

AF

Ce problème concerne l'étude d'éléments liés à la construction d'une maison.

Les constructions récentes sont bâties dans un souci d'économie d'énergie.

Le choix des matériaux et le recours à des techniques d'isolation thermique permettant de réduire considérablement la consommation énergétique à confort égal.

Solution aqueuse

Fabrication du béton cellulaire

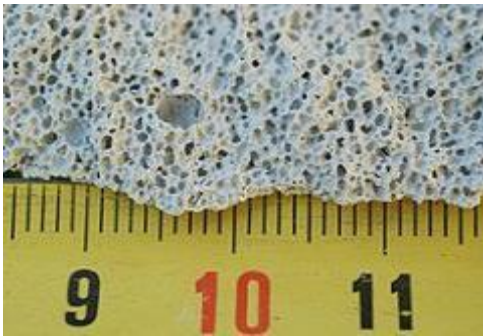
Le béton cellulaire est un matériau léger, solide et isolant.

Il est rempli d'une multitude de bulles d'air emprisonnées dans des cellules, ce qui lui confère légèreté, pouvoir d'isolation thermique et acoustique, ainsi qu'une solidité permettant la réalisation de constructions d'une grande diversité.

Par conséquent ce matériau est de plus en plus utilisé dans la construction.



Parpaing en béton cellulaire



Structure béton cellulaire

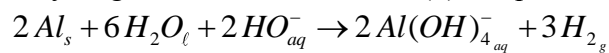
http://fr.wikipedia.org/wiki/Béton_cellulaire

• *Constitution du béton cellulaire :*

- Sable blanc très pur (95% de silice)
- Chaux
- Ciment
- Poudre d'aluminium
- Eau.

Pour créer les pores présents dans le béton cellulaire, on ajoute de l'aluminium lors de la fabrication du béton.

En effet, en milieu alcalin, la poudre d'aluminium réagit et forme du dihydrogène suivant la réaction (1) d'équation :



Au cours du durcissement de la pâte, le dihydrogène s'échappe en créant des cellules qui se remplissent d'air.

• *Quelques indicateurs colorés :*

Indicateur coloré	Couleur de la forme acide	Zone de virage	Couleur de la forme basique
Jaune de méthyle	Rouge	$2,9 \leq pH \leq 4,0$	Jaune
Rouge de méthyle	Rouge	$4,2 \leq pH \leq 6,3$	Jaune
Bleu de bromothymol	Jaune	$6,0 \leq pH \leq 7,6$	Bleu
Phénolphtaléine	Incolore	$8,2 \leq pH \leq 10,0$	Rose

• *Fiche de sécurité de la chaux CaO :*



Mention d'avertissement : Danger

Mention de danger :

H315 Provoque une irritation cutanée.

H318 Provoque des lésions oculaires graves.

• *Coût (au 10/11/2015)*

Aluminium : $1,4 \text{ €} \cdot \text{kg}^{-1}$

Béton : $100 \text{ €} \cdot \text{m}^{-3}$

Bloc d'un béton cellulaire : $63 \text{ cm} \times 25 \text{ cm} \times 20 \text{ cm} \approx 5 \text{ €}$

Données :

Produit ionique de l'eau à 25°C : $K_e = [H_3O^+].[HO^-] = 1,0.10^{-14}$

Masse volumique d'un béton cellulaire : $\rho_{bc} = 0,48.10^3 \text{ kg.m}^{-3}$

Couples oxydant-réducteur : $Al(OH)_4^- / Al_s$ et H_2O_ℓ / H_{2g}

- 1) a- Pour produire le dihydrogène, l'aluminium doit être placé en milieu alcalin.
Préciser la signification du terme « alcalin ».
- b- Choisir l'indicateur coloré permettant de caractériser un milieu alcalin.
- c- La concentration molaire volumique en ions HO^- dans la pâte avant séchage est égale à $3,0.10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$.
Calculer le pH de la pâte.
- d- Décrire quel(s) équipement(s) de protection individuelle un opérateur doit porter lors de la fabrication du béton cellulaire.
- e- Indiquer si la réaction (1) est une réaction acido-basique ou une réaction d'oxydoréduction.
Afin d'expliquer ce choix, citer les couples acide/base ou oxydant/réducteur intervenant dans la réaction.

La matière première pour former le béton cellulaire est identique à celle d'un béton classique à l'exception de la présence d'aluminium pour le béton cellulaire.

Lors de la production d'une masse de 1000 kg de béton cellulaire, il y a dégagement d'une quantité de matière de dihydrogène égale à 68 mol.

f- En déduire la quantité de matière $n(Al)$ d'aluminium puis la masse $m(Al)$ d'aluminium nécessaire pour obtenir une masse m de béton cellulaire égale à 1000 kg.

g- Préciser quel pourcentage représente l'utilisation de l'aluminium dans le coût de 1000 kg de béton cellulaire.

Proposer un commentaire au sujet de ce résultat.

h- Quel est entre le béton cellulaire et le béton classique le plus avantageux à l'achat ?

Thermique**1- Isolation thermique des murs d'une maison individuelle**Données :

Coefficient de transmission thermique des parois : $U = \frac{1}{r} = \frac{1}{r_{si} + \sum \frac{e}{\lambda} + r_{se}}$

Flux thermique (W) : $\Phi = U.\Delta\theta.S$

$\Delta\theta$: différence de température

S : surface de la paroi

r : résistance thermique surfacique de la paroi

r_{si} et r_{se} : respectivement résistance thermique surfacique superficielle intérieure et extérieure

$r_{si} = 0,13 \text{ m}^2.K.W^{-1}$ et $r_{se} = 0,04 \text{ m}^2.K.W^{-1}$

e : épaisseur de la paroi

λ : conductivité thermique du matériau

- béton cellulaire : $\lambda_{bc} = 0,12 \text{ W.m}^{-1}.K^{-1}$

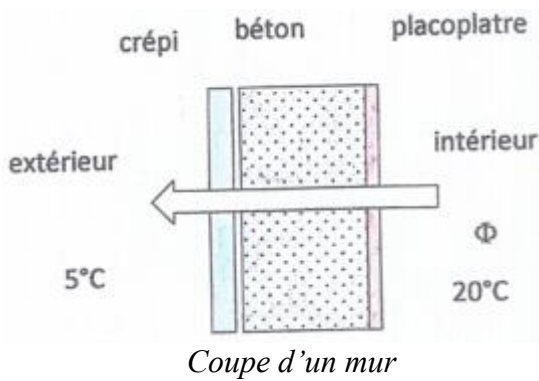
- béton ordinaire : $\lambda_b = 1,7 \text{ W.m}^{-1}.K^{-1}$

- placoplatre : $\lambda_{pl} = 0,35 \text{ W.m}^{-1}.K^{-1}$

- crépi : $\lambda_c = 1,2 \text{ W.m}^{-1}.K^{-1}$

- a- En considérant la conductivité thermique de l'air, expliquer la différence entre les conductivités thermiques du béton ordinaire et du béton cellulaire.





b- Calculer la valeur du coefficient de transmission thermique d'un mur en considérant que celui-ci est composé de crépi, de béton cellulaire et de placoplatre d'épaisseurs respectivement égales à 12 mm, 30 cm et 1,0 cm.

c- Reprendre le calcul en remplaçant le béton cellulaire par le béton ordinaire, d'épaisseur 30 cm.

Proposer, à partir de cette étude, un argument en faveur du choix du béton cellulaire en isolation thermique.

Afin d'être conforme aux exigences de la réglementation thermique RT 2012, l'énergie maximale consommée en une année par cette maison doit être inférieure à 4800 kWh.

La surface S des murs de la maison, sans portes ni fenêtres, est égale à 90 m^2 .

d- Calculer le flux d'énergie Φ à travers les murs en béton cellulaire puis le flux d'énergie Φ' à travers les murs en béton ordinaire sachant que l'écart de température entre l'intérieur et l'extérieur est toujours de 15°C .

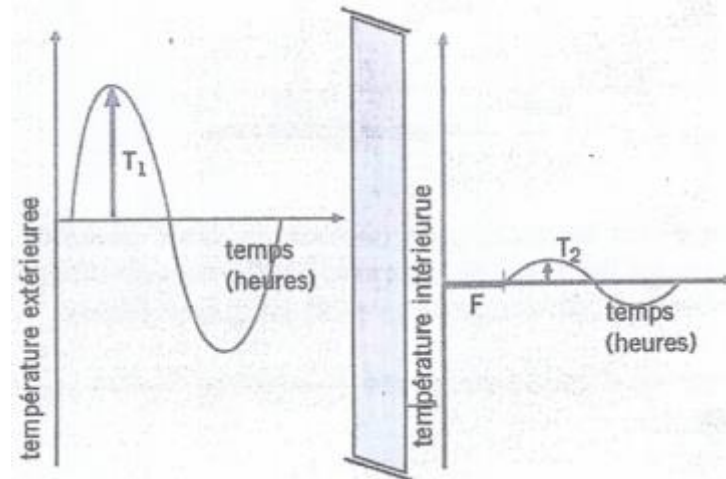
e- En déduire, en kWh, l'énergie E perdue par les murs en béton cellulaire pendant une durée de 180 jours, puis l'énergie E' perdue par les murs en béton ordinaire pendant cette même durée.

Préciser le cas pour lequel il est encore possible de satisfaire les exigences de la RT 2012.

Durant les mois d'été, les bâtiments sont soumis pendant les heures chaudes à des températures externes relativement importantes dues aux radiations solaires.

Ces hausses de température extérieure peuvent mener à des hausses de température intérieure désagréables pour les occupants du bâtiment.

Le déphasage F induit par une cloison est le décalage en heures entre les maxima de températures intérieure et extérieure.



Températures extérieure et intérieure

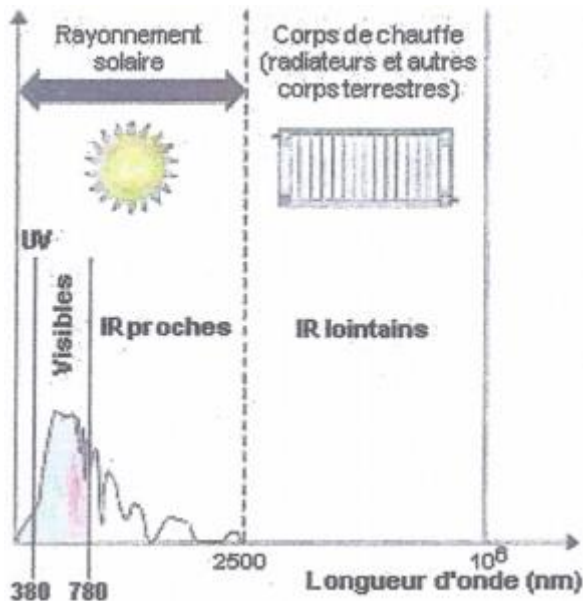
Valeurs de déphasages pour des cloisons d'épaisseurs identiques	
Matériau	Déphasage F (heures)
Béton cellulaire	11,4
Béton ordinaire	6,0
Bois	4,0

f- À partir de ces données, expliquer quel avantage peut présenter, en plus d'une bonne isolation thermique, l'utilisation de béton cellulaire.

2- Fenêtres avec vitrage à isolation renforcée

Les fenêtres aluminium en profilés et équipées de vitrages à isolation renforcée, appelée également vitrages basse émissivité, permettent de répondre parfaitement à la réglementation thermique.

Le rayonnement solaire émet dans les courtes longueurs d'onde alors que les systèmes de chauffage émettent des infrarouges de grande longueur d'onde.



Les vitrages basse émissivité, sur lesquels on a déposé de fines couches d'oxydes métalliques invisibles tels que les oxydes d'or, d'argent ou de bismuth réfléchiront une part égale à 96% du rayonnement infrarouge de grande longueur d'onde.

Expliquer comment les vitrages basse émissivité peuvent permettre une meilleure isolation thermique de l'habitation.

...Acoustique

Le double vitrage qui équipe les fenêtres répond aussi à des exigences acoustiques.

Données :

Relation entre le niveau sonore L (dB) et l'intensité acoustique I (W.m^{-2}) : $L = 10 \cdot \log \frac{I}{I_0}$

I_0 ($1,0 \cdot 10^{-12} \text{ W.m}^{-2}$) : intensité sonore de référence

1) Montrer que l'intensité acoustique s'obtient grâce à la relation $I = I_0 \cdot 10^{\frac{L}{10}}$

Analyse d'un bruit routier par bande d'octave, à l'extérieur de la maison

Fréquence centrale (Hz)	Niveau sonore L (dB)	Intensité acoustique I (W.m^{-2})
125	75	$3,2 \cdot 10^{-5}$
250	76	$4,0 \cdot 10^{-5}$
500	71	$1,3 \cdot 10^{-5}$
1000	70	
2000	68	
4000	62	$1,6 \cdot 10^{-6}$

2) Compléter la colonne « Intensité acoustique » du tableau précédent.

3) Calculer le niveau d'intensité acoustique global I_T du bruit routier.

4) Le double vitrage permet une réduction de bruit égale à 40 dB sur toutes les octaves.

En déduire le niveau sonore L à l'intérieur et vérifier qu'il est satisfaisant.

Niveau sonore	120 dB	100 dB	80 dB	60 dB	40 dB	20 dB
Situation	Passage formule 1	Marteau piqueur	Restaurant scolaire	Conversation normale	Séjour calme	Chuchotement

Oxydoréduction

Châssis de fenêtre en aluminium anodisé



Les châssis des fenêtres du bâtiment sont en aluminium anodisé.

Du fait de son affinité avec le dioxygène, l'aluminium a la propriété de s'auto-protéger par son oxyde naturel, l'alumine, en formant une couche peu épaisse de quelques micromètres.

Par voie chimique, il est possible d'accélérer artificiellement ce phénomène en réalisant une électrolyse. Cette technique appelée Oxydation Anodique Sulfurique ou OAS est la plus utilisée dans l'industrie.

