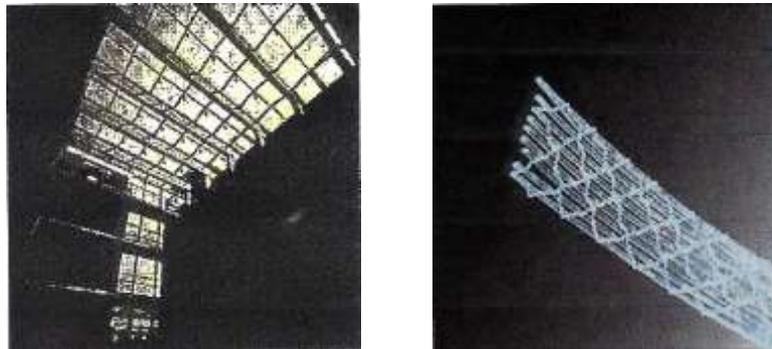
Le PMMA ou polyméthacrylate de méthyle est un polymère connu depuis 1932 sous le nom de plexiglass. Ce polymère possède des propriétés physiques remarquables :

- une transparence à la lumière supérieure à celle du verre
- une excellente tenue aux agents atmosphériques, ainsi qu'aux UV
- une légèreté due à sa faible masse volumique
- une solidité qui le protège des rayures
- une grande flexibilité
- ...

Dans le secteur du bâtiment, parmi de nombreuses applications, on peut citer l'emploi du PMMA dans les panneaux photovoltaïques en remplacement du verre.

Le PMMA est aussi utilisé dans l'ameublement, l'agencement et la décoration de magasins.

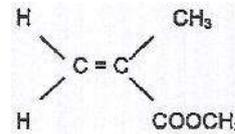
Ce sujet aborde l'utilisation du PMMA dans les vitrages et les fibres optiques.



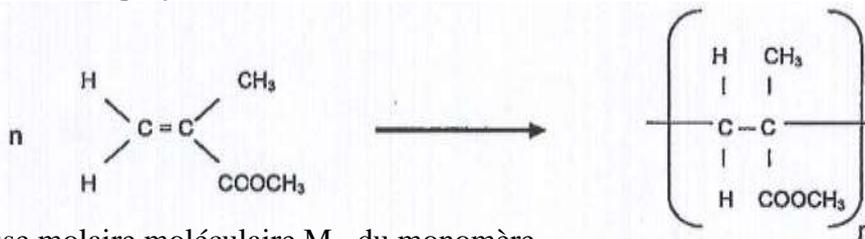
(Photos extraites du site internet « archiexpo »)

### Chimie organique

Le vitrage étudié est en polyméthacrylate de méthyle (PMMA) dont le monomère est :



L'équation de la réaction de polymérisation s'écrit :



1) Calculer la masse molaire moléculaire  $M_m$  du monomère.

La masse molaire du PMMA utilisé ici est  $M_p = 3,00 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{mol}^{-1}$ .

2) Calculer l'indice de polymérisation  $n$  de ce polymère.

Sous l'action de la chaleur, le PMMA peut être fondu, puis remoulé.

3) Préciser si ce polymère est thermodurcissable ou thermoplastique.

On souhaite fabriquer une vitre aux dimensions suivantes : 300 cm x 200 cm x 1,0 cm.

4) Calculer le volume  $V$ , en  $\text{m}^3$ , de PMMA nécessaire.

5) En déduire la masse  $m$  de cette vitre en PMMA sachant que la masse volumique du PMMA utilisé est  $\rho = 1190 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ .

Si le matériau choisi avait été du verre, la masse du même vitrage aurait été de 150 kg environ.

6) Conclure sur l'un des avantages à utiliser le PMMA.

## Oxydoréduction

Le cadre de la fenêtre est conçu en aluminium (Al).

Comme nombre de métaux, l'aluminium peut être corrodé par des agents oxydants présents dans l'atmosphère.

*Données :*

$$E^0 (Al^{3+}/Al) = -1,66 \text{ V}$$

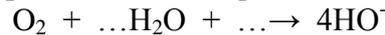
$$E^0 (O_2/HO^-) = -0,09 \text{ V (à } pH = 8)$$

1) Ecrire la demi-équation électronique qui traduit la corrosion de l'aluminium.

Préciser si c'est une oxydation ou une réduction, en justifiant brièvement.

On considère que l'attaque de l'aluminium se produit par le dioxygène de l'air en milieu légèrement basique (présence d'ions  $HO^-$ ).

2) Recopier sur votre copie, en la complétant, la demi-équation électronique du couple  $O_2/HO^-$  :



3) A partir des données, justifier le fait que le dioxygène peut réagir avec l'aluminium.

4) Proposer un moyen de protéger les métaux de l'oxydation.

## Thermique

*Données :*

- Simple vitrage : PPMA d'épaisseur  $e_1 = 10 \text{ mm}$  ou verre d'épaisseur  $e_2 = 10 \text{ mm}$
- Températures de l'air à l'intérieur et à l'extérieur de la maison, respectivement  $\theta_i = 18^\circ C$  et  $\theta_e = 4^\circ C$

- Conductivité thermique du PPMA :  $\lambda_1 = 0,170 \text{ W.m}^{-1}.K^{-1}$

- Conductivité thermique du verre :  $\lambda_2 = 1,15 \text{ W.m}^{-1}.K^{-1}$

- résistances thermiques surfaciques superficielles interne et externe, respectivement  $r_{si} = 0,13 \text{ m}^2 \text{ K}^{-1}.W^{-1}$  et  $r_{se} = 0,040 \text{ m}^2 \text{ K}^{-1}.W^{-1}$

(on considérera ces valeurs identiques pour le PPMA et le verre)

- Coût du kilowattheure : 0,080 €

- Dimensions du vitrage : 300 cm x 200 cm x 1,0 cm.

1) Vérifier que les résistances thermiques surfaciques  $r_1$  du PPMA et  $r_2$  du verre valent respectivement :  $0,23 \text{ m}^2.K. W^{-1}$  et  $0,18 \text{ m}^2.K. W^{-1}$ .

2) Calculer les flux thermiques surfaciques  $\phi_1$  dans le cas du PPMA et  $\phi_2$  dans le cas du verre.

3) Montrer que le flux thermique traversant la surface vitrée en PPMA vaut  $\phi_1 = 3,7.10^2 \text{ W}$  et que celui traversant la même surface en verre est égal à  $\phi_2 = 4,7.10^2 \text{ W}$ .

4) Calculer, en kWh, l'énergie  $E_1$  perdue à travers le vitrage en PPMA, puis l'énergie  $E_2$  perdue à travers le vitrage en verre, pendant 24 heures, en considérant l'écart de température constant pendant toute cette durée.

Sur une durée de 24 heures, le vitrage en PPMA permet ainsi de réaliser une économie d'énergie d'environ 2 kWh par rapport à une surface vitrée en verre classique.

5) Calculer l'économie financière réalisée sur une année comportant 180 jours de chauffage.

## Photométrie

Etude d'un système d'éclairage naturel à fibres optiques en PPMA.

Pour différentes raisons, la lumière naturelle constitue le meilleur des éclairages.

Plus belle, plus agréable, elle est aussi la meilleure pour notre santé et notre bien-être.

De plus elle est gratuite.

Mais comment en bénéficier dans les pièces ne comportant pas d'ouvertures sur l'extérieur ?

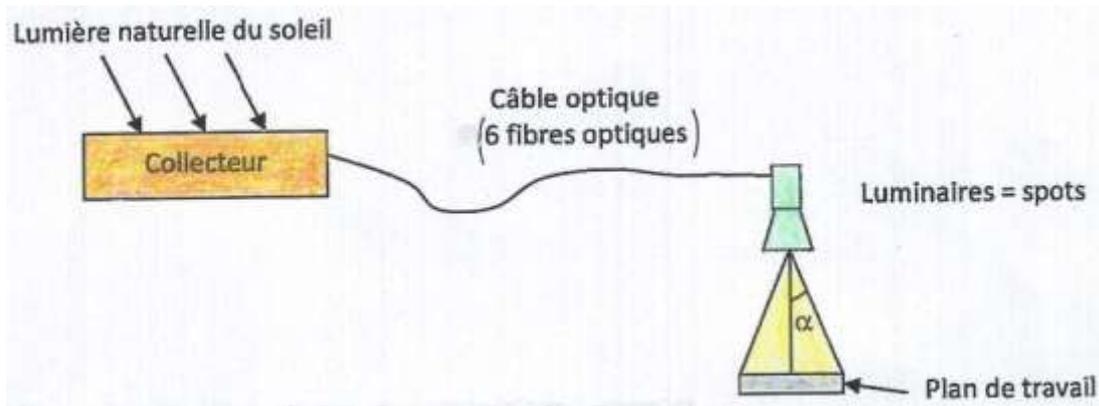
Le système schématisé ci-dessous montre une solution innovante et intéressante d'un point de vue écologique.

Il collecte la lumière naturelle du soleil et la redirige à l'intérieur de la maison, via six fibres optiques en polyméthacrylate de méthyle (PPMA) regroupées dans un câble.

A l'extrémité du câble, un luminaire, ici un spot, dirige la lumière vers le plan de travail d'une cuisine que l'on souhaite éclairer.

Ce type de système constitue une alternative aux puits de lumière et aux grandes verrières, sources d'excès

de chaleur.



### Le collecteur de lumière solaire

La lumière naturelle est composée de radiations visibles, de radiations infrarouges et de radiations ultraviolettes.

#### 1) Rayonnement

Reproduire l'axe ci-dessous.



Situer sur cet axe les domaines correspondant aux radiations visibles, infrarouges et ultraviolettes.

Un filtre infrarouge et un filtre ultraviolet équipent le collecteur.

2) Quel peut être l'intérêt d'utiliser un filtre infrarouge ?

Lors d'une journée très ensoleillée, l'éclairement énergétique  $E_e$  au niveau du toit sur lequel est placé le collecteur, est de  $1,0 \text{ kW} \cdot \text{m}^{-2}$ .

Ce capteur de lumière a une surface utile  $S$  de  $0,25 \text{ m}^2$ .

L'efficacité lumineuse du rayonnement solaire vaut  $k = 100 \text{ lm} \cdot \text{W}^{-1}$ .