Conditions opératoires du procédé OAS

	Procédé OAS
Concentration massique d'acide sulfurique	165 à 220 g.L ⁻¹
Densité du courant	1,0 à 1,8 A.dm ⁻²
Tension	16 à 21 V
Température	17 à 22°C
Durée	25 à 40 min
Épaisseur de la couche	6 à 20 µm

(Extrait de « TEM technologies » <http://www.temtechnologies.fr/>)

Données :

Couples oxydant/réducteur : Al_2O_3 / Al_s ; O_{2g} / H_2O_l ; H_{aq}^+ / H_{2g}

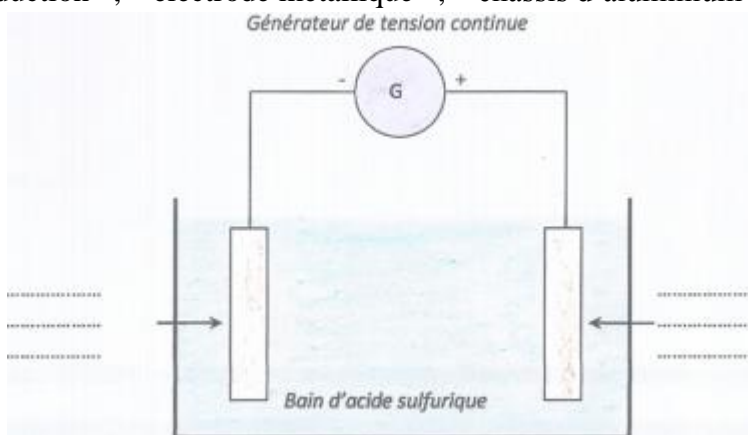
Constante de Faraday : $F = 96,3.10^3 \text{ C.mol}^{-1}$

Masse volumique de l'alumine $\rho(Al_2O_3) = 4,0 \text{ g.cm}^{-3}$

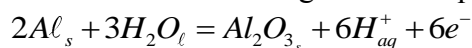
Le châssis d'aluminium est utilisé comme anode lors de l'électrolyse d'une solution aqueuse d'acide sulfurique ($2H_{aq}^+ + SO_{4aq}^{2-}$) dont la concentration molaire volumique C est égale à 2,0 mol.L⁻¹.

1) Compléter le schéma suivant en indiquant :

- Sur le fil électrique, le sens du courant électrique d'intensité I et le sens des électrons notés e⁻.
- Sur les électrodes, les indications pertinentes parmi les termes : « anode », « cathode », « oxydation », « réduction », « électrode métallique », « châssis d'aluminium ».



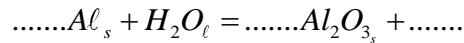
À l'anode, l'aluminium s'oxyde en alumine selon l'échange électronique de demi-équation :



c- En déduire le gaz qui se dégage à la cathode.

Écrire la demi-équation électronique associée à l'échange électronique qui se produit à la cathode.

2) Compléter l'équation de la réaction d'électrolyse :



3) Bien qu'un milieu acide détruise la couche d'alumine, on réalise l'électrolyse en présence d'acide sulfurique et on constate qu'une couche épaisse d'alumine se forme à la surface de l'aluminium.

Préciser qualitativement comment doivent être les vitesses de formation et de destruction de la couche d'alumine en milieu acide lors de l'électrolyse.

La couche d'oxyde formée est poreuse, donc peu résistante à une attaque du milieu extérieur.

Le colmatage des pores est réalisé en trempant la pièce anodisée dans de l'eau bouillante.

Durant cette étape l'alumine « gonfle » et cristallise en böhmite qui, par croissance, resserre les pores.

On désire colorer la surface de la plaque d'aluminium en ajoutant un colorant.

4) Préciser s'il convient de tremper la plaque d'aluminium dans le bain de colorant avant ou après le traitement à l'eau bouillante et expliquer le raisonnement.

5) La concentration molaire volumique de la solution d'acide sulfurique C est égale à $2,0 \text{ mol.L}^{-1}$.

Calculer la valeur de sa concentration massique volumique C_m en acide sulfurique H_2SO_4 .

Déduire si ces conditions correspondent à celle du procédé OAS.

On travaille avec une densité de courant de j pendant une durée Δt afin d'anodiser une surface S d'aluminium.

Données :

$$j = 1,0 \text{ A.dm}^{-2}$$

$$\Delta t = 25 \text{ min}$$

$$S = 1,0 \text{ m}^2$$

La relation reliant l'épaisseur d'alumine déposée aux paramètres de l'électrolyse est : $d = \frac{I \cdot \Delta t \cdot M_{Al_2O_3}}{6 \cdot \rho_{Al_2O_3} \cdot F \cdot S}$.

6) Calculer l'intensité I du courant circulant dans le circuit et l'épaisseur d de la couche d'alumine qui se dépose sur le châssis d'aluminium.

Comparer au procédé OAS.



La maison isolée

Une famille décide de s'installer à la montagne dans un chalet isolé, qui ne possède qu'un poêle à bois pour le chauffage et un groupe électrogène pour l'installation électrique.

Ces nouveaux propriétaires décident d'installer un chauffage au sol, alimenté en eau chaude par un chauffe-eau solaire, et des panneaux photovoltaïques, couplés à une pile à combustible.

La pile à combustible est financée par un groupe industriel, spécialisé dans le stockage de l'énergie électrique, qui désire adapter son concept industriel à des installations de taille domestique.

Par ailleurs, les propriétaires souhaitent conserver le groupe électrogène pour une production complémentaire éventuelle en électricité, mais en améliorant l'isolation acoustique du local dans lequel il est entreposé.

Il s'agit au cours de cette épreuve d'étudier le système de chauffage par le sol, le fonctionnement de la pile à combustible et l'isolation du local contenant le groupe électrogène.

Ce sujet est constitué de trois parties indépendantes.

A : Chauffage par le sol

B : Pile à combustible

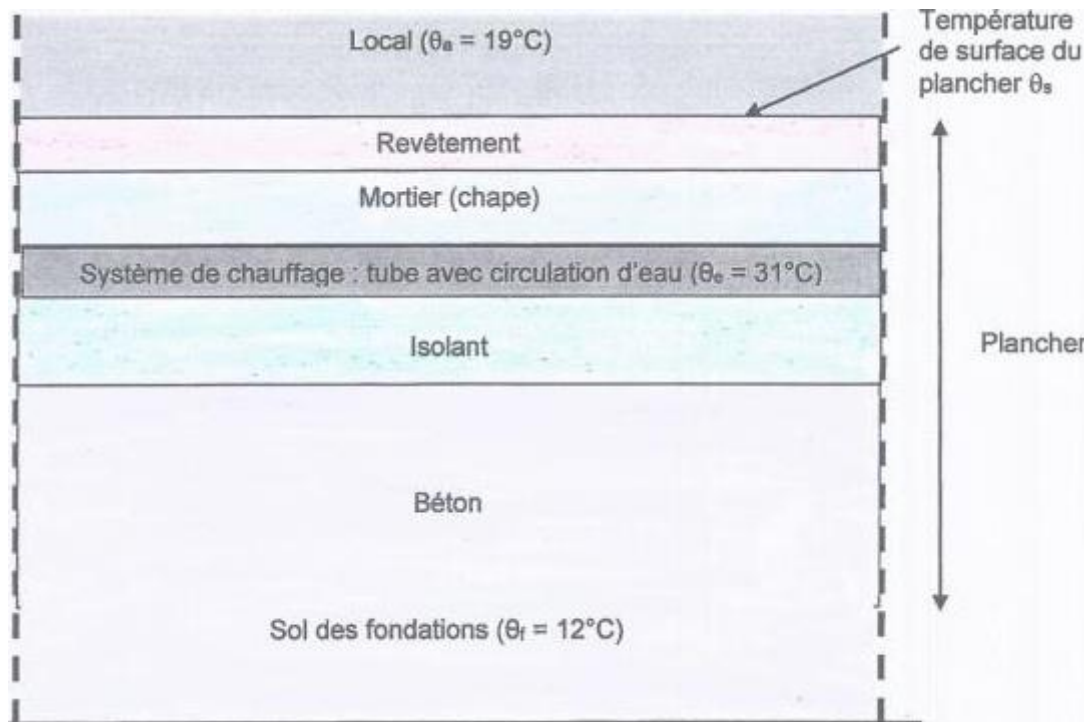
C : Isolation acoustique

Thermique (A)

Chauffage par le sol

Pour chauffer le sol du rez-de-chaussée du chalet, on utilise un plancher chauffant constitué d'un tube dans lequel circule de l'eau à température moyenne constante $\theta_e = 31^\circ\text{C}$.

Ce plancher chauffant doit permettre de maintenir la température ambiante à l'intérieur du chalet de surface $S = 30\text{ m}^2$ à la valeur $\theta_a = 19^\circ\text{C}$.



Données :

	Mortier	Revêtement	Isolant	Béton
<i>Epaisseur (cm)</i>	$e_1 = 5,5$	$e_2 = 1,2$	$e_3 = 2,5$	$e_4 = 15$
<i>Conductivité thermique ($\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$)</i>	$\lambda_1 = 1,1$	$\lambda_2 = 2,5$	$\lambda_3 = 0,040$	$\lambda_4 = 1,4$

La température du sol des fondations est supposée uniforme et égale à $\theta_f = 12^\circ\text{C}$

Le coefficient d'échange par convection h entre la surface du revêtement du plancher et le local a pour valeur $11\text{ W.m}^{-2}.\text{K}^{-1}$.

1) Calculer, en $\text{m}^2.\text{K.W}^{-1}$, la résistance thermique surfacique r_{sup} des matériaux compris entre le système de chauffage et le local en tenant compte de la convection.

2) Vérifier que la densité de flux thermique (ou flux thermique surfacique) émis vers le haut par le système de chauffage vaut $\phi_{\text{sup}} = 80\text{ W.m}^{-2}$.

3) Calculer la résistance thermique surfacique r_{inf} des matériaux compris entre le système de chauffage et les fondations.

4) Vérifier que la densité de flux thermique émis vers le bas par le système de chauffage vaut $\phi_{\text{inf}} = 26\text{ W.m}^{-2}$.

5) Calculer la puissance thermique reçue par le local, la puissance thermique perdue vers les fondations et vérifier que la puissance thermique fournie par le système de chauffage vaut $3,2\text{ kW}$.

6) Calculer la température de surface du plancher θ_s .

Cette température vous semble-t-elle acceptable ?

Argumenter à partir du document ci-dessous.

On désire limiter les pertes thermiques vers le sol des fondations à une valeur égale à 220 W , en augmentant l'épaisseur de l'isolation.

On conserve le même isolant et la même épaisseur de béton.

7) Calculer la nouvelle épaisseur de l'isolant.

Planchers chauffants, vers le confort idéal ?

Le chauffage par le sol remonte à l'époque romaine.

Soucieuse de son confort thermique, la population des grandes villes romaines se chauffe au moyen de carreaux de terre cuite dans lesquels de l'eau chaude ou de la fumée circule.

Il suffisait d'y penser !

Le concept de plancher chauffant était né.

Deux millénaires plus tard, dans les années soixante plus exactement, le système de chauffage par le sol refait surface.

Toutefois, les débuts de cette technique sont difficiles.

Les planchers chauffants sont installés en masse dans de nombreux logements sociaux locatifs dont l'absence d'isolation entraîne d'importantes déperditions de chaleur.

Afin de chauffer correctement ces bâtiments, les températures au sol peuvent alors atteindre 35 à 40°C !

Pas étonnant que maux de têtes, problèmes vasculaires, jambes lourdes et autres varices fassent leur apparition...d'où le discrédit jeté sur ces systèmes.

Une mauvaise réputation dont ils sont encore aujourd'hui du mal à se défaire.

Pourtant, dès 1979, un décret vient généraliser un nouveau procédé de plancher, et fixe une température relativement basse (28°C maximum) et réglable individuellement.

C'est ce décret qui est à l'origine de l'appellation « Planchers chauffants basses températures » ou PCBT.

(Extrait de : <http://www.climamaison.com/chronique-technique/planchers-chauffants-vers-le-confort-ideal.htm>)

Oxydoréduction (B)

Pile à combustible

Greenergy Box : vers une nouvelle solution de stockage de l'énergie ?

En février dernier, Areva et Schneider Electric ont conclu un accord visant à développer des solutions de stockage et de gestion de l'énergie basée sur le dihydrogène.

Lumière sur ce partenariat stratégique !

• *Un problème de premier plan.*

Le stockage de l'énergie est l'action qui consiste à conserver une quantité d'énergie pour permettre son utilisation ultérieure.

Problématique de premier plan, la maîtrise du stockage de l'énergie est particulièrement importante car elle permet de valoriser les énergies alternatives et renouvelables qui sont par nature intermittentes.

En effet, le stockage d'électricité permet de répondre à plusieurs problématiques :

- la récupération de la production d'énergie excédentaire par rapport à la demande,
- la fourniture d'énergie pour faire face aux pics ponctuels de consommation,
- la fourniture d'énergie pour compenser l'insuffisance due au caractère intermittent de l'offre,
- l'optimisation de l'utilisation des ressources en limitant les pertes, grâce aux mécanismes d'ajustement.

• *Les géants se mettent au vert*

C'est dans ce cadre qu'Areva, le groupe leader d'ingénierie nucléaire, et l'équipementier Schneider Electric, ont signé le 6 février dernier, un accord stratégique visant à développer une solution de stockage de l'énergie grâce au dihydrogène.

La solution, rebaptisée Greenergy Box, est composée :

- d'un électrolyseur permettant de transformer l'énergie en dihydrogène,
- d'une pile à combustible destinée à convertir le dihydrogène en électricité.

Le dispositif doit permettre de faciliter le stockage de l'énergie par les mécanismes suivants :

- en période de faible consommation, l'énergie est stockée sous forme de dihydrogène produit par l'électrolyse,
- lors des pics importants de demande, la pile permet de restituer l'énergie stockée.

Le dispositif est destiné en particulier aux régions enclavées ou insulaires, disposant d'un approvisionnement énergétique limité.

(Charlène Giraudier, Acteurs et marché, 18 mars 2014)

(<https://www.energystream-wavestone.com/2014/03/greenergy-box-vers-nouvelle-solution-stockage-lenergie/>)

1) En vous aidant du document précédent, expliquer l'utilisation qui est faite de l'excédent d'énergie électrique produite par les panneaux photovoltaïques.

Préciser dans votre réponse pourquoi on peut parler de stockage d'énergie électrique.

La pile à combustible expérimentée est une pile où la production d'énergie électrique est obtenue grâce à l'oxydation sur une électrode du dihydrogène, couplée à la réduction sur l'autre électrode du dioxygène.

La réaction d'oxydation du dihydrogène est accélérée par un catalyseur en platine.

Données :

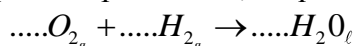
Couples oxydant/réducteur mis en jeu : H_{aq}^+ / H_{2g} et O_{2g} / H_2O_l

Quantité d'électricité (en valeur absolue) transportée par une mole d'électrons : 96500 C

Relation entre la quantité d'électricité Q transportée par un courant d'intensité I pendant la durée Δt : $Q = I \cdot \Delta t$

2) Écrire, en milieu acide, les demi-équations électroniques des deux couples en précisant celle qui correspond à l'anode et celle qui correspond à la cathode.

3) Ajuster, en justifiant à partir de la question précédente, l'équation de réaction :



En période de faible consommation, l'énergie est stockée sous forme de dihydrogène gazeux dans deux réservoirs pouvant contenir chacun 30 g de dihydrogène, sous pression et à la température ambiante.

4) a- Vérifier par le calcul que la quantité de dihydrogène contenu dans l'ensemble des deux réservoirs remplis est proche de 30 mol.

b- Vérifier par le calcul que la quantité d'électrons pouvant être libérée par le dihydrogène est de 60 mol.

c- La valeur moyenne de l'intensité du courant produit par la pile à combustible est de 50 A.

Calculer la durée théorique de fonctionnement de la pile en supposant que tout le dihydrogène stocké dans les deux réservoirs est consommé.

Acoustique (C)

Isolation acoustique

Les nouveaux propriétaires du chalet souhaitent améliorer l'isolation acoustique du local dans lequel est entreposé le groupe électrogène.

Le local correctement ventilé est de forme parallélépipédique et fermé par une porte en bois.

Données :

Dimensions du local : longueur 3,0 m ; largeur 2,0 m ; hauteur 2,4 m

Dimensions de la porte : largeur 1,4 m ; hauteur 2,0 m

Coefficients d'absorption moyens, à toutes fréquences :

- plancher, plafond et murs : $\alpha_1 = 0,040$

- porte : $\alpha_2 = 0,090$

Niveaux d'intensité sonore aux fréquences normalisées quand le groupe fonctionne :

Fréquence (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Niveau N (dB)	90	86	84	70	65	65

Niveau d'intensité sonore total : $N_{total} = 10 \cdot \log\left(\sum_{i=1}^n 10^{N_i/10}\right)$

Formule de Sabine : $T = 0,16 \cdot \frac{V}{A}$

$$A = \sum_{i=1}^n \alpha_i \cdot S_i$$

Variation du niveau d'intensité sonore global : $\Delta N = 10 \cdot \log \frac{T'}{T}$

1) a- Nommer l'appareil de mesure permettant de relever la valeur des niveaux d'intensité sonore.

b- Calculer la valeur du niveau d'intensité sonore total.

2) Donner la signification de chaque terme de la formule de Sabine.

Préciser les unités.

3) Vérifier que la somme des surfaces du plancher, du plafond et des murs vaut 33 m².

Vérifier que le temps de réverbération vaut T = 1,4 s.

On traite, avec de la laine de roche de moyenne densité, le plafond et les murs pour améliorer l'isolation acoustique.

Le nouveau coefficient moyen d'absorption à toutes fréquences des surfaces traitées et la nouvelle aire équivalente d'absorption deviennent respectivement : $\alpha' = 0,51$ et $A' = 14 \text{ m}^2$.

4) Calculer la valeur du nouveau temps de réverbération T'.

5) Calculer le nouveau niveau d'intensité sonore global quand le groupe électrogène fonctionne.



Toiture terrasse et développement durable

Le sujet est constitué de trois parties indépendantes qui peuvent être traitées dans n'importe quel ordre. Dans un premier temps on s'intéressera à l'étanchéité d'une toiture terrasse, grâce à l'utilisation de membranes bitumeuses.

Nous aborderons ensuite l'isolation thermique de cette toiture.

Pour finir, nous verrons comment son aménagement peut participer à réduire la consommation énergétique du bâtiment.

1 : Des membranes bitumeuses consommatrices de dioxyde de carbone.

2 : Étude de l'isolation thermique d'une toiture terrasse.

3 : Optimisation de la toiture pour réduire les dépenses énergétiques.

Chimie organique (1)

Des membranes bitumeuses consommatrices de dioxyde de carbone.

Pour réaliser l'étanchéité de la toiture terrasse, on a utilisé des membranes bitumeuses de haute qualité, qui contribuent à la protection de l'environnement.

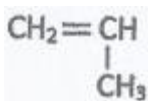
A- Polymères et membranes bitumeuses.

Afin d'améliorer le comportement des bitumes à basse et haute température et d'en augmenter la longévité, des polymères ont été additionnés aux bitumes.

Dans la membrane utilisée, il s'agit de bitume APP, qui est obtenu par adjonction d'environ 30% de polypropylène, ce qui lui donne des propriétés plastiques.

1) Définir le terme de polymère.

Le polypropylène est un polymère, obtenu à partir du propène (aussi appelé propylène), de formule :



2) Écrire l'équation bilan de la réaction de polymérisation permettant d'obtenir du polypropylène à partir de n molécules de propène.

3) De quel type de polymérisation s'agit-il ?

Justifiez votre réponse.

Une membrane bitumeuse est renforcée à l'aide d'une armature.

Cette armature est souvent un matériau composite verre/polyester.

4) Qu'est-ce qu'un matériau composite ?

Citer un autre exemple de matériau composite.

B- Impact environnemental.

Les membranes bitumeuses choisies ont leur couche supérieure composée d'olivine.

L'olivine est une substance minérale qui réagit avec le dioxyde de carbone et l'eau pour donner des substances neutres vis-à-vis de l'environnement.

Ce processus chimique comporte trois étapes.

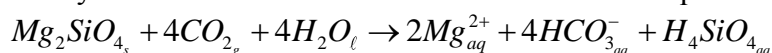
Pour simplifier on considérera que la formule chimique de l'olivine est la suivante : Mg_2SiO_4 .

Le fournisseur affirme qu'un mètre carré de la membrane est capable de neutraliser près de mille litres de dioxyde de carbone.

On se propose de vérifier son affirmation dans le cadre de conditions normales de pression ($1,013 \cdot 10^5$ Pa) et à la température de 25°C .

On sait qu'un mètre carré de membrane est recouvert de 1,40 kg d'olivine.

L'olivine réagit avec le dioxyde de carbone et l'eau selon la réaction chimique suivante :



Données :

Équation des gaz parfaits : $P.V = n.R.T$

P : pression (Pa)

V : volume (m^3)

n : quantité de matière (mol)

T : température absolue (K)

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

5) Montrer que la quantité de matière, n_{olivine} , d'olivine contenue dans 1 m^2 de membrane vaut 10 mol.

6) À l'aide de l'équation bilan ci-dessus, vérifier si l'affirmation du fournisseur est correcte, à savoir que « 1 m^2 de la membrane est capable de neutraliser près de 1000 L de CO_2 ».

7) Proposer un intérêt, pour l'environnement, d'utiliser des membranes consommatrices de dioxyde de carbone.

Thermique (2)

Isolation thermique de la toiture terrasse.

La toiture terrasse étudiée est composée des éléments cités ci-dessous :

- les éléments porteurs sont des tôles d'acier nervurées,
- l'isolant est de la laine de roche,
- l'étanchéité est réalisée à l'aide d'une membrane bitumeuse.

Dans la suite de l'exercice, on négligera les pertes par les ponts thermiques.

A- Comportement de la toiture terrasse lors de forte chaleur.

Le bâtiment concerné doit être maintenu à une température intérieure de 20°C .

Ceci est réalisé à l'aide d'un système de climatisation.

On se propose de calculer la quantité de chaleur qui traverse la toiture pendant une période de forte chaleur.

Données :

Matériaux	résistances thermiques surfaciques ($\text{m}^2.\text{K.W}^{-1}$)
Tôles en acier	Négligeable
Laine de roche	5,3
Membrane bitumeuse	Négligeable

- résistances thermiques surfaciques superficielles ($\text{m}^2.\text{K.W}^{-1}$) respectivement intérieure et extérieure :

$$r_{\text{si}} = 0,12 \text{ et } r_{\text{se}} = 0,07$$

- On appelle coefficient de transmission thermique surfacique d'une paroi, l'inverse de sa résistance thermique surfacique

- Température moyenne à l'extérieur : 30°C

- Surface totale de la surface de la toiture : 960 m^2 .

1) Vérifier que la valeur du coefficient de transmission thermique surfacique de la toiture est bien : $U = 0,18 \text{ W.K}^{-1}.\text{m}^{-2}$.

2) Indiquer dans quel sens s'effectue le transfert thermique.

3) Calculer la valeur du flux thermique surfacique ϕ .

4) En déduire la valeur du flux thermique total Φ qui traverse la toiture.

5) La période de canicule dure 10 jours à la température moyenne de 30°C .

Quelle quantité totale de chaleur Q (Wh) a pénétré à l'intérieur du bâtiment ?

B- Réduction du facteur solaire à l'aide de membranes réfléchissantes.

Il existe désormais des membranes d'étanchéité qui possèdent une forte réflectivité, de l'ordre de 80% et plus.

C'est-à-dire qu'elles renvoient 80% de l'énergie solaire reçue.

Grâce à ces membranes, en plein été, pour un même confort, on peut réaliser une économie de résistance thermique surfacique de $4,0 \text{ m}^2.\text{K.W}^{-1}$ sur l'isolant.

Données :

- Conductivité thermique de la laine de roche : $\lambda = 0,038 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$

- Le facteur solaire d'une paroi est le rapport entre l'énergie due au rayonnement solaire transmise et l'énergie reçue par la paroi

Cette paroi peut être de toute sorte

On peut calculer le facteur solaire S_p à l'aide de l'expression suivante : $S_p = \frac{\alpha_p \cdot U_p}{h_e}$

α_p : coefficient d'absorption de la toiture vis-à-vis du rayonnement solaire (valeur comprise entre 0 et 1)

U_p : coefficient de transmission thermique de la toiture

h_e : coefficient de transmission convectif extérieur

- Membrane classique : $S_{pc} = 0,011$

- Membrane réfléchissante : $\alpha_p = 0,2$; $U_p = 0,18 \text{ W.K}^{-1}.\text{m}^{-2}$; $h_e = 13,5 \text{ W.K}^{-1}.\text{m}^{-2}$.

6) Donner la relation entre la résistance thermique surfacique et la conductivité thermique.

7) Donner les épaisseurs, e_1 et e_2 de laine de roche, nécessaires avec une membrane bitumeuse et une membrane à forte réflectivité.

Conclure.

8) Vérifier que la quantité d'énergie qui traverse la toiture munie de membranes réfléchissantes est environ quatre fois plus faible que celle traversant la toiture munie de membranes classiques.

L'été, lors des périodes de canicule, la température à la surface des membranes classiques peut parfois atteindre 80°C , alors qu'elle est de 40°C à la surface des membranes réfléchissantes, prises dans les mêmes conditions.

9) Proposez une explication à cette différence de comportement.

Photométrie (3)

Optimisation de la toiture pour réduire les dépenses énergétiques.

Afin de pouvoir utiliser l'énergie fournie par les panneaux pour d'autres activités, on décide d'implanter des puits de lumière dans la toiture afin de réduire l'apport d'éclairage artificiel.

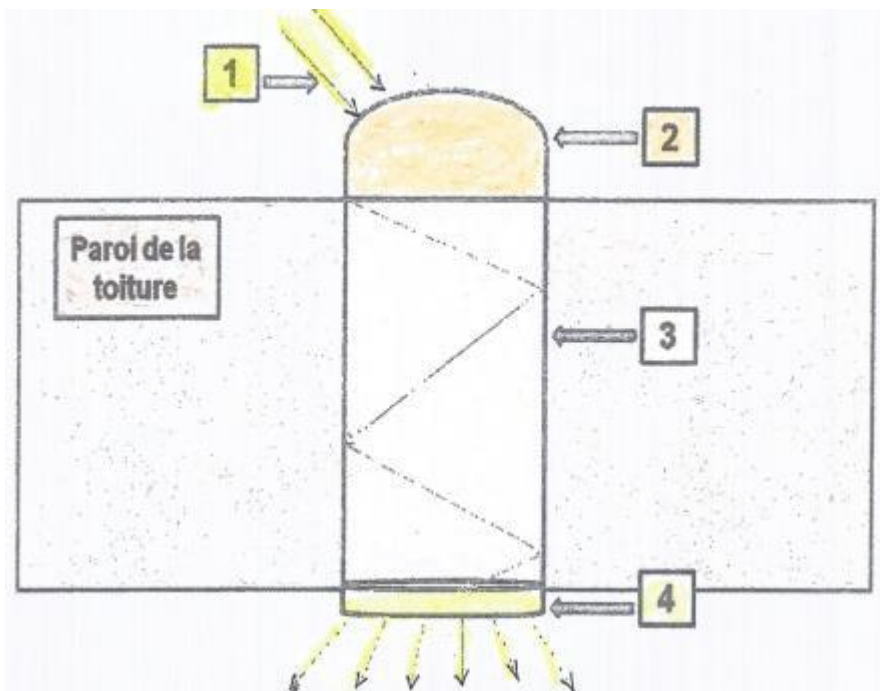


Schéma descriptif d'un puits de lumière

1- Rayons lumineux provenant du soleil.

2- Zone de collecte : dôme qui « capture » la lumière en éliminant les infrarouges.

Il réoriente la lumière émise pour optimiser les rayons de début et de fin de journée, à l'aide de dispositifs optiques.