3) a- Calculer le flux énergétique  $\Phi_e$  reçu par le capteur.

b- En déduire que le flux lumineux  $\Phi_l$  collecté par le capteur est égal à  $25 \cdot 10^3 \text{ lm}$ .

### Les fibres optiques

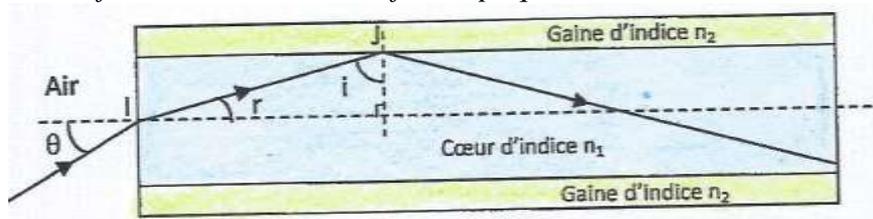
Le flux lumineux  $\Phi_0$  qui pénètre effectivement dans le câble optique vaut en fait  $5,5 \cdot 10^3 \text{ lm}$ .

Les fibres optiques sont fabriquées en polyméthacrylate de méthyle (PPMA).

Données :

Indice de réfraction de l'air :  $n_a = 1,00$

Indice de réfraction du cœur de la fibre optique :  $n_1 = 1,52$



(propagation de la lumière dans une fibre optique)

Au point J, si l'angle  $i$  dépasse une valeur limite  $i_{lim}$ , le rayon réfracté n'existe pas.

Il existe alors seulement le rayon réfléchi, qui reste confiné dans le cœur de la fibre ; on parle de réflexion totale.

C'est toujours de cette façon que la fibre optique est utilisée, car ainsi il n'y a pas de pertes par réfraction au niveau de la gaine et la lumière injectée dans la fibre se propage par une suite de réflexions totales.

1) Si  $i = i_{lim} = 78,6^\circ$ , déterminer l'angle  $r$  par des considérations géométriques.

La loi de Descartes, formule qui relie l'angle d'incidence  $\theta$  et l'angle de réflexion  $r$ , s'écrit au point I :

$$n_a \cdot \sin \theta = n_1 \cdot \sin r$$

2) Calculer l'angle  $\theta$  qui donne la valeur de  $r$  calculée à la question 1).

La lumière est injectée sous forme d'un faisceau dont tous les rayons ont un angle d'incidence inférieur à  $\theta$ . Ainsi l'angle  $i$  reste toujours supérieur à la valeur limite  $i_{lim}$  et il n'y a pas de pertes par réfraction.

Néanmoins une altération du faisceau lumineux a lieu car le PPMA absorbe une partie de la lumière qui le

traverse.

Ainsi le câble transmet 95% de la lumière par mètre.

3) Calculer le flux lumineux  $\phi_1$  transmis à l'extrémité d'un câble qui mesure 2 m de long.

Les spots lumineux

A l'extrémité d'un câble de 5 m, le flux lumineux  $\phi_2$  est égal à  $4,2 \cdot 10^3$  lm.

Ce flux est réparti dans les six fibres optiques regroupées dans le câble ; cela permet d'éclairer une ou plusieurs pièces, avec un total de six spots.

Un de ces spots est placé à une distance  $d = 1,8$  m au-dessus du plan de travail dans une cuisine.

Le spot est muni d'un dispositif optique qui permet de répartir uniformément le flux lumineux dans un cône de demi-angle  $\alpha = 30^\circ$ .

Donnée :

$$\Omega = 2\pi (1 - \cos \alpha)$$

1) Calculer l'angle solide (en stéradian, sr) du faisceau lumineux émis par chaque spot.

2) a- Quel est le flux lumineux  $\phi_3$  émis par un seul spot, sachant que le flux lumineux  $\phi_2$  est réparti équitablement entre les fibres optiques.

b- Calculer l'intensité lumineuse  $I$  (en candéla, cd), émise par un spot.

3) Vérifier que l'éclairement  $E$  au point du plan de travail situé à la verticale du spot vaut  $2,6 \cdot 10^2$  lx.

**B****Etude d'une maison labellisée BBC**

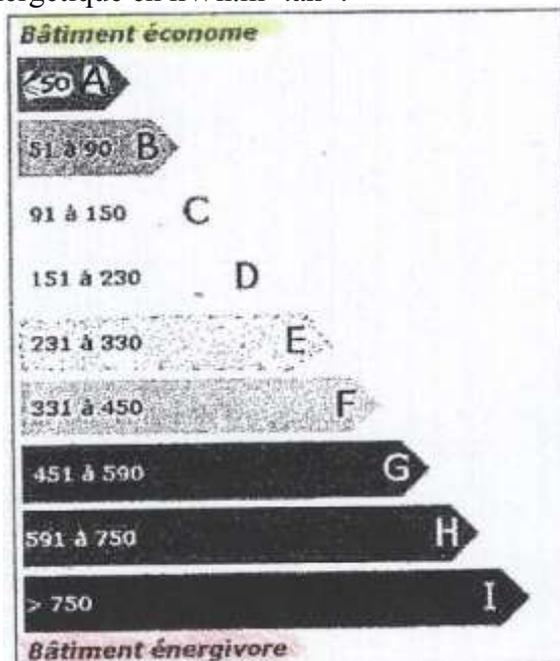
(BBC : bâtiment basse consommation énergétique)

Le diagnostic de performance énergétique est un document obligatoire qui informe l'acheteur d'un bien immobilier.

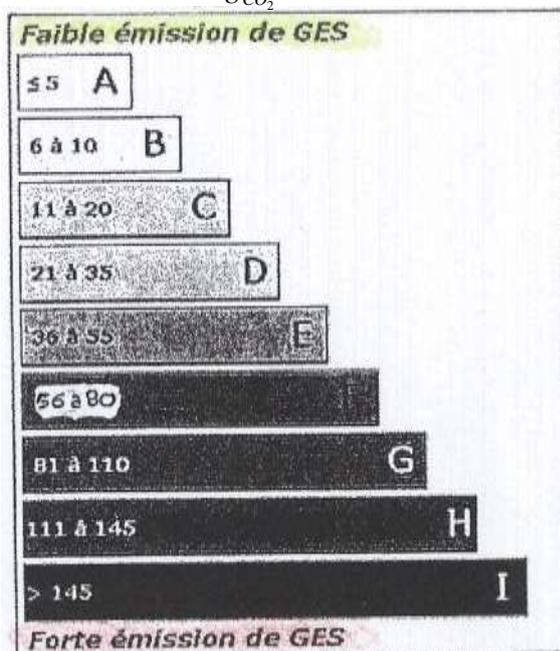
Les habitations sont réparties en différentes catégories, de A à G pour la consommation énergétique et pour l'émission de GES (gaz à effet de serre).

Une maison labellisée BBC garantie une consommation énergétique faible.

- Classement en fonction de la consommation énergétique en  $\text{kWh.m}^{-2}.\text{an}^{-1}$ .



- Classement en fonction de l'émission de gaz à effet de serre en  $\text{kg}_{\text{CO}_2}.\text{m}^{-2}.\text{an}^{-1}$ .



Les parties A, B et C de ce sujet sont indépendantes et peuvent être traitées séparément.

A- Etude thermique de la maison

B- Etude du chauffage de la maison

C- Eclairage d'une pièce de la maison

## Thermique

Pour satisfaire le critère BBC, il est conseillé d'avoir, pour les murs, une conductance thermique surfacique  $U_{\text{mur}}$  telle que  $U_{\text{mur}} < 0,2 \text{ W.K}^{-1}.\text{m}^{-2}$ .

Données :

Matériaux	Epaisseur (cm)	Conductivité thermique ( $\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$ )
Enduit	$e_e = 1$	$\lambda_e = 1,15$
Brique	$e_b = 20$	$\lambda_b = 0,11$
Carreau de plâtre	$e_p = 7$	$\lambda_p = 0,48$

Lame d'air : épaisseur  $e_a = 1,5 \text{ cm}$ , conductivité thermique  $\lambda_a = 0,024 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$ .

Film mince multicouches : résistance thermique surfacique  $r_{mc} = 2,5 \text{ m}^2.\text{K.W}^{-1}$ .

résistances thermiques surfaciques superficielles interne et externe respectivement :

$$r_{si} = 0,11 \text{ m}^2.\text{K.W}^{-1} \text{ et } r_{se} = 0,06 \text{ m}^2.\text{K.W}^{-1}$$

Etude de la résistance thermique surfacique des murs.

Les murs d'une habitation ont, de l'extérieur vers l'intérieur, la constitution suivante :

- une couche d'enduit
- de la brique
- une lame d'air
- un film isolant multicouches
- des carreaux de plâtre.

1) a- Donner l'expression de la résistance thermique surfacique d'un mur.

b- Vérifier que la résistance thermique surfacique d'un mur est égale à  $5,27 \text{ m}^2.\text{K.W}^{-1}$ .

c- En déduire la valeur de la conductance thermique surfacique d'un mur.

Cette valeur est-elle compatible avec celle proposée pour le label BBC ?

Justifier la réponse.

Evaluation des pertes thermiques en hiver (environ 60 jours par an).

La température intérieure est de  $21^\circ\text{C}$  et la température extérieure de référence est de  $-5^\circ\text{C}$ .

2) a- Calculer la densité du flux thermique.

La surface totale des murs est de  $325 \text{ m}^2$ .

b- Calculer la puissance thermique perdue à travers ces murs.

c- Calculer en kWh, l'énergie consommée pendant la saison hiver.

Evaluation pour les saisons intermédiaires, printemps et automne (environ 245 jours)

La température intérieure est de  $21^\circ\text{C}$  et la température extérieure de référence est de  $14^\circ\text{C}$ .

3) a- Calculer la densité de flux thermique et en déduire la puissance thermique perdue à travers les murs.

b- Calculer en kWh, l'énergie consommée pendant les saisons intermédiaires.

L'ensemble des autres pertes thermiques (fenêtres, baies vitrées, sol, toit,...) est égal à  $4150 \text{ kWh}$  par an.

La surface habitable est de  $425 \text{ m}^2$ .

c- Calculer la consommation en kilowattheures de cette maison, par mètre carré et par an.

d- Cette valeur est-elle compatible avec le label BBC ?

Justifier la réponse.

## Chimie organique

Le chauffage de la maison est réalisé par une chaudière au fioul, à condensation, dont le rendement est élevé.

Données :

Pouvoir calorifique supérieur du fioul :  $12,8 \text{ kWh.kg}^{-1}$

Matériaux	Masse volumique ( $\text{kg.m}^{-3}$ )
Fioul	840
Eau	1000

Volume molaire :  $24 \text{ L.mol}^{-1}$

L'énergie apportée par le fioul domestique utilisé est de  $8000 \text{ kWh.an}^{-1}$ .

Le rendement de la chaudière est de 95%.

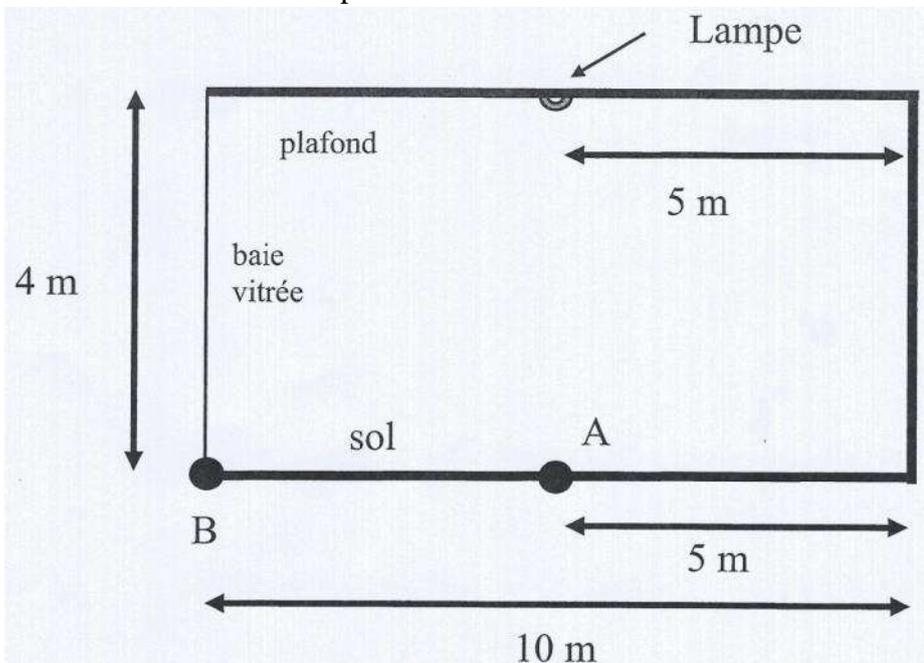
- 1) Calculer l'énergie utile pour le chauffage.
  - 2) a- Montrer que la masse de fioul  $m$ , consommé par an, est égale à 625 kg  
b- En déduire le volume de fioul consommé par an.
- On peut assimiler les molécules de fioul à des molécules de formule brute  $C_{20}H_{42}$ .
- 3) a- A quelle famille appartient cet hydrocarbure ?  
b- Donner la formule brute générale des composés de cette famille.
  - 4) Ecrire l'équation de la combustion complète de ce fioul dans le dioxygène.
  - 5) Calculer la quantité de matière, exprimée en moles, de fioul consommé en une année.
  - 6) Vérifier que la masse de dioxyde de carbone libéré par cette chaudière pendant une année est égale à  $2,0 \cdot 10^3$  kg.
- La surface habitable est de  $425 \text{ m}^2$ .
- 7) a- En déduire la masse de dioxyde de carbone libéré par cette chaudière par mètre carré et par an.  
b- Indiquer le classement de cette maison pour ce qui est de l'émission de gaz à effet de serre (GES).

### Photométrie

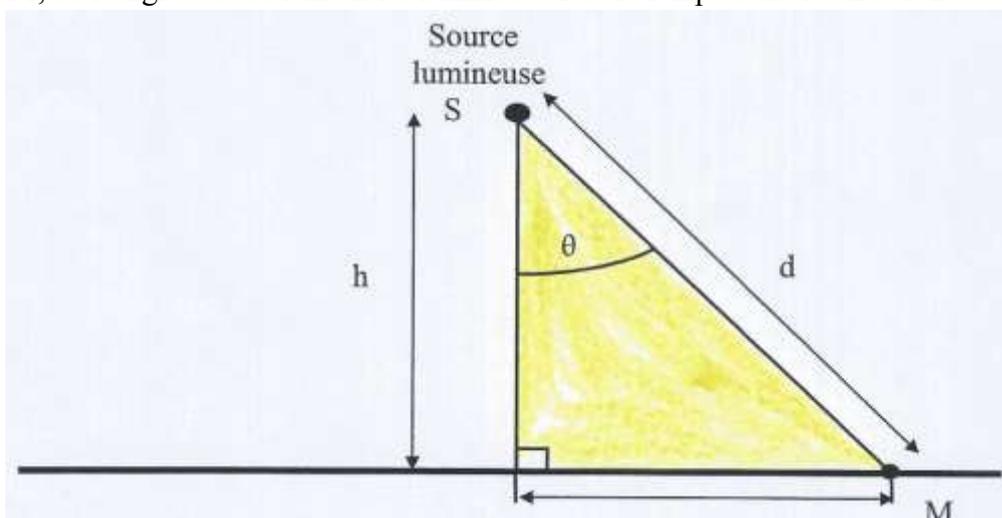
L'éclairage à l'intérieur de la maison a été optimisé afin qu'un nombre minimum de lampes assure un éclairage satisfaisant.

On se propose d'étudier l'éclairage dans une pièce de l'habitation.

Pour cela il sera utilisé le schéma en coupe ci-dessous :



- 1) Donner l'expression de l'éclairement  $E$  au point  $M$  sur une surface horizontale en fonction de la distance  $d = SM$ , de l'angle  $\theta$  et de l'intensité lumineuse  $I$  de la lampe dans la direction  $\theta$ .



La lampe utilisée est une lampe halogène de puissance  $P$  égale à 1000 W et de flux lumineux  $\Phi$  égal à 34000 lumens.

2) Calculer son efficacité lumineuse  $k$ .

L'intensité lumineuse  $I_0$  pour une source de Lambert est donnée par la relation  $I_0 = \frac{\Phi}{\pi}$ .

3) Calculer la valeur de cette intensité  $I_0$ .

L'éclairement au point M peut également s'écrire sous la forme :  $E = \frac{I_0 \cdot h^2}{(h^2 + x^2)^2}$ .

4) a- Calculer l'éclairement au point A du sol.

b- Calculer l'éclairement au point B du sol.

L'éclairement est considéré comme adapté lorsqu'il est supérieur ou égal à 100 lux.

5) Cette condition est-elle satisfaisante ?

Justifier la réponse.

**EB****Autour d'un revêtement de polyfluorure de vinylidène (PVFD)**

On se propose d'étudier sommairement le revêtement extérieur en polyfluorure de vinylidène (PVFD) d'une paroi du hall d'accueil d'un gymnase.

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

Partie 1 : Etude physicochimique des parois

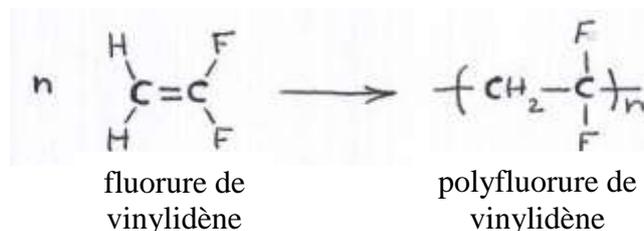
Partie 2 : Etude de l'éclairage du parvis d'entrée

Partie 3 : Etude acoustique

**Chimie organique**Etude physicochimique des parois

Le polymère utilisé, le polyfluorure de vinylidène (PVFD) est issu de la polymérisation du fluorure de vinylidène.

La réaction de polymérisation est représentée ci-dessous :



- 1) a- Définir les termes de polymère et de degré de polymérisation.
- b- Déterminer la masse molaire moléculaire du monomère.
- c- Le degré de polymérisation moyen étant de 100, déterminer la masse molaire moléculaire moyenne du polymère.

Donnée :

*Masse volumique du PFVD :  $\rho_{pfvd} = 1,8 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$*

Les jonctions des différentes plaques sont assurées par des soudures à chaud ne devant pas excéder 300°C dans le dioxygène.

En effet, au delà de cette température, le polymère se dégrade, en libérant de l'acide fluorhydrique gazeux (HF) et du dioxyde de carbone (CO<sub>2</sub>).

FLUORURE d'HYDROGENE

**DANGER**

H 330 – Mortel par inhalation  
H 310 – Mortel par contact cutané  
H 300 – Mortel en cas d'ingestion  
H 314 – Provoque des brûlures de la peau et des lésions oculaires graves

Nota : les conseils de prudence sont sélectionnés selon les critères de l'annexe 1 du règlement 1272/2008.

231-634-8




Consigne de risque du fluorure de vinylidène

- 2) Ecrire en ajustant les coefficients stœchiométriques, l'équation de réaction associée à la transformation chimique de la dégradation du PFVD, noté [CH<sub>2</sub>—CF<sub>2</sub>]<sub>100</sub>, dans le dioxygène. Une soudure entre les deux plaques de PFVD se caractérise par une surface de 0,5 m<sup>2</sup> et une épaisseur de 500 µm. Lorsque la soudure a été mal réalisée, on considère qu'1% de la masse de polymère constituant la soudure a été dégradé.
- 3) a- Montrer que la quantité de matière de polymère dégradé est de 7,0 · 10<sup>-4</sup> mol, pour une soudure mal réalisée.
- b- Montrer que la quantité de matière en acide fluorhydrique gazeux formée, après dégradation, est de

$1,4 \cdot 10^{-1}$  mol.

c- En déduire la masse d'acide fluorhydrique gazeux produit.

d- On admet que l'acide fluorhydrique gazeux peut être assimilé à un gaz parfait. En déduire le volume d'acide fluorhydrique gazeux produit à  $25^\circ\text{C}$  et sous une pression de 1 bar.

e- Quels peuvent être selon vous, les risques encourus par l'opérateur lors de la mauvaise réalisation d'une soudure ?