3- Zone de transmission : conduit de lumière ayant une réflexion de l'ordre de 99%

4- Zone de diffusion : diffuseur qui filtre les ultraviolets nocifs et renvoie la lumière de manière optimale dans le bâtiment.

Données :

- Exemples de valeur d'éclairage moyen usuel dans un bâtiment scolaire, selon la norme NF EN 12464-1 :

Lieux	Eclairage (lx)
Salle de classe	300
Salle de conférence	500
Zone de circulation et couloir	100
Salle d'art	750
Hall d'entrée	200
Escaliers	150

- L'ensoleillement annuel moyen est de 1240 kWh.m^{-2} pour une durée d'ensoleillement de 1690 h

- Surface d'ouverture du puits de lumière : $0,250 \text{ m}^2$

- On définit l'efficacité lumineuse d'un rayonnement (e) comme étant le rapport entre son flux lumineux et son flux énergétique

Efficacité lumineuse du rayonnement solaire : $e = 91,0 \text{ lm.W}^{-1}$

- Flux lumineux transmis par le diffuseur : 12990 lm

- Hauteur du sol des diffuseurs : $h = 6,0 \text{ m}$.

- 1) Calculer la puissance lumineuse surfacique due au soleil (on la notera p_{soleil} et elle sera exprimée en watts par mètre carré).
- 2) Calculer la puissance lumineuse (P_{puits}) reçue par le puits de lumière.
- 3) Calculer la valeur du flux lumineux atteignant le dôme.
- 4) Calculer l'intensité lumineuse I (cd) du diffuseur considéré comme une source ponctuelle isotrope dans un demi-espace d'angle $\Omega = 2\pi$.
- 5) Calculer la valeur de l'éclairage E_{vertical} à la verticale du puits de lumière.
- 6) Sachant que le dôme est situé au-dessus d'un couloir, cette valeur vous paraît-elle acceptable ?
Si oui, justifier, sinon proposer une solution pour y remédier.



Un puits canadien pour tempérer une maison

Le puits canadien est une solution géothermique de surface qui permet de tempérer, à moindre coût, l'air de ventilation d'une maison.

Le principe de fonctionnement est très simple.

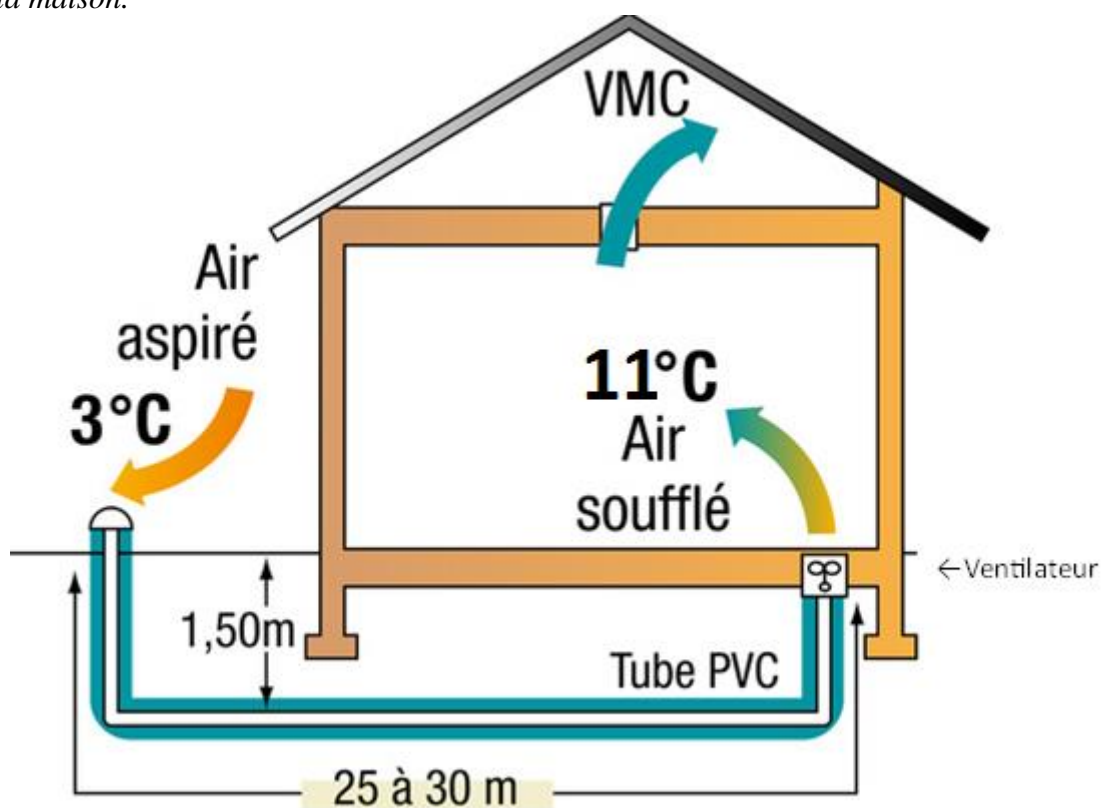
À une profondeur d'environ deux mètres sous terre, la température est presque constante toute l'année (environ 13°C sous nos latitudes, rendant possible des échanges thermiques).

En effet, en faisant circuler de l'air dans un système de tuyauteries enfoui dans la terre, un échange thermique va s'effectuer entre la terre et l'air.

Il sera ainsi possible d'augmenter la température de l'air d'une dizaine de degrés Celsius en hiver et de diminuer d'autant en été.

Un ventilateur est utilisé pour extraire cet air du système de tuyauteries et l'insuffler dans la maison pour en assurer la ventilation.

On utilise un système de ventilation de type VMC (ventilation mécanique contrôlée) pour extraire l'air vicié de la maison.



(<http://www.econologie-maison.fr/90/puits-canadien-solution-ideale-air-sain->)

Le sujet est constitué de trois parties indépendantes :

- A. Transfert thermique.
- B. Étude du système d'insufflation d'air.
- C. Matériau et combustion.

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)

Transfert thermique.

On cherche à mesurer le gain énergétique apporté par le puits canadien, pendant la période hivernale de chauffage, qui dure environ six mois.

1- Étude sans le puits canadien.

Dans cet exercice, on néglige les pertes thermiques intervenant par le sol.

Données :

- La maison, disposant d'une porte (0,90 m x 2,10 m) et de six fenêtres (1,10 m x 1,10 m) non représentées sur le schéma précédent, a pour dimensions : longueur L , largeur ℓ et hauteur h (12 m x 10 m x 2,5m)

- En période hivernale, la température intérieure θ_i souhaitée est de l'ordre de 20,0°C et la température extérieure moyenne est $\theta_e = 3,0^\circ\text{C}$

- résistances thermiques surfaciques superficielles intérieure et extérieure :

$$r_{si} = 0,130 \text{ m}^2 \text{K} \cdot \text{W}^{-1} \text{ et } r_{se} = 0,050 \text{ m}^2 \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$$

- Flux thermiques en période hivernale, à travers toutes les ouvertures $\Phi_2 = 171 \text{ W}$ et à travers le toit $\Phi_3 = 204 \text{ W}$

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

Matériaux	Conductivité thermique λ ($\text{W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$)	Épaisseur e (cm)
Plâtre	0,55	1,0
Isolant	0,030	16,0
Béton	1,89	15,0

1) Donner l'expression littérale de la résistance thermique surfacique r_1 des murs en fonction des épaisseurs et des conductivités thermiques.

Calculer sa valeur pour les murs de la maison.

2) Donner l'expression littérale du flux thermique surfacique ϕ_1 , à travers les murs, en fonction des températures et de r_1 .

Calculer sa valeur.

3) Donner l'expression littérale du flux thermique Φ_1 , à travers les murs.

Calculer sa valeur.

4) Donner l'expression littérale du flux thermique total Φ , à travers l'ensemble des parois (murs, ouvertures et toit) de la maison.

Montrer que sa valeur est de $7,0 \cdot 10^2 \text{ W}$.

5) Déterminer (en joules) la valeur de l'énergie E utilisée par les appareils de chauffage en une journée afin de compenser les pertes à travers l'ensemble des parois de la maison.

Pour une bonne aération, l'air de la maison doit être renouvelé toutes les heures.

Pour une journée, l'énergie E' nécessaire pour chauffer ce volume d'air de 3,0°C à 20,0°C vaut $1,59 \cdot 10^8 \text{ J}$.

6) En déduire l'énergie totale E_{totale} , utilisée par les appareils de chauffage en une journée pour maintenir une température intérieure de 20°C avec l'aération.

2- Étude avec le puits canadien.

On met en marche le système de ventilation.

L'air entre dans le puits canadien à la température de $\theta_1 = 3,0^\circ\text{C}$, se réchauffe en circulant dans la canalisation enterrée et arrive à l'intérieur de la pièce à une température de $\theta_2 = 11,0^\circ\text{C}$.

Données :

- Masse volumique de l'air : $\rho_{\text{air}} = 1,30 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

- capacité thermique massique de l'air : $c_{\text{air}} = 1,00 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$.

Pour obtenir une bonne aération, on veut renouveler l'air de la maison toutes les heures.

1) Montrer que la masse d'air qui doit circuler dans la canalisation, en une journée, est environ égale à 9360 kg.

2) Montrer que la valeur de l'énergie thermique E'' , transférée à cette masse d'air lorsqu'elle passe de 3,0°C à 11,0°C dans la canalisation du puits canadien, est d'environ $7,49 \cdot 10^7 \text{ J}$.

3) Comparer la valeur de l'énergie E donnée à la question 1-6) à la valeur de E'' , énergie économisée grâce au puits canadien.

Le puits apporte-t-il un gain d'énergie significatif ?
Justifier la réponse à l'aide d'un calcul.

La maison est chauffée grâce à une chaudière aux granulés de bois.

Le kWh est facturé à un prix de 0,063 €.

Une publicité annonce : « Le puits canadien permet d'économiser environ 236 €, au cours d'une période de six mois de chauffage ».

4) Justifier cette affirmation.

5) En réalité, pour le consommateur, l'économie est moindre.

Proposer une explication.

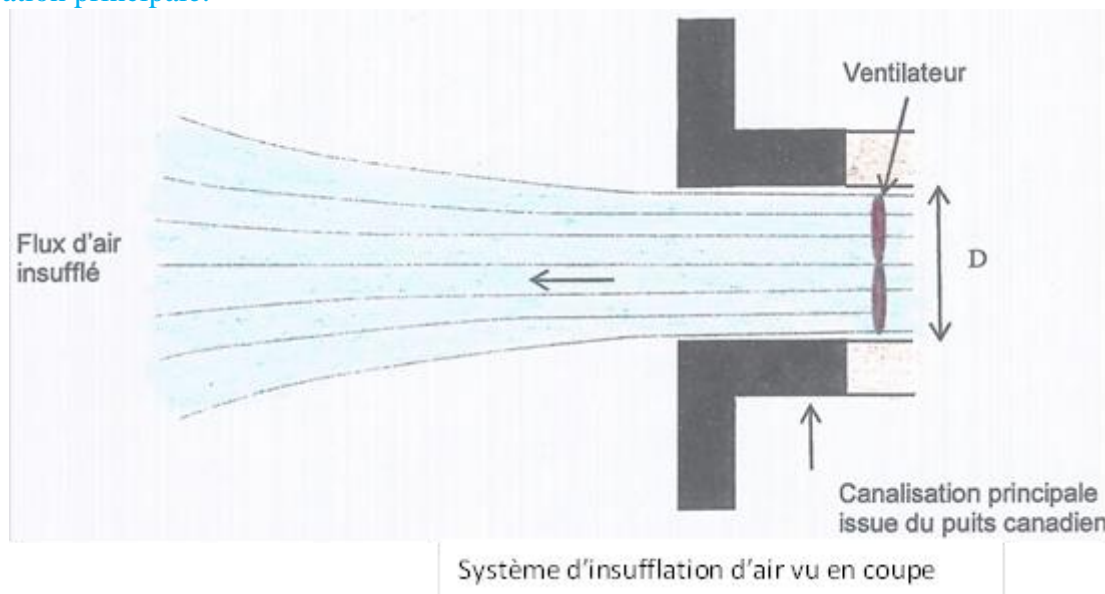
Étude du système d'insufflation d'air (B)

(Mécanique des fluides - Acoustique)

Mécanique des fluides

Étude de l'écoulement d'air.

Afin d'insuffler, dans la maison, l'air issu du puits canadien, un ventilateur est placé à la sortie de la canalisation principale.



Données :

- Diamètre intérieur de la canalisation : $D = 20,0 \text{ cm}$

- Débit volumique : $d_v = 83,3 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3 \cdot \text{s}^{-1}$.

1) Le débit volumique permet-il de renouveler entièrement le volume d'air de 300 m^3 de la maison en une heure ?

2) La vitesse préconisée pour la circulation de l'air dans la canalisation ne doit pas excéder $3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ afin de limiter les nuisances sonores du système de ventilation.

Cette contrainte est-elle respectée ?

Acoustique

Étude acoustique du système de ventilation.

Données :

- Niveau d'intensité sonore L (dB) : $L = 10 \cdot \log \frac{I}{I_0}$

- Seuil d'audibilité de l'oreille humaine à 1000 Hz : $I_0 = 1,00 \cdot 10^{-12} \text{ W} \cdot \text{m}^{-2}$

- La réglementation limite le niveau sonore (niveau d'intensité sonore) généré par le système d'insufflation d'air à 30 dB(A)

- Tableau de pondération :

Fréquence centrale de la bande d'octave (Hz)	125	250	500
Pondération A (dB)	-16	-8	-3

- Résultats des mesures des niveaux d'intensité sonore, par bande d'octave :

Fréquence centrale de la bande d'octave (Hz)	125	250	500
Niveau d'intensité sonore (dB)	30	30	30

Le ventilateur du système d'insufflation d'air émet un bruit dans la pièce où il est installé.

1) Déterminer les fréquences minimale f_{\min} et maximale f_{\max} de la bande d'octave centrée sur la fréquence 250 Hz.

On désire savoir si le système d'insufflation d'air est conforme à la réglementation acoustique.