Donnée :

*Volume molaire d'un gaz parfait sous une pression de 1 bar et à une température de  $25^\circ\text{C}$  :*

$$V_{mol} = 23 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$$

## Photométrie

### Etude de l'éclairage du parvis d'entrée

La partie inférieure des parois du hall est recouverte de polymère, et est éclairée à l'aide d'un projecteur halogène.

Celui-ci sera supposé ponctuel dans toute la suite du problème.

On suppose que la lumière servant à l'éclairage du parvis provient intégralement de la lumière réfléchiée par une paroi réfléchissante.

Le cahier des charges prévoit un éclairage visuel minimal moyen du parvis d'entrée, noté  $E_p$ , de 50 lux.

On considère dans la suite du problème que le flux lumineux visuel émis par le projecteur halogène et noté  $\Phi_s$ , est perpendiculaire à la paroi réfléchissante.

1) Quelles peuvent être, selon vous, les facteurs extérieurs relatifs à la paroi qui pourraient nuire à cet éclairage à moyen et long terme ?

2) Nommer l'appareil qui permet de mesurer un éclairage visuel.

3) Connaissant la valeur de l'éclairage visuel du parvis, calculer le flux lumineux visuel noté  $\Phi_p$ , reçu par ce parvis.

4) En déduire que le flux lumineux visuel émis par la paroi réfléchissante est de 2000 lm.

On considère que l'intensité lumineuse émise par un projecteur halogène supposé ponctuel et notée  $I_{\text{émis}}$ , est constante et égale à 650 cd dans un cône d'angle solide  $\Omega = 4,13$  sr.

5) Exprimer, en fonction de  $I_{\text{émis}}$  et  $\Omega$ , le flux lumineux visuel moyen,  $\Phi_s$ , émis par ce projecteur halogène.

6) Montrer que  $\Phi_s$  vaut  $2,7 \cdot 10^3$  lm.

7) En déduire la puissance électrique de cette lampe halogène.

8) En supposant que le flux  $\Phi_s$  est totalement reçu par la paroi, conclure sur l'adaptation de ce projecteur halogène par rapport au flux lumineux visuel attendu par le cahier des charges de 2000 lm.

Données :

*Surface du parvis :  $40 \text{ m}^2$*

*Eclairage du parvis :  $E_p = 50 \text{ lux}$*

*Surface éclairée de la paroi :  $5 \text{ m}^2$*

*Coefficient de réflexion en flux lumineux de la paroi propre :  $\rho = 0,8 = \frac{\Phi_{\text{réémis}}}{\Phi_{\text{reçu}}}$*

*Efficacité de la lampe halogène :  $e = 10 \text{ lm} \cdot \text{W}^{-1}$*

## Acoustique

Ce hall d'accueil étant un lieu de stationnement de foule, on cherche à évaluer dans cette partie, l'intérêt de traiter acoustiquement les parois d'entrée.

L'option envisagée est d'utiliser des plaques percées de PFVD associées à un matériau absorbant les ondes acoustiques.

On admet que deux sons sont distinctement perceptibles à l'oreille s'ils sont séparés d'une durée de 30 ms.

1) Montrer qu'une distance minimale, notée  $d_{\text{min}}$ , de 5,10 mètres entre la source d'un signal sonore et une paroi réfléchissante, permet de distinguer le signal sonore émis du signal sonore réfléchi.

Donnée :

*Célérité d'une onde sonore dans l'air à  $20^\circ\text{C}$  :  $c = 340 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$*

On considère un ensemble de personnes discutant à 5,00 mètres de la paroi.

Ce groupe est assimilé à une source de niveau d'intensité sonore  $L_{\text{émis}} = 70 \text{ dB}$  à la fréquence de 1 kHz.

2) Nommer l'appareil permettant de mesurer un niveau d'intensité sonore.

3) Donner la valeur du niveau d'intensité sonore correspondant au seuil de douleur.

Donnée :

Niveau de puissance sonore d'une onde acoustique la quantité :  $L_w = 10 \cdot \log \frac{W}{W_0}$

On souhaite que l'intensité acoustique réfléchiée par le mur ait pour valeur  $I_{\text{murtraité}} = 3,16 \cdot 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ .  
On admet que l'intensité acoustique reçue par la paroi est de  $3,95 \cdot 10^{-8} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$ .

4) a- Déduire la valeur du coefficient de réflexion en intensité sonore, noté  $\alpha$ , de l'ensemble paroi-matériau absorbant.

b- Parmi les matériaux, choisir celui qui permettrait d'assurer le meilleur confort acoustique.

Donnée :

*Variations du coefficient  $\alpha$  en fonction de la fréquence de l'onde*

Fréquence (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Fibre de bois compressé	0,15	0,44	0,45	0,44	0,53	0,59
Laine de chanvre ( $250 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$ )	0,25	0,28	0,51	0,80	0,93	0,99
Panneau aggloméré lin	0,75	0,80	0,50	0,40	0,38	0,33

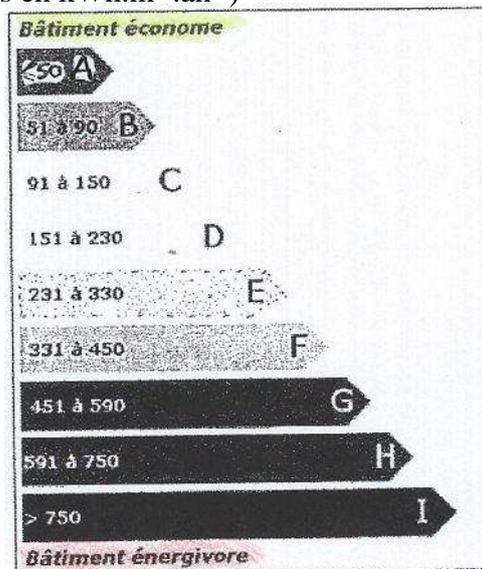
## EEC

### Le diagnostic de performance énergétique

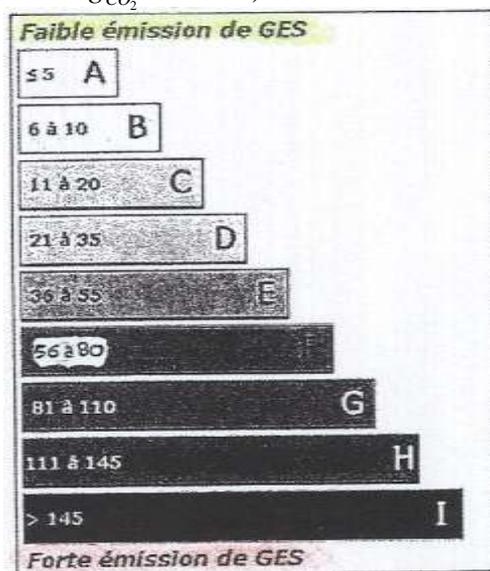
Obligatoire depuis 2006 lors de la vente d'un logement, le **diagnostic de performance énergétique (DPE)** renseigne sur la performance énergétique d'un logement ou d'un bâtiment, en évaluant sa consommation d'énergie et son impact en termes d'émission de gaz de serre.

La lecture du DPE est facilitée par deux étiquettes à **7 classes** de **A à I** (A correspondant à la meilleure performance, I à la plus mauvaise) :

- l'**étiquette énergie** pour connaître la consommation d'énergie primaire du bâtiment (consommations énergétiques en  $\text{kWh}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{an}^{-1}$ )



- l'**étiquette climat** pour connaître la quantité de gaz à effet de serre émise. (émissions de gaz à effet de serre en  $\text{kg}_{\text{CO}_2}\cdot\text{m}^{-2}\cdot\text{an}^{-1}$ )



Dans ce sujet, on évaluera de manière simplifiée, l'énergie consommée par un logement et on estimera également son impact sur l'environnement.

Partie A : Énergie consommée pour le chauffage

Partie B : Énergie consommée pour la production d'eau chaude

Partie C : Émission de gaz à effet de serre

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

Le logement est assimilable à un parallélépipède rectangle dont les dimensions sont les suivantes :

$$\text{Longueur } L = 12,5 \text{ m}$$

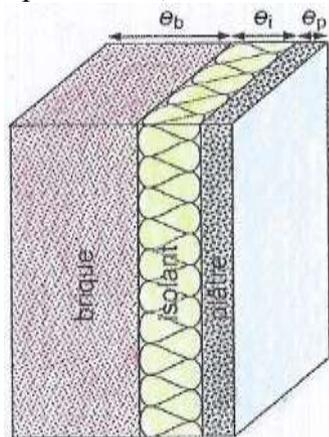
$$\text{largeur } \ell = 10,0 \text{ m}$$

$$\text{hauteur } h = 2,50 \text{ m}$$

Le logement comporte une surface vitrée  $S_v = 10,0 \text{ m}^2$  et une surface de porte  $S_p = 6,00 \text{ m}^2$ .

On ne prend pas en compte les échanges thermiques liés à la ventilation, au sol,...

Les murs sont constitués de briques d'épaisseur  $e_b$ , d'un isolant d'épaisseur  $e_i$  et de plâtre d'épaisseur  $e_p$ .



Données :

Caractéristiques des matériaux :

Matériau	Epaisseur (mm)	Conductivité thermique ( $\text{W.K}^{-1}.\text{m}^{-1}$ )
Brique	$e_b = 220$	$\lambda_b = 0,500$
Isolant	$e_i = 80$	$\lambda_i = 0,047$
Plâtre	$e_p = 13$	$\lambda_p = 0,250$

résistances thermiques surfaciques superficielles :

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

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

Résistance thermique surfacique des murs.

1) a- Donner la relation permettant le calcul de la résistance thermique surfacique  $r_m$  des murs.

b- Calculer  $r_m$ .

Flux thermique surfacique et flux thermique à travers les parois.

On considère que le chauffage du bâtiment fonctionne 150 jours par an, au cours desquels la température extérieure  $\theta_e$  est en moyenne égale à  $10,0^\circ\text{C}$ .

On considère que la température intérieure  $\theta_i$  du bâtiment est constamment égale à  $19,0^\circ\text{C}$ .

2) a- Donner la relation permettant de calculer le flux thermique surfacique  $\varphi_m$  à travers les murs.

b- Calculer  $\varphi_m$ .

c- Calculer la surface des murs  $S_m$ .

d- Donner la relation permettant de calculer le flux thermique  $\Phi_m$  à travers les murs.

e- Calculer  $\Phi_m$ .

Energie fournie par le système de chauffage.

Données :

- résistances thermiques surfaciques ( $r$ ) de chaque paroi

- flux thermiques surfaciques ( $\varphi$ ) à travers les différentes parois

- flux thermiques ( $\phi$ ) à travers les différentes parois

Paroi	Toiture	Vitrage	Porte	Murs
$r (\text{m}^2.\text{K}.\text{W}^{-1})$	0,41	0,36	0,42	$r_m$
$\varphi (\text{W}.\text{m}^{-2})$	21,9	25,0	21,5	$\varphi_m$
$\phi (\text{W})$	2740	250	129	$\phi_m$

3) a- Calculer la puissance  $P$  que doit fournir en moyenne le système de chauffage pour assurer une température  $\theta_i$  de  $19^\circ\text{C}$  dans le local si la température extérieure  $\theta_e$  est en moyenne égale à  $10,0^\circ\text{C}$ .

b- En déduire l'énergie  $E$  fournie par le système de chauffage pendant une saison hivernale de durée  $\Delta t = 150$  jours.

Exprimer le résultat en kilowattheures.

On estime que le rendement énergétique de la chaudière est  $\eta = 75\%$ .

c- Calculer l'énergie  $E_{an}$  consommée par la chaudière.

Consommation énergétique annuelle pour un mètre carré d'habitation.

4) Calculer la consommation énergétique annuelle pour un mètre carré d'habitation  $E_{ch}$  en  $\text{kWh.m}^{-2} \text{an}^{-1}$  pour le chauffage de l'habitation.

### Calorimétrie

*Données :*

Masse volumique de l'eau :  $\rho = 997 \text{ kg.m}^{-3}$

capacité thermique massique de l'eau :  $c = 4,18.10^3 \text{ J.kg}^{-1} \text{.K}^{-1}$

Relation entre les unités d'énergie :  $1 \text{ kWh} = 3600 \text{ kJ}$

Dimensions du logement :

Longueur  $L = 12,5 \text{ m}$

largeur  $\ell = 10,0 \text{ m}$

hauteur  $h = 2,50 \text{ m}$

Le logement est occupé par quatre personnes.

Le volume  $V$  d'eau utilisé par l'ensemble des occupants pour la toilette (douche, bain, lavabo) est estimé à 100 litres par jour.

Consommation d'eau chaude et d'eau froide.

1) a- Calculer la masse  $m$  d'eau consommée quotidiennement par l'ensemble des occupants pour la toilette.

Lors de l'utilisation de l'eau chaude pour la toilette, un tiers de la masse d'eau provient du ballon d'eau chaude à la température  $\theta_c = 60,0^\circ\text{C}$  ; le reste provient du réseau d'alimentation d'eau froide à la température  $\theta_f = 12,0^\circ\text{C}$ .

b- Calculer la masse  $m_c$  d'eau chaude consommée quotidiennement.

Energie consommée par le chauffe-eau.

2) a- Calculer l'énergie  $Q_c$  nécessaire chaque jour pour chauffer la masse d'eau  $m_c$  d'eau.

On estime que le rendement énergétique du chauffe-eau est  $\eta = 85\%$ .

b- Calculer l'énergie  $E_j$  consommée quotidiennement par le chauffe-eau.

c- En déduire l'énergie  $E_{an}$  consommée par le chauffe-eau sur une année si celui-ci fonctionne 330 jours par an.

Exprimer cette énergie en kWh.

Consommation énergétique annuelle pour un mètre carré d'habitation.

3) Calculer la consommation énergétique annuelle  $E_{eau}$  pour un mètre carré d'habitation en  $\text{kWh.m}^{-2} \text{.an}^{-1}$  pour la production d'eau chaude sanitaire.

Étiquette énergie du logement.

4) A l'aide des consommations énergétiques  $E_{ch}$  et  $E_{eau}$  pour le chauffage et la production d'eau chaude sanitaire, déterminer la lettre (A, B, C...) qui figurera sur l'étiquette énergie du logement.

Justifier votre réponse.

### Chimie organique

*Données :*

Masse volumique du butane (dans les conditions de l'exercice) :  $\rho = 2,50 \text{ kg.m}^{-3}$

Pouvoir calorifique du butane :  $PC = 30,5 \text{ kWh.m}^{-3}$

Les systèmes de chauffage et de production d'eau chaude du logement fonctionnent tous deux en brûlant du butane  $\text{C}_4\text{H}_{10}$ .

Le butane.

1) a- A quelle famille d'hydrocarbures le butane appartient-il ?

b- Ecrire la formule semi-développée du butane.

Masse de butane consommée.

Chaque année, l'énergie  $E_t$  consommée pour le chauffage et la production d'eau chaude du logement est estimée à 17500 kWh.

2) a- Calculer le volume  $V$  de butane consommée annuellement.

b- En déduire la masse  $m$  de butane consommée annuellement.

Combustion du butane.

3) a- Ecrire l'équation de la réaction de combustion du butane dans le dioxygène de l'air.

b- Calculer la quantité de matière  $n_{C_4H_{10}}$  (en moles) de butane consommée annuellement.

c- Déterminer la quantité de matière  $n_{CO_2}$  (en moles) de dioxyde de carbone formée.

d- En déduire la masse de dioxyde de carbone  $m_{CO_2}$  rejetée annuellement dans l'atmosphère par ce logement.

Étiquette climat du logement.

Le dioxyde de carbone est un gaz à effet de serre.

4) a- Donner la définition d'un gaz à effet de serre.

La surface habitable du logement vaut  $1235 \text{ m}^2$ .

b- Déterminer les émissions de gaz à effet de serre en  $\text{kg}_{CO_2} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{an}^{-1}$ .

c- Déterminer la lettre (A, B, C...) qui figurera sur l'étiquette climat du logement.

Justifier votre réponse.

## SCBH

### Acoustique

Participant au projet de rénovation d'un immeuble à ossature bois, vous êtes chargé d'un pré-projet pour améliorer l'isolation phonique des appartements.

Chaque appartement possède en effet une pièce donnant sur une rue particulièrement bruyante.

La paroi donnant sur cette rue a une largeur  $\ell$  de 4,0 m et une hauteur  $h$  de 2,8 m.

Une baie en verre de 2,0 m<sup>2</sup> laisse pénétrer la lumière extérieure dans la pièce.

#### Intensité acoustique du bruit de la rue

Le sonomètre utilisé fournit les données suivantes :

Bande d'octaves (Hz)	Niveau d'intensité sonore par bande d'octave (dB)
125	77
250	73
500	71
1000	66
2000	60

Niveau d'intensité sonore global : 79,4 dB

#### Caractéristiques techniques du sonomètre

- résolution : 0,1 dB
- précision :  $\pm 1$  dB
- fréquence : plage de 31,5 Hz...8kHz

Etonné par le niveau d'intensité sonore global, vous souhaitez vérifier la cohérence des données fournies par le sonomètre.

1) a- Compléter le tableau ci-dessous, puis vérifier cette valeur.

Bande d'octave (Hz)	125	250	500	1000	2000
Niveau d'intensité (dB)	77	73	71	66	60
Intensité sonore ( $W.m^{-2}$ )					

Intensité sonore globale ( $W.m^{-2}$ )	
Niveau sonore global (dB)	

b- Que signifie la caractéristique du sonomètre : « Précision :  $\pm 1$  dB » ?

c- Quel doit-être le niveau d'affaiblissement (en dB), de la paroi, pour que les conditions de bruit au sein de l'appartement soient acceptables ?

#### Isolation acoustique de la paroi.

On rappelle que la paroi en bois de largeur  $\ell$  est percée d'une fenêtre.

Dans ce pré-projet, on ne tient pas compte de l'indice de réverbération de la pièce.

L'architecte prévoit :

- Pour la partie non vitrée de la paroi : un bardage, un pare pluie, des panneaux structurels à base de fibre de bois, un isolant, un pare vapeur et un parement intérieur.

L'indice d'affaiblissement est estimé à  $R_m = 44$  dB.

- Pour la surface vitrée : un double vitrage d'indice d'affaiblissement  $R_v = 37$  dB.

2) a- Calculer les facteurs de transmission des parois non vitrée  $\tau_m$  et vitrée  $\tau_v$  de la paroi.

b- En déduire le facteur de transmission global  $\tau_g$  de la paroi, puis l'indice d'isolement global  $D_g$ .

#### Synthèse.

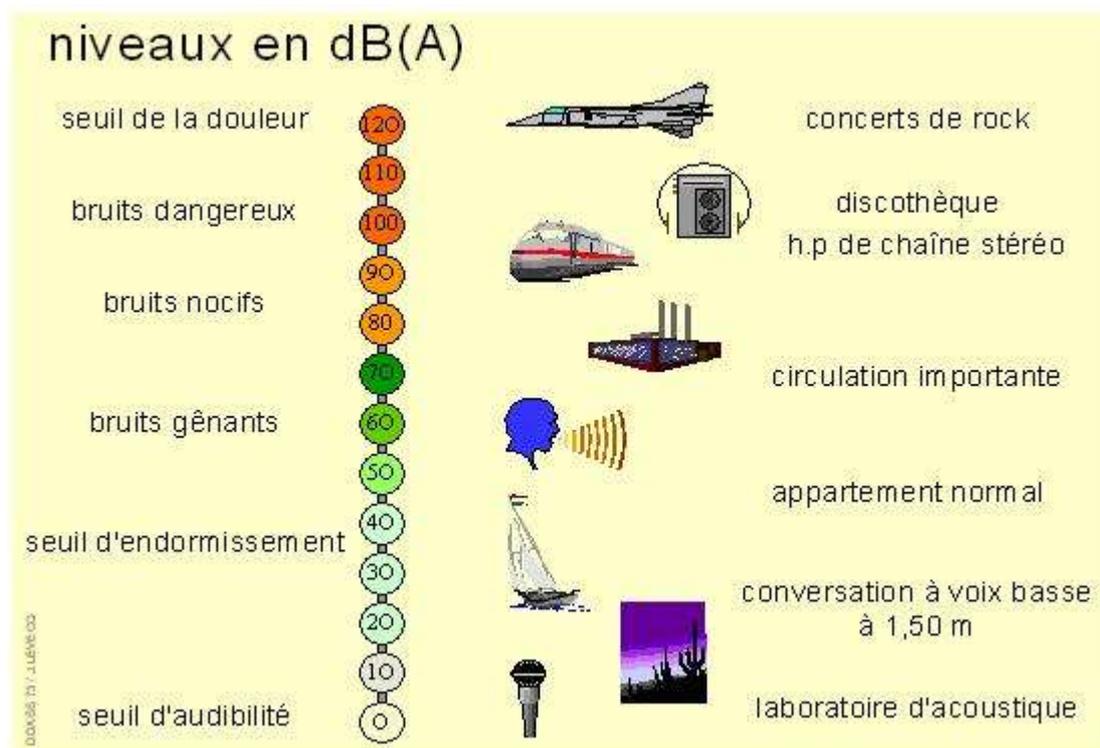
Rédiger un bref rapport dans lequel vous préciserez les différentes valeurs des mesures effectuées, les résultats de vos calculs et une conclusion sur l'impact pour le confort acoustique de l'isolation phonique.