2) Pour cela, calculer le niveau d'intensité sonore pondéré pour chacune de ces bandes, puis le niveau sonore global (dB (A)).

Le système d'insufflation d'air est-il conforme à la réglementation ?

Chimie organique (C)

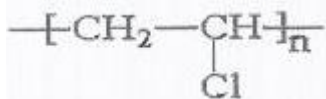
1- Choix du matériau constituant les tuyaux.

Il existe plusieurs possibilités quant au choix du matériau constituant le tuyau enterré à travers lequel s'effectuent les échanges thermiques.

Il est courant d'utiliser des matières plastiques comme le polyéthylène (PE) ou le polychlorure de vinyle (PVC).

Ces matières plastiques sont essentiellement constituées de polymères.

La formule semi-développée du PVC (n est le degré de polymérisation) est :



- 1) Qu'est-ce qu'un polymère ?
- 2) Que représente le degré de polymérisation n qui apparaît dans la formule du PVC ?
- 3) Écrire la formule développée de la molécule à partir de laquelle le PVC est synthétisé.
- 4) Écrire l'équation modélisant la réaction de synthèse du PVC.

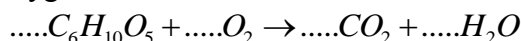
2- Chauffage par combustion.

Le puits canadien n'étant pas suffisant pour apporter toute l'énergie nécessaire durant la période hivernale, la maison est équipée d'une chaudière à bois fonctionnant avec des granulés de bois.

Données :

- Masse volumique des granulés de bois : $\rho = 650 \text{ kg.m}^{-3}$
- Pouvoir calorifique des granulés de bois : $PC = 4,90 \text{ kWh.kg}^{-1}$
- Volume molaire des gaz : $24,0 \text{ L.mol}^{-1}$
- Énergie fournie par la chaudière pour six mois de chauffage : $E = 6,80.10^3 \text{ kWh}$
- Le bois est constitué principalement de cellulose, polymère du glucose, de formule : $(\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5)_n$
- En volume, l'air est composé d'environ 20% de dioxygène.

1) Recopier et ajuster l'équation de la réaction de combustion complète d'un motif élémentaire $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$ de cellulose réagissant avec le dioxygène de l'air.



2) Sachant que la chaudière a un rendement de 90%, montrer que la masse de granulés de bois, nécessaire pour la période de chauffage, est égale à 1,54 t.

- 3) En déduire le volume de granulés de bois nécessaire pour la période de chauffage.
- 4) Calculer la masse molaire du motif élémentaire de cellulose, $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$.
- 5) En déduire la quantité, exprimée en mol, de motifs élémentaires $\text{C}_6\text{H}_{10}\text{O}_5$ consommée durant la période de chauffage.
- 6) Déterminer le volume de dioxygène consommé lors de la période de chauffage.
- 7) En déduire le volume d'air nécessaire.

L'air est renouvelé avec un débit constant de $300 \text{ m}^3.\text{h}^{-1}$.

8) Ce débit est-il suffisant pour assurer une combustion complète du bois pendant les six mois de chauffage ?

SCBH

L'étude comporte deux parties indépendantes :

- *Le principe d'un système de chauffage d'une maison individuelle par une pompe à chaleur air/air et l'amortissement du coût d'investissement.*
- *L'utilisation d'un dégriseur pour le bois extérieur d'une extension à la maison.*

Partie 1 : Étude de la pompe à chaleur (PAC)

Partie 2 : Dosage d'un dégriseur de bois

Thermodynamique

Étude de la pompe à chaleur (PAC).

Caractéristiques utiles de la maison :

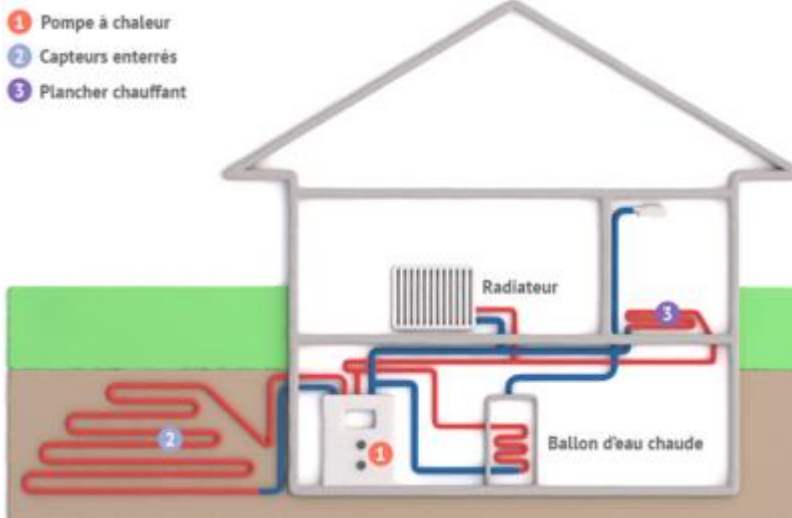
- Surface habitable $S = 120 \text{ m}^2$
- Consommation énergétique : $160 \text{ kWh.m}^{-2}.\text{an}^{-1}$

Les divers types de pompe à chaleur.

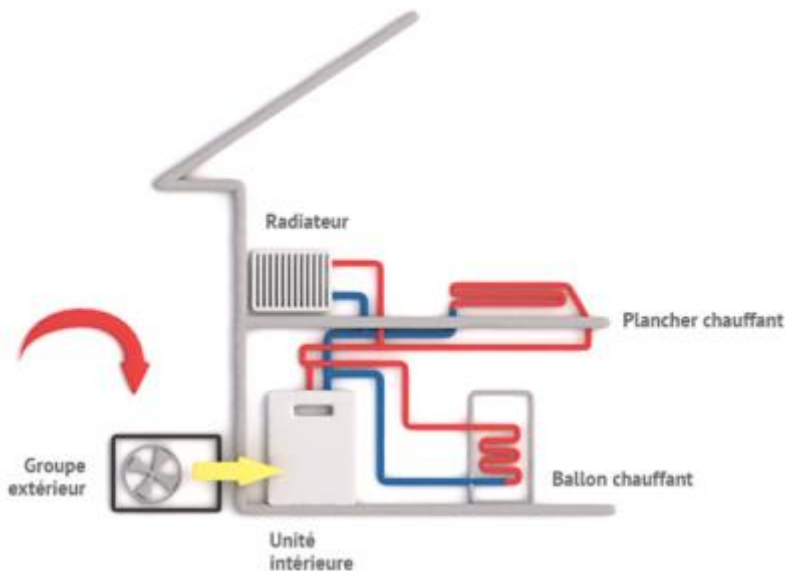
On peut définir six types de pompe à chaleur (PAC) qui sont décrits dans le document ci-dessous.

(<http://www.lenergiesoutcompris.fr/travaux-chauffage>)

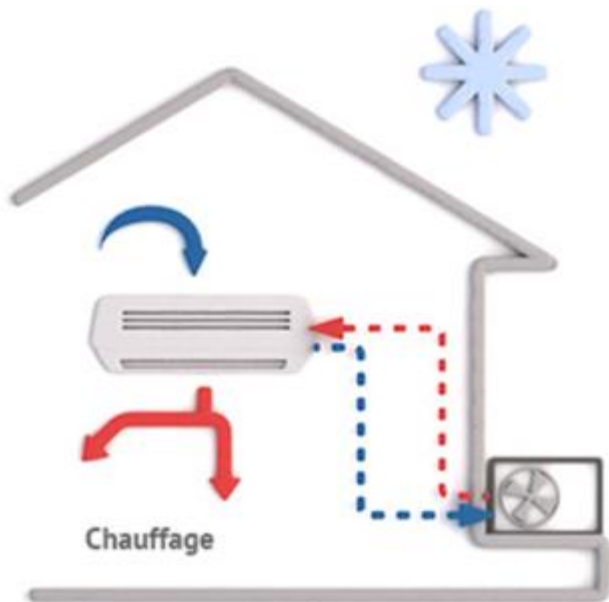
Type de PAC	Milieu source de chaleur	Milieu de restitution
PAC Air/Air	Air	Air
PAC Air/Eau	Air	Eau
PAC Eau/Air	Eau	Air
PAC Eau/Eau	Eau	Eau
PAC Sol/Air	Sol	Air
PAC Sol/Eau	Sol	Eau



Situation 1



Situation 2



Situation 3

1) Attribuer à chacune des situations le type de PAC correspondant.

Étude de la pompe à chaleur choisie.

Vous avez opté pour l'installation d'une pompe à chaleur du type air/air destinée au chauffage de l'habitation.

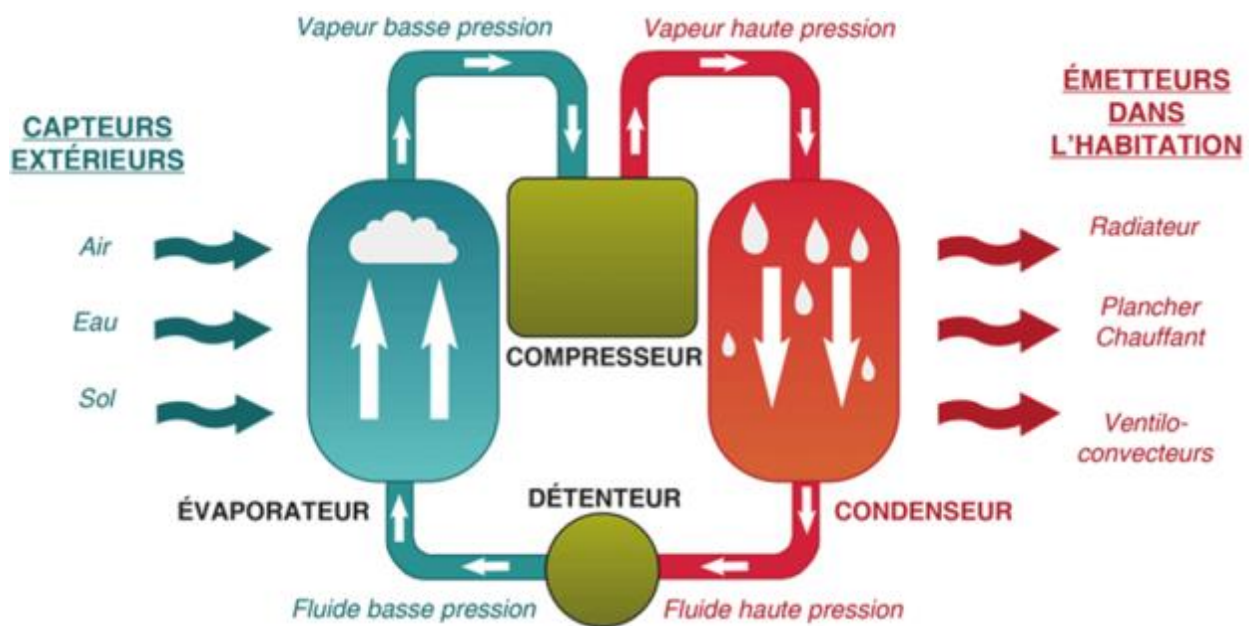
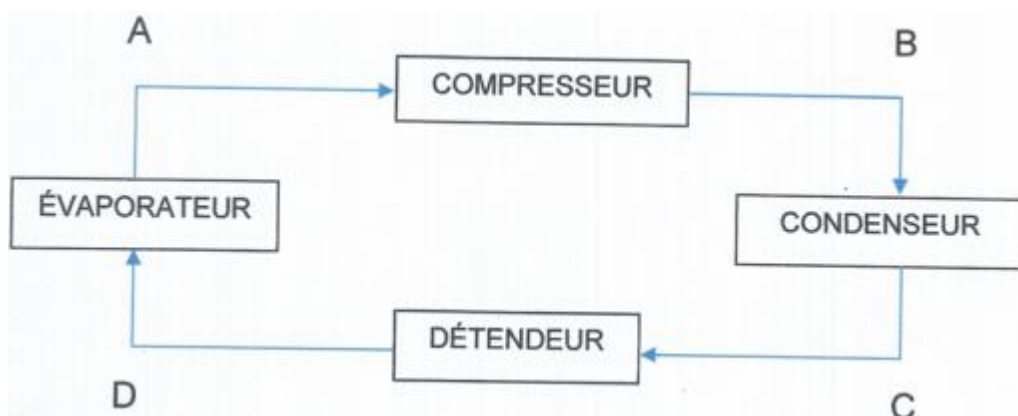


Schéma de fonctionnement d'une pompe à chaleur



Données :

- Propriétés physico-chimique du fluide frigorigène utilisé (référence R-410A)

Masse molaire (g.mol^{-1})	72,6
Masse volumique du liquide saturée à 25°C (kg.m^{-3})	1061
Ratio $C_p / C_v = \gamma$	1,175
Point éclair	Néant

- Équation d'état d'un gaz parfait : $P.V = n.R.T$

- Transformation adiabatique : $P.V^\gamma = \text{constante}$ (γ : rapport des capacités thermiques)

- Constante des gaz parfaits : $R = 8,31 \text{ J.mol}^{-1}.\text{K}^{-1}$

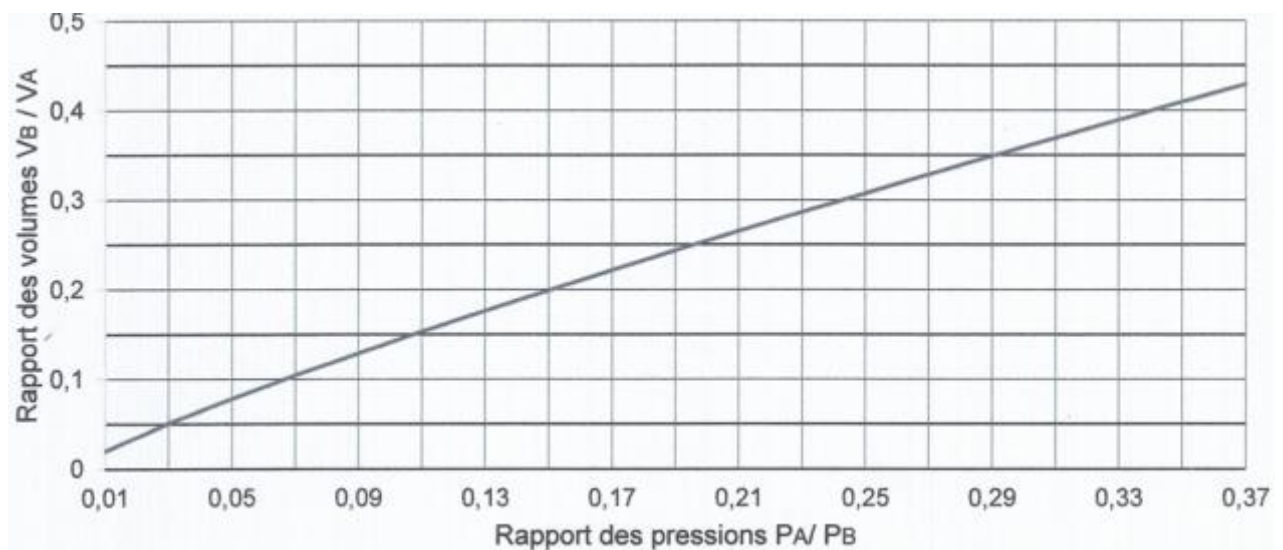
- $1 \text{ bar} = 10^5 \text{ Pa}$

- Masse de fluide frigorigène contenu dans la PAC : $m = 2,00 \text{ kg}$

- Dans chaque état du système, le fluide frigorigène est caractérisé par sa pression P , sa température absolue T et son volume V

À l'état gazeux, il est assimilé à un gaz parfait.