Donnée : Echelle des bruits

Les sons audibles se situent entre 0 dB (seuil d'audition) et 140 dB.

Le seuil de la douleur se situe aux alentours de 120 dB.

La gêne, notion subjective, est ressentie de manière très variable d'un individu à l'autre.



(D'après <http://www.spectra.fr/notions-norme-acoustique-r9.html>)

## Chimie organique

### Les polymères dans le bâtiment

(Les deux parties sont indépendantes).

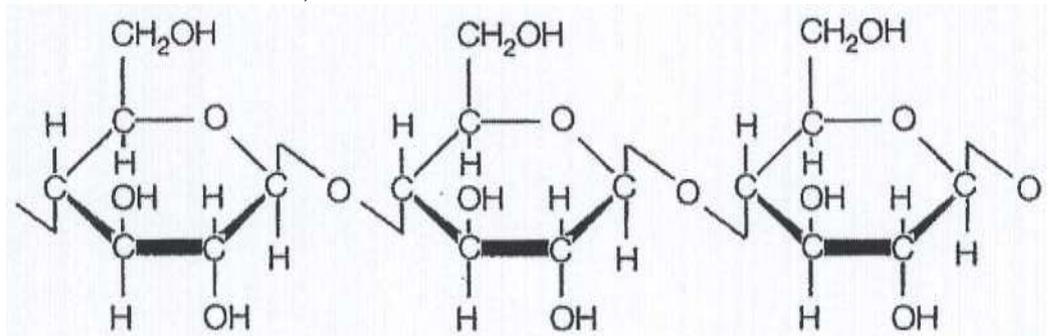
De nombreux polymères sont utilisés dans l'habitat :

- le polyéthylène PE
- le polychlorure de vinyle PVC
- le polystyrène PS
- le polyméthacrylate de méthyle PMMA
- les polyuréthanes PU
- ...

Nous allons nous intéresser à quelques-uns d'entre eux.

#### Le bois.

Le bois contient 50% de cellulose, dont la structure est la suivante :



- 1) a- Identifier le motif et donner sa formule brute.
- b- Comment, en chimie, appelle-t-on ce type de macromolécule ?
- c- Le nombre de motifs est noté n.  
Comment nomme-t-on n ?

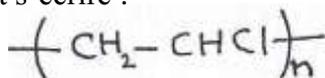
La masse molaire moyenne de cette macromolécule est égale à  $810 \text{ kg}\cdot\text{mol}^{-1}$ .

- d- En déduire la valeur de n en justifiant votre réponse.

### Le polychlorure de vinyle (PVC)

Le polychlorure de vinyle est synthétisé par réaction entre l'éthylène obtenue à partir du pétrole par craquage et le dichlore  $\text{Cl}_2$  en présence d'acide chlorhydrique.

La formule semi-développée du PVC peut s'écrire :



1) Quelles sont les principales utilisations du PVC dans l'habitat ?

Donner deux exemples significatifs.

#### PVC et incendie.

*Les matériaux de construction en plastique réagissant tous différemment en cas d'incendie.*

*Le comportement d'un matériau lors d'un incendie est essentiel pour donner plus de temps à l'évacuation et limiter les dégâts.*

#### Comportement du PVC au feu :

*La teneur en chlore du PVC en fait un matériau difficilement inflammable.*

*Une fois enflammées, la plupart des applications en PVC dans des bâtiments sont auto-extinguibles et ne brûlent pas entièrement.*

*Les principaux produits dégagés par la combustion du PVC sont le monoxyde de carbone (CO), le dioxyde de carbone ( $\text{CO}_2$ ), le chlorure d'hydrogène (HCl) et l'eau.*

*La combustion du PVC ne génère pas de gaz chloré ou de chlorure de vinyle monomère.*

*( D'après : <http://www.pvcinfo.be/home.asp?page=146> )*

2) En supposant que, sous certaines conditions, la combustion du PVC ne produise pas de monoxyde de carbone, écrire l'équation de la réaction de combustion complète pour  $n = 10 \cdot 10^3$ .

3) Calculer dans ces conditions le volume de chlorure d'hydrogène rejeté dans l'atmosphère lors de la combustion complète de 2,0 kg de PVC.

#### Donnée :

*Volume molaire pour les gaz :  $V_m = 24 \text{ L} \cdot \text{mol}^{-1}$*

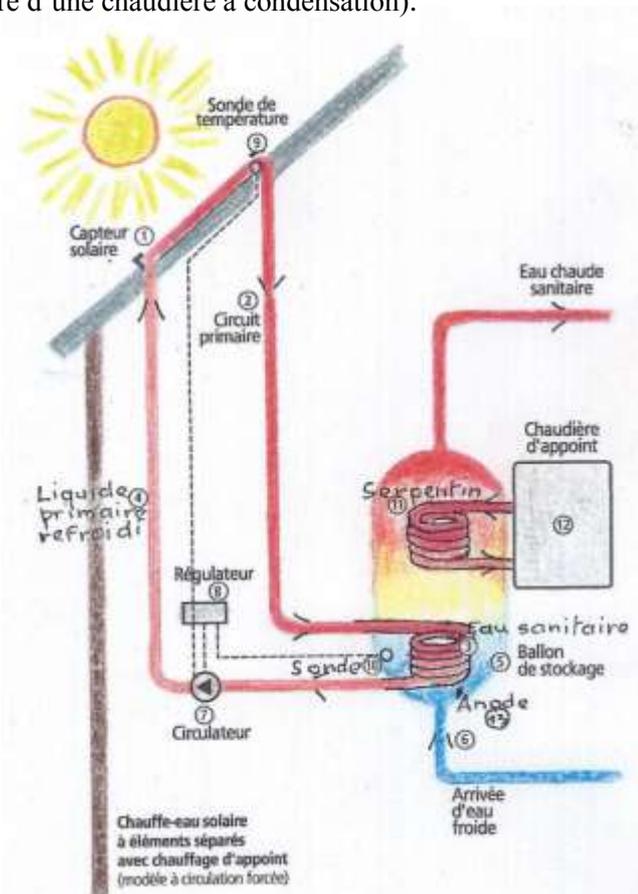
## TP

### Installation d'un chauffe eau solaire

En vue d'économiser l'énergie utilisée pour la production d'eau chaude sanitaire, de nombreuses constructions optent pour l'installation d'un chauffe eau solaire.

Un tel chauffe eau est composé :

- De capteurs solaires qui transmettent le rayonnement solaire direct et diffus sous forme de chaleur.
- D'un ballon de stockage de l'eau chaude sanitaire.
- D'une pompe qui assure la circulation du fluide caloporteur jusqu'à la cuve de stockage de l'eau.
- D'un régulateur qui gère l'appoint nécessaire pour les périodes de faible ensoleillement (par l'intermédiaire d'une chaudière à condensation).



(D'après Brochure ADEME « Le chauffe eau solaire individuel »)

Le problème est composé de trois parties indépendantes :

- Partie A : Etude des déperditions thermiques dans le ballon.

Ce réservoir contient deux échangeurs de chaleur :

- l'un pour l'apport solaire
- l'autre pour l'appoint.

Il a une capacité de 300 litres, ce qui permet d'assurer 70% des besoins annuels d'eau chaude sanitaire pour une famille de cinq personnes.

L'isolation thermique est garantie par une mousse isolante de 100 mm d'épaisseur.

- Partie B : Etude de la station solaire.

Elle est constituée d'une pompe électrique, des thermomètres pour observer les températures dans les conduites aller et retour, d'un manomètre et des soupapes de sécurité.

Nous étudierons la circulation du fluide caloporteur.

- Partie C : Protection du ballon contre la corrosion.

La protection anticorrosion du ballon est assurée par un double émaillage et la présence d'une anode en magnésium.

Elle garantit une meilleure qualité de l'eau chaude sanitaire et une durée de vie optimale de l'installation.

## Partie A

Le ballon a une capacité de remplissage en eau de 300 litres, une Hauteur  $H = 1,65$  m et un Diamètre  $D = 0,70$  m.

Par une journée ensoleillée (même en septembre), les capteurs solaires élèvent la température de l'eau du ballon.

Le ballon est posé sur le sol car sa masse totale est de 460 kg, sa base ne participe pas aux échanges de chaleur.

La ventilation du local dans lequel le ballon est placé assure une température extérieure uniforme.



### Données :

Masse volumique de l'eau  $\rho = 1,0 \cdot 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$

capacité thermique massique de l'eau  $c = 4,18 \cdot 10^3 \text{ J.kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

Conversion  $1 \text{ kWh} = 3,6 \cdot 10^6 \text{ J}$

### Thermique

Etude des pertes thermiques par conduction dans le ballon au cours d'une nuit.

*L'isolation thermique du ballon est due à une enveloppe amovible en mousse d'épaisseur  $e = 100$  mm et de conductivité thermique  $\lambda = 8,0 \cdot 10^{-2} \text{ W.m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$ .*

*On suppose que la température de l'eau dans le ballon vaut  $75^\circ\text{C}$  et que la température extérieure est de  $18^\circ\text{C}$ .*

On dispose au laboratoire du matériel suivant :

- thermomètres avec sonde
- chronomètre
- source lumineuse blanche
- vase en aluminium de 500 mL et couvercle
- plaque de polystyrène expansé de 1,0 cm d'épaisseur
- cristalliseur de verre
- thermoplongeur
- alimentation stabilisée de 6 V
- rouleaux de mousse de différentes épaisseurs (0,5 cm, 1,0 cm et 1,5 cm)

En choisissant le matériel adapté, proposer une expérience permettant de mettre en évidence l'influence d'une augmentation d'épaisseur de la mousse sur la diminution des pertes thermiques par conduction au sein du ballon d'eau chaude.