- Évolution du rapport des volumes du fluide R-410A en fonction du rapport des pressions pour une transformation adiabatique :



Rapport des volumes, V_B/V_A , en fonction des pressions pour le fluide frigorigène R 410-A

Le fonctionnement de la PAC sur un cycle est modélisé par les phases suivantes :

- $A \rightarrow B$: compression adiabatique réversible.

La pression du fluide passe de $P_A = 3,0 \text{ bar}$ à $P_B = 20,0 \text{ bar}$ et la température de $\theta_A = -27^\circ\text{C}$ à θ_B .

- $B \rightarrow C$: liquéfaction isobare et isotherme.

Le transfert thermique s'effectue du fluide vers le circuit de chauffage.

- $C \rightarrow D$: détente adiabatique réversible.

- $D \rightarrow A$: vaporisation isobare et isotherme.

Le transfert thermique s'effectue du milieu extérieur vers le fluide.

2) À partir de vos connaissances et du schéma de principe de la pompe à chaleur, préciser dans quels sens s'effectuent les transferts thermiques dans le condenseur et l'évaporateur.

3) Calculer la quantité de matière n contenue dans 1 kg de fluide frigorigène.

Détermination de la température du fluide dans l'état B pour 1 kg de fluide frigorigène.

4) a- Sous quel état physique se trouve le fluide frigorigène en A ?

b- Déterminer le volume V_A .

c- Montrer que dans l'état B le volume occupé par le gaz frigorifique est $V_B = 18,7 \text{ L}$ pour 1 kg de fluide.

d- Calculer sa température θ_B en $^\circ\text{C}$ dans l'état B.

Détermination du coefficient de performance de la pompe à chaleur.

Le coefficient de performance est défini comme le rapport des énergies utile pour le chauffage et électrique consommée : $C.O.P = \frac{|Energie\ utile|}{Energie\ électrique\ consommée}$

Pour le calculer, on déterminera l'ensemble des énergies reçues par le fluide frigorigène.

L'étude est effectuée pour 1 kg de fluide.

5) a- Quelles sont les valeurs de Q_{AB} et Q_{CD} , énergies reçues sous forme thermique par le gaz frigorigène lors des transformations $A \rightarrow B$ et $C \rightarrow D$?

Justifier vos réponses.

b- Énoncer le premier principe de la thermodynamique.

Les transferts d'énergie sous forme thermique mis en jeu lors des transformations $B \rightarrow C$ et $D \rightarrow A$, sont respectivement $Q_{BC} = -215 \text{ kJ.kg}^{-1}$ et $Q_{DA} = 160 \text{ kJ.kg}^{-1}$.

c- En appliquant au gaz frigorigène le premier principe de la thermodynamique, calculer le travail mécanique W reçu par 1,00 kg de gaz frigorigène au cours du cycle.

Le rendement η_{comp} du compresseur est de 72%.

d- Vérifier que le C.O.P de cette pompe à chaleur est de 2,8.

Comparaison de deux systèmes de chauffage.

En vue d'un éventuel changement de système de chauffage, on évalue les coûts annuels respectifs du chauffage avec des radiateurs électriques et avec une PAC, ainsi que la durée d'amortissement de l'installation de celle-ci.

Données :

- Coût du kilowattheure d'électricité : 0,15 €

- Coût de l'installation de la pompe à chaleur : 13800 €.

6) En combien d'années cet investissement sera-t-il amorti ?

Chimie organique - Solution aqueuse**Dosage d'un dégriseur de bois.**

Afin de raviver la couleur du bardage bois de l'extension de votre maison, vous devez dans un premier temps procéder à un dégrisement.

Cette opération consiste en l'application d'un dégriseur, produit qui va nettoyer la couche superficielle devenue grise.

Le dégriseur se présente sous forme liquide à appliquer directement sur le bois à l'aide d'un pinceau.

Sur l'étiquette du flacon de dégriseur « bois », appelé solution S_0 , on lit :

Acide oxalique : 10% en masse

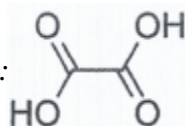
L'objectif ici est de vérifier le pourcentage massique de la solution S_0 afin de s'assurer que vous pouvez encore vous en servir pour dégriser le bardage bois de l'extension de votre nouvelle acquisition.

Données :

- Acide oxalique :

Formule brute : $C_2H_2O_4$

Formule semi-développée :



- Fonctions de chimie organique :

Fonction	Alcool	Aldéhyde	Cétone	Acide carboxylique	Ester
Groupe caractéristique	$R-OH$				

- Éléments d'étiquetage :

• Étiquetage selon le règlement (CE) n° 1272/2008

La substance est classifiée et étiquetée selon le règlement CLP.

• Pictogrammes de danger



GHS05



GHS07



GHS09

• Mention d'avertissement

Danger

• Mention de danger

H318 Provoque des lésions oculaires graves

H290 Peut être corrosif pour les métaux

H314 Provoque des brûlures de la peau et des lésions oculaires graves

H400 Très toxique pour les organismes aquatiques.

- Masse d'un litre de dégriseur : $m = 950 \text{ g}$.

Le dégriseur

1) En vous aidant de la formule semi-développée de l'acide oxalique, identifier clairement la (ou les) fonctions (s) chimiques (s) de cette molécule.

2) Citer les précautions à prendre lorsque l'on manipule ce genre de produit commercial.

Justifier votre réponse.

Dosage de l'acide oxalique dans le dégriseur

Afin de pouvoir réaliser le dosage, on a dû préalablement réaliser une dilution de la solution S_0 .

Pour obtenir la solution diluée, appelée S, on a prélevé, à l'aide d'une pipette jaugée, 20,0 mL de S_0 que l'on a versés dans une fiole jaugée de 200 mL.

On a ensuite complété jusqu'au trait de jauge avec de l'eau distillée.

Le dosage de 10,0 mL de la solution S est réalisé à l'aide d'une solution d'hydroxyde de sodium ($\text{Na}_{aq}^+, \text{OH}_{aq}^-$) de concentration molaire volumique $C_B = 0,150 \text{ mol.L}^{-1}$.

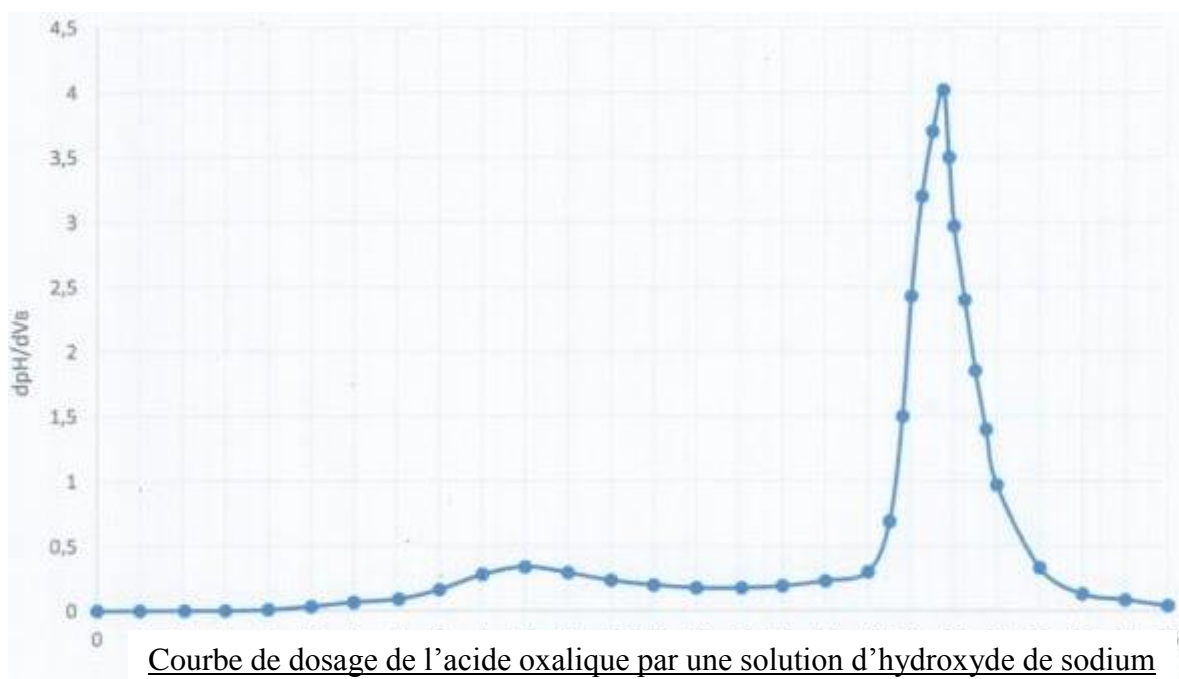
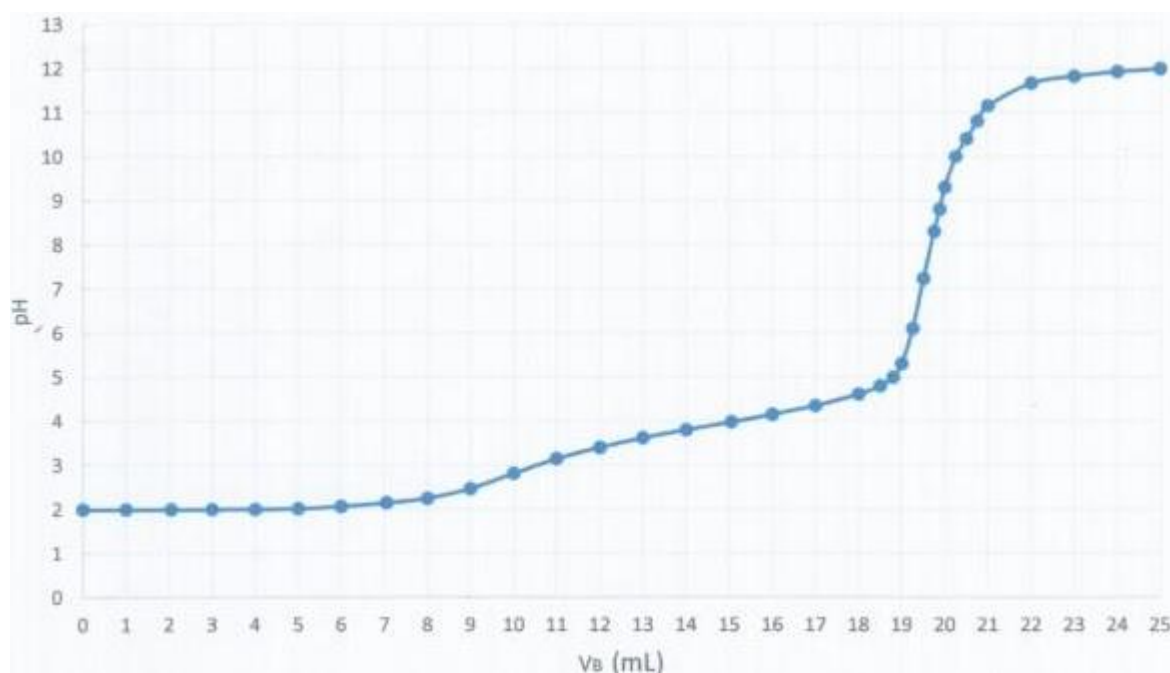
3) Quelle est la dilution de la solution S_0 pour aboutir à la solution S ?

Données :

Matériel à disposition :

- un flacon contenant 200 mL de solution S
- un flacon de solution d'hydroxyde de sodium ($C_B = 0,150 \text{ mol L}^{-1}$)
- deux béchers de 100 mL
- deux pipettes jaugées, une de 10 mL et une de 50 mL
- un erlenmeyer
- une burette graduée de 25 mL
- un agitateur magnétique et un barreau aimanté
- une sonde pHmétrique étalonnée
- une pissette d'eau distillée.

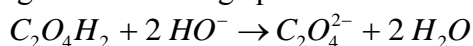
4) En utilisant tout ou partie du matériel ci-dessus, proposer le protocole expérimental du dosage à réaliser.



Courbe de dosage de l'acide oxalique par une solution d'hydroxyde de sodium

5) Justifier la présence des deux sauts de pH observés sur le document ci-dessus (à rendre avec la copie).

L'équation de la réaction chimique globale du dosage peut s'écrire :



6) À l'aide d'une méthode de votre choix que vous préciserez sur le document ci-dessus (à rendre avec la copie), déterminer le volume (noté $V_{B\text{eq}}$) de base versé pour doser entièrement l'acide oxalique.

7) En déduire l'expression de la concentration molaire volumique C_A de la solution diluée S et calculer sa valeur numérique.