- 1) a- Rappeler l'expression de la loi reliant la densité de flux thermique surfacique  $\phi$  ; la différence de température  $\Delta\theta$  et la résistance thermique surfacique  $r$ .
- b- Montrer que le flux thermique surfacique a pour valeur  $4,6 \text{ W m}^{-2}$ .
- c- Vérifier que la valeur de la surface de contact entre le chauffe eau et l'air est  $S = 4,0 \text{ m}^2$ .
- d- Calculer le flux thermique  $\phi$ .

### Calorimétrie

Détermination de la chute de température de l'eau dans le ballon, la nuit.

*On suppose que la diminution de la température de l'eau dans le ballon est due uniquement aux pertes par conduction.*

*On considère qu'une nuit dure 12 heures et que la température extérieure au ballon reste égale à  $18^\circ\text{C}$ .*

*On suppose que le flux thermique reste égal à  $\phi$ , valeur calculée au 1) d.*

- 2) a- Montrer que la quantité de chaleur  $Q$ , perdue par l'eau chaude en une nuit vaut  $7,8 \cdot 10^6 \text{ J}$ .
- b- En déduire la chute de température  $\Delta T$  de l'eau dans le ballon.

## Partie B

### Mécanique des fluides

#### Données :

Masse volumique de l'eau :  $\rho = 1,0 \cdot 10^3 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

Accélération de la pesanteur :  $g = 9,8 \text{ m} \cdot \text{s}^{-2}$

Conversion :  $1 \text{ bar} = 1,0 \cdot 10^5 \text{ Pa}$

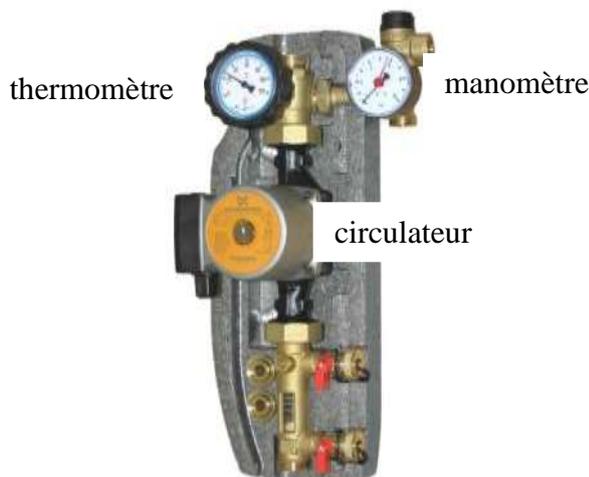
Pour un fluide en écoulement permanent entre deux points 1 et 2, échangeant avec une machine une puissance  $P$ , l'équation de conservation de l'énergie dans une installation hydraulique est donnée par la relation :

$$\frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2) + (p_2 - p_1) + \rho \cdot g (z_2 - z_1) = \frac{P_u}{Q_v}$$

La station contient la pompe (appelée circulateur) chargée de faire circuler le fluide caloporteur entre les panneaux solaires et le ballon d'eau chaude.

Son débit volumique optimal est  $Q_v = 20 \text{ L} \cdot \text{min}^{-1}$ .

Le diamètre des canalisations est 15 mm.



#### Etude du débit du fluide caloporteur.

- 1) a- Calculer le débit massique.
- b- Calculer la vitesse moyenne du fluide caloporteur en régime permanent.
  - « La pompe ne fonctionne pas »
- c- Quelle est la différence de pression du fluide entre la pompe et les panneaux sachant qu'on peut estimer la hauteur moyenne entre les deux à 7,0 m.

#### Détermination de la puissance utile du circulateur.

« La pompe fonctionne »

Le manomètre indique un écart de pression entre la pompe et les panneaux solaires égal à 2,0 bars.

- 2) Calculer la puissance utile de la pompe.

## Partie C

### Oxydoréduction

Cette protection est assurée par un double émaillage du fer constituant la carcasse du ballon et par le contact de cette carcasse avec une anode en magnésium.

On plonge un clou en fer décapé dans un bécher contenant une solution de chlorure de sodium à 3% à laquelle on ajoute une petite quantité de solution de ferricyanure de potassium.

Au bout de quelques heures, on observe une coloration bleue dans la solution.

Si on réalise la même expérience en ajoutant dans le bécher une plaque de zinc que l'on relie par un fil métallique au clou, cette coloration ne se constate plus.

En revanche on mesure un courant électrique dans le fil métallique dans le sens fer-zinc.

- 1) Sachant que les ions ferricyanure réagissent avec les ions  $\text{Fe}^{2+}$  pour former un précipité bleu, expliquer en quoi ces deux expériences mettent en évidence le principe de la protection par anode sacrificielle.
- 2) Quel autre métal parmi le plomb, l'aluminium ou le cuivre pourrait remplacer le magnésium pour protéger le ballon en supposant que celui-ci est intégralement en fer ?

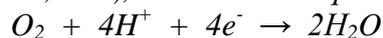
Justifier la réponse.

Données : Potentiel standard de couple

Couple	$\text{Al}^{3+}/\text{Al}$	$\text{Cu}^{2+}/\text{Cu}$	$\text{Fe}^{2+}/\text{Fe}$	$\text{Mg}^{2+}/\text{Mg}$	$\text{Pb}^{2+}/\text{Pb}$	$\text{Zn}^{2+}/\text{Zn}$
Potentiel $E^0$ (V)	- 1,66	+ 0,34	- 0,44	- 2,37	- 0,13	- 0,76

3) Ecrire la demi-équation d'oxydation du magnésium.

L'espèce responsable de cette oxydation est le dioxygène, dissout dans l'eau du robinet, appartenant au couple d'oxydoréduction  $O_2/H_2O$  ( $E^0 = 1,23$  V), dont la demi-équation est :



4) Ecrire l'équation-bilan modélisant l'oxydation du magnésium par le dioxygène.

L'intensité du courant de corrosion est estimée à 25 mA.

5) Calculer la durée d'utilisation de l'électrode de magnésium, si sa masse est de 800 g.

Exprimer le résultat en secondes puis en années.

Donnée :

Charge de  $n$  moles d'électrons en valeur absolue :  $Q = n.F$  ( $1F = 96500$  C)

En réalité, l'agent de maintenance change l'électrode de magnésium au bout de cinq ans.

Il constate, en observant l'électrode usagée, qu'elle est recouverte d'une pellicule solide blanche de carbonate de calcium, appelée calcaire.

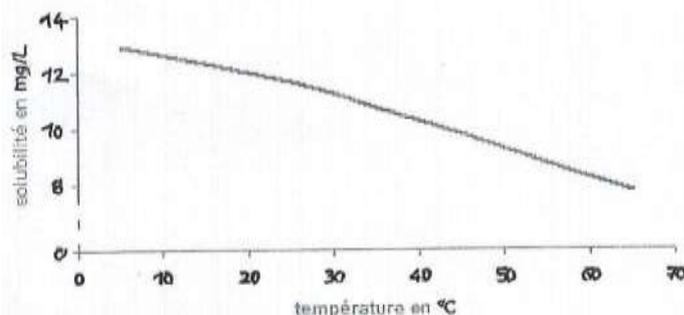
6) Proposer une explication pour justifier la présence de ce dépôt solide.

Données :

• Equation de précipitation de carbonate de calcium :



• Solubilité du carbonate de calcium :



• Composition d'une eau du robinet :

Ions	Concentration massique volumique (mg.L <sup>-1</sup> )
$Ca^{2+}$	38
$Mg^{2+}$	3,6
$HCO_3^-$	163
$SO_4^{2-}$	21
$K^+$	3,5
$Cl^-$	11
$SO_4^{2-}$	6

# Bilan des sujets 2013

## Sujets 2013

### Physique

Acoustique : 2  
 Calorimétrie : 2  
 Mécanique  
 Mécanique des fluides : 1  
 Photométrie : 3  
 Rayonnement : 1  
 Thermique : 4  
 Thermodynamique de gaz parfaits

### Chimie

Chimie organique : 5  
 Oxydoréduction : 2  
 Solutions aqueuses

### Bilan global

BTS	?...2013
B	...1990
EEC	...1991
TP	...1991
SCBH	...1992
EB	...1996
AF	...1999

### Physique

Acoustique : 58  
 Calorimétrie : 15<sub>sujets</sub> et 19<sub>extraits</sub>  
 Mécanique : 14  
 Mécanique des fluides : 53  
 Photométrie : 28  
 Rayonnement : 6  
 Thermique : 61  
 Thermodynamique de gaz parfaits : 19

### Chimie

Chimie organique : 64  
 Oxydoréduction : 38  
 Solutions aqueuses : 34

<u>Sujets</u>	eec 2013	<u>Extraits</u>	tp 2013
<b><u>Calorimétrie</u></b>			
définitions			
$Q = m.c.\Delta\theta$			
$Q = n.C.\Delta\theta (C_p : C_v = \gamma)$			
$Q = \epsilon.\Delta\theta$			
$Q = m.L$			
$\Sigma Q_i = 0$			
$Q (E) = P.t$			
$m = \rho.V$			
t(temps) ; d(débit)			
$\eta$ : rendement %			
coût			
pouvoir calorifique $P_c$			
$Q = n.P_c$			
$n = m/M, n = V/V_{\text{molaire}}$			
$P.C.S = P.C.I + m.L$			
$p.V = n.RT$			