8) En déduire que la concentration molaire volumique C_{A0} de la solution de dégriseur contenu dans le flacon vaut $1,48 \text{ mol.L}^{-1}$.

Conclusion sur le dégriseur du flacon.

9) Le dégriseur contenu dans le flacon est-il encore utilisable ?

Justifier votre réponse.

TP

Autour des ponts...

Il existe plusieurs variétés de ponts, les ponts à haubans et les ponts suspendus.



Viaduc de Millau

(<http://www.leviaducdemillau.com/>)

*Le viaduc de Millau est un pont qui fait la jonction entre le Causse Rouge et le Causse du Larzac.
C'est le pont à haubans le plus haut du monde.*



Pont de Tacoma

(Archives LabHyx)

Le pont de Tacoma est un pont suspendu qui relie les villes de Tacoma et Gig Harbor dans l'état de Washington.

Il a été inauguré le premier juillet 1940 avant de s'effondrer le sept novembre suivant.

Cet accident a engendré la reconstruction du pont.

C'est un des plus grands cas d'école d'entrée en résonance des ponts.

En prenant appui sur ces deux ponts, on s'intéresse dans trois exercices indépendants à différentes problématiques de génie civil.

Exercice 1 : il traite du problème des oscillations de ponts.

Exercice 2 : il porte sur la dilatation thermique des tabliers de ponts.

Exercice 3 : il s'intéresse à la corrosion des structures métalliques de ponts.

Une attention particulière sera portée sur les unités et le nombre de chiffres significatifs pour présenter les résultats numériques.

Données utiles à tout le sujet.Pendule simple

Un pendule simple est constitué d'un objet ponctuel suspendu à un point fixe par un fil inextensible et de masse négligeable.

Le système est capable d'effectuer des oscillations dont la période propre (durée d'un aller-retour) est

donnée par la relation : $T_0 = 2\pi \sqrt{\frac{L}{g}}$

L : longueur du fil

g : intensité de la pesanteur ($g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$)

Loi de dilatation thermique

Pour tous les matériaux isotropes, l'allongement thermique est donné par la relation :

$$\Delta L = L_0 \cdot \alpha \cdot \Delta T$$

ΔL : variation de longueur (m)

L_0 : longueur initiale (m)

α : coefficient de dilatation linéaire (K^{-1} ou $^{\circ}\text{C}^{-1}$)

ΔT : $T - T_0$ = variation de température (K ou $^{\circ}\text{C}$)

Densités

Eau : $d_{\text{eau}} = 1,00$

Huile : $d_{\text{huile}} = 0,92$

L'eau et l'huile sont deux liquides non miscibles.

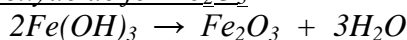
Composition de l'acier

C'est un alliage métallique constitué principalement de fer et de carbone (dans des proportions comprises entre 0,02% et 2% en masse de carbone).

Des éléments d'additions comme le manganèse, le chrome, le nickel ou le molybdène peuvent être rajoutés à sa composition en plus du carbone.

Potentiels d'oxydoréduction dans les conditions des expériences présentées

Couple	Demi-équation	Potentiel E^0 (V)
$\text{O}_2/\text{H}_2\text{O}$	$\text{O}_2 + 4\text{H}^+ + 4\text{e}^- = 2\text{H}_2\text{O}$	0,87
$\text{H}_2\text{O}/\text{H}_2$	$2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{H}_2$	-0,36
$\text{Pb}_3\text{O}_4/\text{PbO}$	$\text{Pb}_3\text{O}_4 + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = 3\text{PbO} + \text{H}_2\text{O}$	0,25
FeO/Fe	$\text{FeO} + 2\text{H}^+ + 2\text{e}^- = \text{Fe} + \text{H}_2\text{O}$	-0,50
$\text{Fe}(\text{OH})_3/\text{Fe}^{2+}$	$\text{Fe}(\text{OH})_3 + 3\text{H}^+ + \text{e}^- = \text{Fe}^{2+} + 3\text{H}_2\text{O}$	0,65
Fe^{2+}/Fe		-0,44

Équation de formation de l'oxyde de fer Fe_2O_3 Dissolution du dioxygène dans l'eau

Le dioxygène contenu dans l'air peut se dissoudre dans l'eau.

Mécanique (Oscillations) (1)

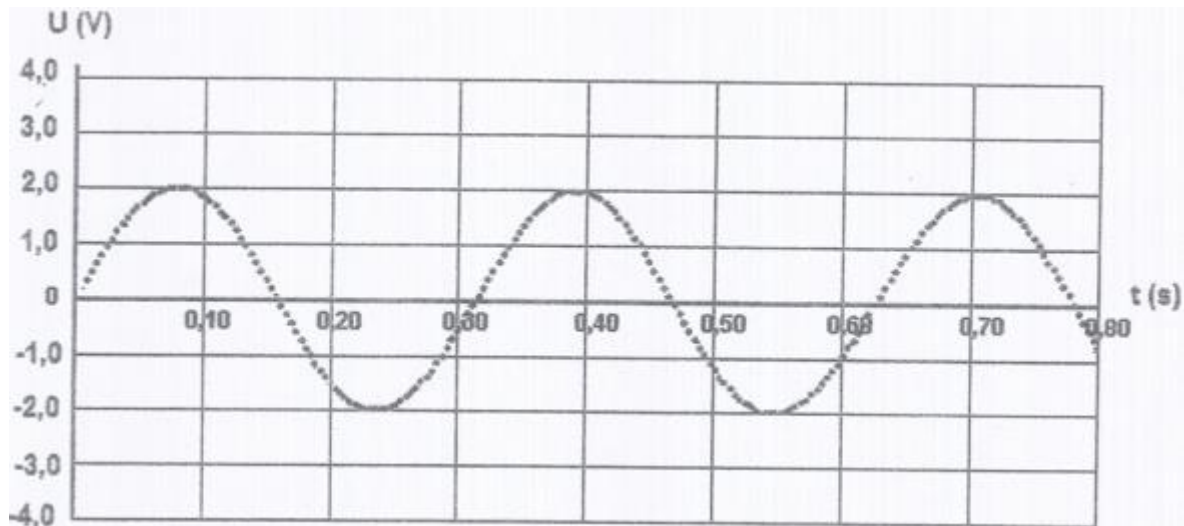
Les oscillations d'un pont.

Un pont dont le tablier est maintenu par des câbles, peut effectuer des oscillations verticales, des oscillations transversales ou des oscillations de torsions.

À chacun de ces types d'oscillations correspond une période propre.

A- Étude du comportement d'un système oscillant.

Lorsqu'on met en oscillation un système solide-ressort horizontal à l'aide d'un banc à coussin d'air et qu'on enregistre l'amplitude du mouvement, à l'aide d'un système informatisé, on constate que l'amplitude ne semble pas varier sur une durée de 0,80 s :



1) Qualifier le type oscillatoire associé à cet enregistrement.

Donner l'allure, directement sur votre copie, de l'évolution de l'amplitude sur une durée nettement plus longue.

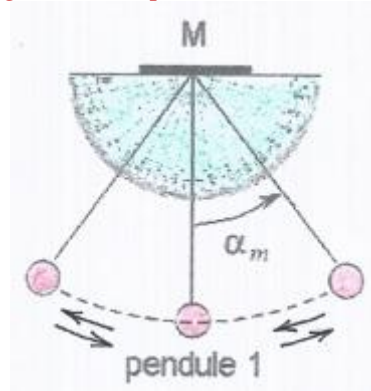
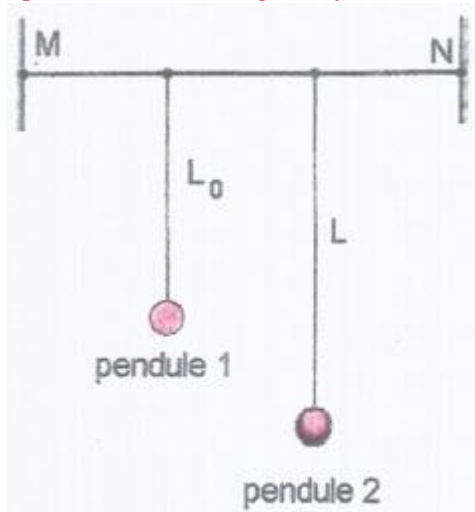
2) Expliquer, en justifiant la réponse, sur quel paramètre le banc à coussin d'air agit pour conduire à cet enregistrement.

3) À partir de l'enregistrement, déterminer la valeur de la période T_0 associée au système solide-ressort étudié.

On réalise maintenant l'expérience suivante :

On accroche deux pendules simples de longueurs différentes à un fil tendu horizontalement entre deux points fixes M et N.

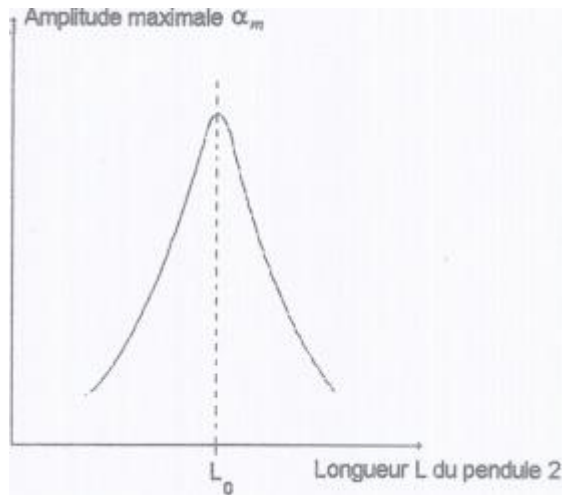
Le pendule 1 a la longueur fixe $L_0 = 20$ cm et la longueur L du pendule 2 est variable.



On met en oscillation le pendule 2 et on constate que le pendule 1 se met à osciller.

On répète l'expérience en modifiant la longueur L du pendule 2 et on mesure à l'aide d'un rapporteur fixé au point M, l'amplitude angulaire maximale α_m du pendule 1.

Le graphe ci-dessous reproduit l'allure de l'évolution de l'amplitude du pendule 1 lorsque l'on fait varier la longueur L du pendule 2.



- 4) Une montre battant les secondes serait-elle adaptée pour vérifier la période propre du pendule 1 ?
Si oui, détailler le protocole à suivre, sinon expliquer pourquoi.
- 5) Dans l'expérience précédente identifier, parmi les deux pendules 1 et 2, l'excitateur et le résonateur.
- 6) Expliquer en quoi cette expérience illustre le phénomène de résonance mécanique.

B- Les oscillations du pont de Tacoma.

Les photographies suivantes sont extraites d'un film réalisé le jour de la destruction du pont de Tacoma. Ce film permet de voir que le tablier effectuait des oscillations de torsions avec une période de l'ordre de cinq secondes.



Une des hypothèses émises pour expliquer la destruction du pont a été qu'un phénomène de résonance s'est établi entre le pont et des tourbillons d'air créés dans le sillage du tablier.

Pour confirmer ou non cette hypothèse, le LadHyx, laboratoire de l'école polytechnique de Paris a reconstitué une expérience à partir d'une maquette.

La chute du pont de Tacoma.

Pour étudier ce phénomène, rien de mieux qu'une maquette à échelle réduite et une soufflerie, à condition de respecter les règles de similitudes.

Car le calcul de l'écoulement autour d'une structure flexible aussi compliquée reste toujours très incertain.

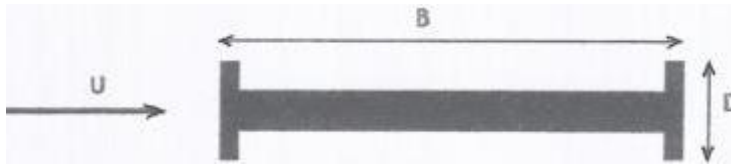
Les règles de similitudes s'appuient sur une théorie rigoureuse.

Elles servent en particulier à traduire l'effet d'échelle lorsque l'on travaille avec une maquette à échelle réduite, afin de reproduire le phénomène en laboratoire et de permettre l'extrapolation des résultats de mesure au cas réel.

L'expérience doit donc être conçue de sorte que le rapport entre certaines grandeurs caractéristiques soit respecté entre la maquette et le pont.

Pour le problème du pont de Tacoma, le paramètre important s'appelle la vitesse réduite, notée U_r .

Il traduit le rapport entre le temps caractéristique des oscillations avec celui de l'écoulement.
L'expérience de laboratoire doit donc avoir la même vitesse réduite que le pont réel dans les conditions de l'accident.



$$U_r = \frac{\text{temps structure}}{\text{temps écoulement}} = \frac{T}{\frac{B}{U}} = \frac{T \cdot U}{B}$$

T : période des oscillations du pont

U : vitesse du vent



La forme de la maquette à l'échelle 1/200 est simplifiée.
Elle se réduit à un H aplati de rapport B/D égal à 5.



Des données relatives au pont de Tacoma et à la maquette utilisée sont répertoriées dans le tableau ci-dessous.

Une étude des conditions météorologiques le jour de l'accident a permis de remonter à la vitesse du vent.

La période propre des oscillations de la maquette a été déterminée par une étude mécanique préalable.

Paramètres	Pont de Tacoma	Maquette
Vitesse du vent U (m.s^{-1})	19	À définir
Largeur du pont (m)	12,2	$6,1 \cdot 10^{-2}$
Période d'oscillation du pont (s)	5	0,094

7) Calculer la vitesse réduite dans le cas du pont de Tacoma, puis montrer que pour respecter les règles de similitudes, il faut régler la soufflerie de manière à obtenir un vent de vitesse 5 m.s^{-1} pour que la maquette simule la destruction du pont de Tacoma.

Les tourbillons qui se forment dans le sillage du tablier ont une période donnée par le nombre de Strouhal noté S_t et qui dépend de la forme du tablier.

Le nombre de Strouhal est donné par la relation $S_t = \frac{D}{U \cdot T}$.