<b>Acoustique...</b> $P_0=10^{-12}W, I_0=10^{-12}W.m^{-2}, p_0=2.10^{-5}Pa$	eb 2013	scbh 2013
<b>...physique</b>		
$\omega = 2\pi.f ; T = 1/f ; \lambda = C.T ; i = f_2/f_1$		
octave (centre $f_0$ ) ; 1/2 octaves : $f_0/\sqrt{2}-f_0-f_0.\sqrt{2}$		
$p = p_{maximum} \cdot \cos \omega(t-x/C) ; p_m = p_{efficace} / \sqrt{2}$		
onde mécanique élastique		
$\eta = P_a/P$		
$N_w = 10 \log (P_a/P_0)$		
$P_a = P_0 \cdot 10^{0.1.N}$		
$S = \Omega.R^2$ ; source isotrope : $\Omega = 4\pi$		
$I = P_a/S$		
$I/I_0 = (p/p_0)^2$		
$I = p_e^2 / (\rho.C)$		
$I_1/I_2 = (R_2/R_1)^2$		
$N_i = 10 \log (I/I_0) = N_p$		
$I = I_0 \cdot 10^{0.1.N}$		
$N_p = 20 \log (p/p_0) = N_i$		
$p = p_0 \cdot 10^{0.05.N}$		
$I_{\Delta f} = I_{spectral} \cdot \Delta f ; N = N_{spectral} + 10 \log \Delta f$		
$dB(A) = dB + gain$		
$I_{total} = \Sigma I ; N_{totale} = 10 \log \Sigma 10^{0.1.N}$		
<b>...bâtiment</b>		
$A = \Sigma \alpha_i \cdot S_i$		
<i>Sabine</i> : $T_R = 0,16V/A$		
$N_D = N_w + 10 \log (Q/4\pi R^2) ; \Omega = 4\pi/Q$		
$N_R = N_w + 10 \log (4/A)$		
$N = N_w + 10 \log (Q/4\pi R^2 + 4/A) (Q = 1,2,4,8)$		
refraction ; diffraction		
$\tau = I_{transmise}/I_{incidente} ; r = I_{réfléchie}/I_{incidente}$ $\tau = P_t/P_i \quad r = P_r/P_i$		
$R = -10 \log \tau = 10 \log (1/\tau)$		
$\tau = 10^{-0.1.R}$		
$D_b = N_1 - N_2 ; D_b = R + 10 \log (A/S) = 10 \log (A/\tau.S)$		
$\Delta N = 10 \log (A_1/A_2) = 10 \log (T_2/T_1)$		
$D_n = D_b + 10 \log (T/0,5)$		
$\sigma = \rho.e$		
$R = a + b \log (c.\sigma) ; a, b, c : constantes$		
loi de masse – loi de fréquence		
fréquence critique, résonnance, $\Delta R$		
paroi discontinue : $\tau = \Sigma \tau_i \cdot S_i / \Sigma S_i$ $D_b = 10 \log (A/\Sigma \tau_i S_i) = R + 10 \log (A/\Sigma S_i)$		

<b>MECANIQUE des FLUIDES</b>	tp 2013
<b>hydrostatique</b>	
$d_{\text{fluide}} = \rho_{\text{fluide}} / \rho_{\text{fluide référent}}$	
$\rho_{\text{gaz}} = \rho_0 \cdot (P / P_0) \cdot (T_0 / T)$	
$\rho_{\text{mélange}} = \Sigma \rho_i \cdot V_i / \Sigma V_i$	
$d_{\text{mélange}} = \Sigma d_i \cdot V_i / \Sigma V_i$	
$P \cdot V_{\text{gaz}} = n \cdot R \cdot T$	
<b>Principe</b> : $\Delta P = \rho \cdot g \cdot h (P_2 - P_1)$	
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	
<b>hydrodynamique</b>	
$Q_v = S \cdot v$ ; $Q_m = \rho \cdot Q_v$	
$S_{\text{circulaire}} = \pi \cdot R^2 = \pi \cdot (D^2 / 4)$	
$V_2 = V_1 \cdot (D_1 / D_2)^2 = V_1 \cdot (S_1 / S_2)$	
$t = \text{Volume} / Q_v = m / Q_m$	
$(m / \rho) \cdot (P_2 - P_1) + \frac{1}{2} m \cdot (v_2^2 - v_1^2) + m g (z_2 - z_1) = E$ (Bernoulli)	
<b>Écoulement « libre »</b> : $E = 0$ $P + \frac{1}{2} \rho \cdot v^2 + \rho \cdot g \cdot z = \text{constante}$	
$v = \sqrt{2g \cdot h}$ (à l'air libre)	
<b>Écoulement forcé</b> : $E \neq 0$ 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 ; $E_c = \frac{1}{2} \cdot m \cdot v^2$ ; $E_p = m \cdot g \cdot h$	
$G = L^a \cdot M^b$ ..., unités	
Pourcentage	

<b>PHOTOMETRIE</b>	af 2013	b 2013	eb 2013
Définitions – Spectre lumineux			
Rayonnement			
$\Phi_{\text{énergétique}} = \eta \cdot P_{\text{électrique}}$ (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)			
$\Omega = 2\pi \cdot (1 - \cos \theta)$			
$d\Omega = dS \cdot \cos \theta / x^2$			
$d\Omega = 2\pi \cdot \sin \theta \cdot d\theta$			
<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			
Descartes...			
Pourcentage			

<b><u>RAYONNEMENT</u></b>	af 2013
$\Phi = M.S \quad (P)$	
$M = \sigma.T^4$	
$3.10^{-3} \approx \lambda_{\text{maximum}} \cdot T$	
$T = \theta + 273,15$	
Corps noir, $\sigma^0$	
Corps non noir, $\sigma = \eta.\sigma^0$	
$E = P.t$	
Spectre lumineux	
Capteur solaire	
Effet de serre	
$Q = m.c.\Delta\theta$	
$Q = m.L$	
Pourcentage	

<b>THERMIQUE</b>	af 2013	b 2013	eec 2013	tp 2013
Transferts de chaleur, définitions				
Loi de Fourier $\varphi = -\lambda \cdot d\theta / dx$ $\varphi = \lambda \cdot (\theta_1 - \theta_2) / e$				
$\Phi = \lambda \cdot S \cdot (\theta_1 - \theta_2) / e = \varphi \cdot S$				
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 $U_{bat} = (\Sigma U_i \cdot S_i + \Sigma \Psi_j \cdot \ell_j + \Sigma \chi) / \Sigma S_i$				
$\varphi = U \cdot \Delta\theta = \Delta\theta / r$				
(P) $\Phi = \varphi \cdot S = U \cdot S \cdot \Delta\theta = \Delta\theta / R$				
$G = [U_{bat} \cdot S + (\eta \cdot \rho \cdot c \cdot V) / 3600] / V$ $G = G_{paroi} + G_{air}$				
(P) $\Phi = G \cdot V \cdot \Delta\theta$				
$E = \Phi \cdot t$				
Coût, économie				
Label BBC				
$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta \quad (m = \rho \cdot V)$				
$Q = m \cdot L$				
$\Delta\theta = \theta_1 - \theta_2 = \varphi \cdot r_{\Delta\theta}$				
$\theta_{si}, \theta_{se}$				
Diagramme des températures				
$\theta_{si}$ et point de rosée				
$\theta_{si}$ et confort				
Diagramme de l'air humide				
$H_R \quad (p/p_s ; w/w_s)$				
Isolation thermique				
Rayonnement				
$p \cdot V = n \cdot R \cdot T$				
$p = \rho \cdot g \cdot h$				
Pourcentage				
$G = M^\alpha \cdot L^\beta \cdot T^\gamma \dots$				

<b>CHIMIE ORGANIQUE</b>	af 2013	b 2013	eb 2013	eec 2013	scbh 2013
$n = m / M ; n = V_{\text{gaz}} / V_{\text{molaire}}$					
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					
<b>Combustion complète</b>					
$V_{\text{air}} = 5 \cdot V_{\text{dioxygène}}$					
CO <sub>2</sub> et effet de serre (GES)					
Energie thermique E, pouvoir calorifique					
$E = P \cdot t$					
$P \cdot C \cdot S = P \cdot C \cdot I + m \cdot L_{\text{liquéfaction}}$					
$Q_1 = m \cdot c \cdot \Delta\theta ; Q_2 = m \cdot L$					
Combustion incomplète					
Substitution					
Addition					
Elimination					
Craquage (pyrolyse)					
<b>Polymérisation : polyaddition</b> $x \text{ monomère} \rightarrow \text{polymère}$ $(\text{motif})_x$	PMMA		PFVD		bois PVC
Indice de polymérisation : x					
$M(\text{polymère}) = x \cdot M(\text{monomère})$					
Fabrication du monomère					
Facteurs cinétiques					
Groupements fonctionnels					
<b>Polymérisation : polycondensation</b> $x Aa + x Bb \rightarrow (AB)_x + x ab$					
Polymères : utilisation					
Polymère et matière plastique					
Polymère et adjuvants					
Polymère et combustion					
Polymère et chaleur					
Polymère et pollution					
Pourcentage. <i>Incertitude relative</i>					

<b><u>OXYDOREDUCTION</u></b>	af 2013	tp 2013
Définitions. Nomenclature		
$n = m / M ; n = V_{\text{gaz}} / V_{\text{molaire}}$		
Oxydoréduction en <u>phase sèche</u>		
$n = C(X) \cdot V_{\text{solution aqueuse}}$ $n = [X^{x+}]_{\text{aq}} \cdot V_{\text{aq}} ; n = [Y^{y-}]_{\text{aq}} \cdot V_{\text{aq}}$		
Oxydoréduction en <u>phase aqueuse</u> Potentiel d'oxydoréduction : $E^0$ Couple « redox » oxydant / réducteur		
<b>Couple <math>M^{x+}</math></b> ion métallique / Métal		
Classification des métaux réducteurs		
Couple $H^+$ <sub>aqueux</sub> / $H_2$		
Règle du gamma		
Réduction <b>Oxydant 1</b> + $x e^- \rightarrow$ Réducteur 1		
Oxydation $Oxydant 2 + y e^- \leftarrow$ <b>Réducteur 2</b>		
<u>Oxydoréduction</u> <b>...Oxydant 1 + ...Réducteur 2</b> $\rightarrow$ ...Réducteur 1 + Oxydant 2		
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 (<math>M_1/M_1^{x+} // M_2^{y+}/M_2</math>)</i>		
Faraday : 96500 C.mol <sup>-1</sup> (F)		
$Q = I.t ; n_{e^-} = Q / F$		
$n_{\text{métal}} = (1 / y) \cdot n_{e^-}$		
$m_{\text{métal anode}} = (1 / y) \cdot (I.t / F) \cdot M_{\text{métal}}$		
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		