D (m) : épaisseur du pont

U (m.s^{-1}) : vitesse du vent

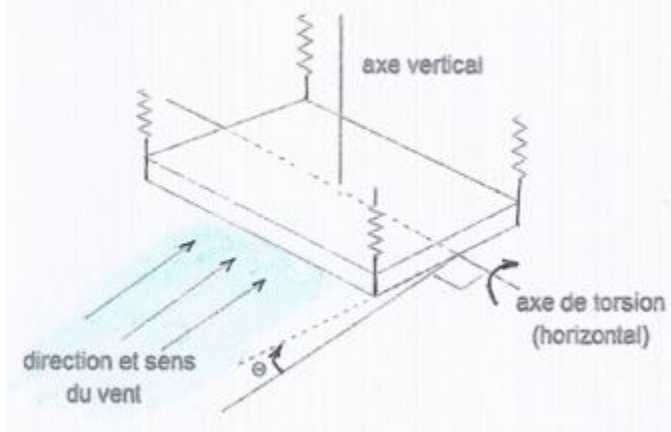
T (s) : période d'oscillation.

Pour un tablier en forme de H aplati comme celui de la maquette utilisée, $S_t = 0,11$.

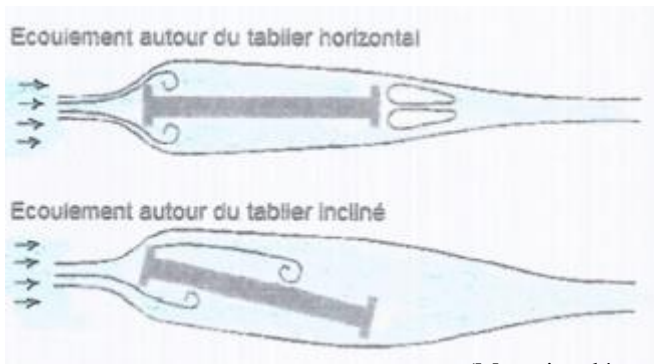
8) Sachant que la maquette a une épaisseur de 1,2 cm, montrer que la période des tourbillons d'air ne permet pas l'entrée en résonance de la maquette, ne confirmant pas ainsi l'hypothèse émise pour expliquer la destruction du pont de Tacoma.

Une autre hypothèse explicative de l'accident propose une mise en résonance du tablier au changement d'inclinaison du vent.

9) À l'aide des documents ci-dessous, expliquer pourquoi cette hypothèse semble cohérente.



On peut modéliser le pont comme un système oscillant constitué d'une plaque soutenue par quatre ressorts verticaux identiques.



Écoulement de l'air autour du tablier dans le cas où celui-ci est horizontal ou légèrement incliné.

(Magazine découverte juillet-août 2008)

Dilatation (Exercice 2)

La dilatation thermique des tabliers.

Le viaduc de Millau mesure 2460 m de long.

Il est constitué de béton armé (béton + armatures en acier) et pour qu'il s'adapte aux variations de température, chaque côté du viaduc a été relié aux collines par un joint de dilatation qui s'adapte à la taille du viaduc.

Des joints de dilatation sont également disposés au niveau des pylônes.



Le climat de l'Aveyron est influencé par le Massif central et le Méditerranée.

À ce jour, la température la plus basse enregistrée est $-17,5^{\circ}\text{C}$ et la température la plus élevée $+37,5^{\circ}\text{C}$.

Ces écarts provoquent des phénomènes de dilatation - rétraction.

1) Expliquer le terme dilatation linéaire d'un matériau.

Le béton utilisé pour la construction du tablier est choisi de manière à avoir un coefficient de dilatation linéaire très proche de celui de l'acier.

2) Que pourrait-il se passer pour le béton, armé d'armatures en acier, si les coefficients de dilatation du béton et de l'acier étaient très différents ?

3) Dans quelles conditions de températures le tablier du pont va-t-il se rétracter ou se dilater ?

4) En supposant le tablier du pont comme constitué d'un matériau uniforme, calculer la variation de sa longueur pour les conditions extrêmes de températures dans le cas du viaduc de Millau (valeur commune du coefficient de dilatation du béton et de l'acier $\alpha = 1,2 \cdot 10^{-5} \text{ K}^{-1}$).

5) Justifier l'intérêt de la pose de joints de dilatation entre la route sur les collines et le tablier du pont.

Parmi les deux modèles de joints suivants, c'est le modèle B qui a été choisi.



Modèle A



Modèle B

6) Donner un argument possible pour justifier ce choix.

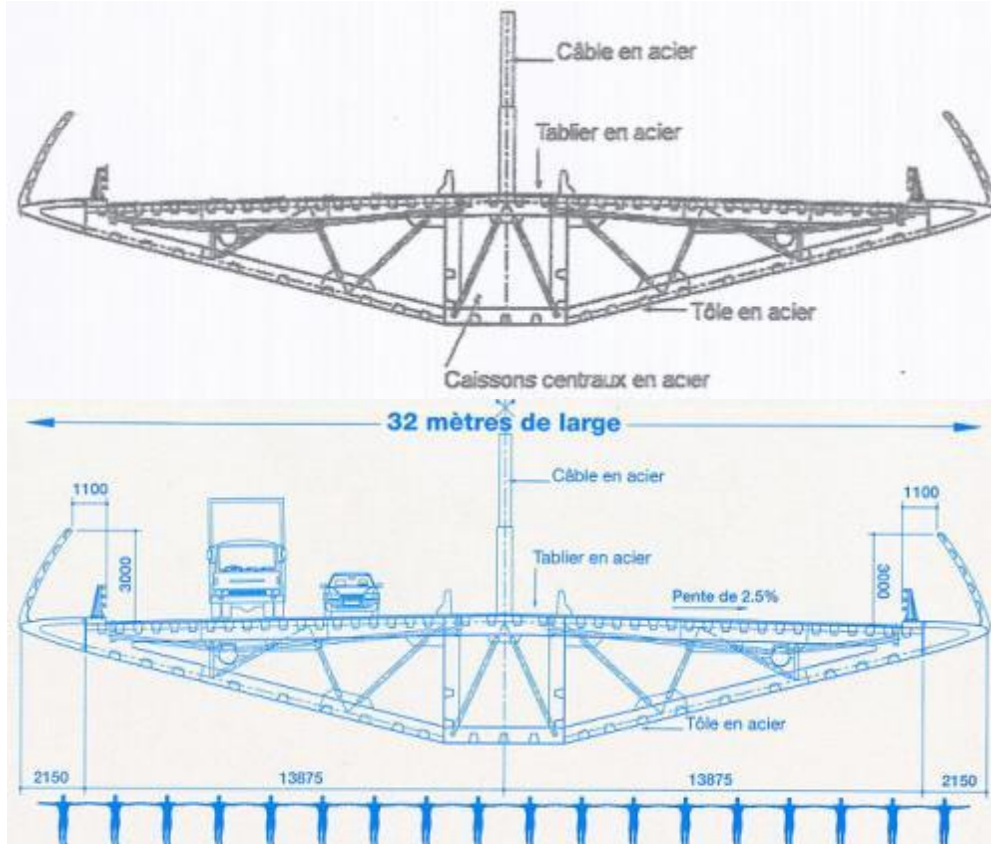
Oxydoréduction (Exercice 3)

Le phénomène de corrosion des structures métalliques.

Les viaducs sont tous creux.

Il y a des vides dans les piliers et dans les grands espaces horizontaux, qui sont les caissons.

Le viaduc de Millau comporte 173 caissons centraux en acier qui constituent la colonne vertébrale de l'ouvrage.



Sous certaines conditions, l'acier se corrode et se recouvre d'une couche poreuse de couleur rouge-brun conduisant progressivement à sa destruction.

Pour lutter contre la corrosion, la structure du caisson est peinte et est munie d'un système d'air sec et d'un système de récupération des eaux de ruissellement.

Pour étudier qualitativement certains aspects de la corrosion du fer, on réalise les expériences suivantes :

Expériences sur la corrosion du fer.

(Résultats au bout de 24 h)



1

2

3

Des clous en acier sont dégraissés avec du dichlorométhane et sont placés dans différentes boîtes de Pétri.

On ajoute dans la première boîte (1) quelques cristaux de chlorure de calcium anhydre qui ont la propriété d'absorber la vapeur d'eau.

Dans la deuxième boîte (2) on recouvre les clous avec de l'eau bouillie (pour la désaérer) et de l'huile qui forme une couche au-dessus de l'eau empêchant son contact avec l'air.

Dans la troisième boîte (3) on recouvre les clous avec de l'eau déminéralisée.

Au bout de 24 h :

- Boîte 1 : on ne constate aucun changement.

- Boîtes 2 et 3 : des taches brunes de rouille sont visibles et plus visibles dans la boîte 3 que dans la 2.

1) Pourquoi l'huile se dispose-t-elle au-dessus de l'eau dans la boîte 2 ?

2) Au vu des expériences proposées, quels sont les facteurs qui ont une influence sur la formation de la rouille ?

3) Quels sont les dispositions prises sur le viaduc de Millau qui permettent de limiter la formation de la rouille ?

L'oxydation du fer met en jeu trois réactions :

a- D'abord la formation d'ions fer II avec dégagement de dihydrogène.

b- Puis l'oxydation par le dioxygène de l'air des ions fer II formés en hydroxyde de fer III, $\text{Fe}(\text{OH})_3$.

c- Et enfin, la transformation de l'hydroxyde de fer III en oxyde Fe_2O_3 .

4) Écrire la demi-équation électronique du couple Fe^{2+}/Fe .

Préciser, en justifiant, quelle est l'espèce oxydante et l'espèce réductrice dans ce couple.

5) En vous aidant de la question précédente, indiquer, dans l'ordre, les équations bilans des trois réactions mises en jeu dans la corrosion du fer.

Certaines peintures anti-corrosion contiennent du minium au plomb (Pb_3O_4).

6) Sachant que les conditions de pH de la peinture, les couples mis en jeu sont $\text{Pb}_3\text{O}_4/\text{PbO}$ et FeO/Fe , expliquer la formation d'une couche protectrice constituée d'oxyde de plomb II (PbO) et d'oxyde de fer II (FeO).

Bilan des sujets 2017

Sujets 2017

Physique

Acoustique : 3
 Dilatation : 1
 Mécanique : 1
 Mécanique des fluides : 1
 Photométrie : 1
 Thermique : 4
 Thermodynamique de gaz parfaits : 1

Chimie

Chimie organique : 3
 Oxydoréduction : 3
 Solutions aqueuses : 2

Bilan global

BTS	?...2017
B	1990...
EEC	1991...
TP	1991...
SCBH	1992...
EB	1996...
AF	1999...

Physique

Acoustique : 66
 Calorimétrie : 21_{sujets} et 20_{extraits}
 Mécanique : 16
 Mécanique des fluides : 60
 Photométrie : 35
 Rayonnement : 7
 Thermique : 75
 Thermodynamique de gaz parfaits : 20

Chimie

Chimie organique : 77
 Oxydoréduction : 49
 Solutions aqueuses : 41

Acoustique... $P_0=10^{-12}W$, $I_0=10^{-12}W.m^{-2}$, $p_0=2.10^{-5}Pa$	af 2017	b 2017	eec 2017
...physique			
$\omega = 2\pi.f$; $T = 1/f$; $\lambda = C.T$; $i = f_2/f_1$			
octave (centre f_0) ; $1/2$ octaves : $f_0/\sqrt{2}-f_0.\sqrt{2}$			
$p = p_{maximum} \cdot \cos \omega(t-x/C)$; $p_m = p_{efficace} / \sqrt{2}$			
onde mécanique élastique			
$\eta = P_a/P$			
$N_w = 10 \log (P_a/P_0)$			
$P_a = P_0.10^{0.1.N}$			
$S = \Omega.R^2$; source isotrope : $\Omega = 4\pi$			
$I = P_a/S$			
$I/I_0 = (p/p_0)^2$			
$I = p_e^2 / (\rho.C)$			
$I_1/I_2 = (R_2/R_1)^2$			
$N_i = 10 \log (I/I_0) = N_p$			
$I = I_0.10^{0.1.N}$			
$N_p = 20 \log (p/p_0) = N_i$			
$p = p_0.10^{0.05.N}$			
$I_{\Delta f} = I_{spectral} \cdot \Delta f$; $N = N_{spectral} + 10 \log \Delta f$			
$dB(A) = dB + \text{gain}$			
$I_{total} = \Sigma I$; $N_{totale} = 10 \log \Sigma 10^{0.1.N}$			
...bâtiment			
$A = \Sigma \alpha_i \cdot S_i$			
<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			
$\tau = I_{transmise} / I_{incidente}$; $r = I_{réfléchi} / I_{incidente}$ $\tau = P_t / P_i$; $r = P_r / P_i$			
$R = -10 \log \tau = 10 \log (1/\tau)$			
$\tau = 10^{-0.1.R}$			
$D_b = N_1 - N_2$; $D_b = R + 10 \log (A/S) = 10 \log (A/\tau.S)$			
$\Delta N = 10 \log (A_1/A_2) = 10 \log (T_2/T_1)$			
$D_n = D_b + 10 \log (T/0,5)$			
$\sigma = \rho.e$			
$R = a + b \log (c.\sigma)$; a, b, c : constantes			
loi de masse			
loi de fréquence			
fréquence critique, résonnance, ΔR			
paroi discontinue : $\tau = \Sigma \tau_i \cdot S_i / \Sigma S_i$ $D_b = 10 \log (A / \Sigma \tau_i S_i) = R + 10 \log (A / \Sigma S_i)$			

<u>Dilatation...</u>	tp 2017
...solide	
$\Delta \ell = \alpha_L \cdot \ell_0 \cdot \Delta \theta$; $\ell = \ell_0 \cdot (1 + \alpha_L \cdot \Delta \theta)$	
$\alpha_S = 2\alpha_L$ $\Delta S = \alpha_S \cdot S_0 \cdot \Delta \theta$; $S = S_0 \cdot (1 + \alpha_S \cdot \Delta \theta)$	
$\alpha_V = 3\alpha_L$ $\Delta V = \alpha_V \cdot V_0 \cdot \Delta \theta$; $V = V_0 \cdot (1 + \alpha_V \cdot \Delta \theta)$	
...fluide $\Delta V = \alpha \cdot V_0 \cdot \Delta \theta$; $V = V_0 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta \theta)$	
étirement solide $\Delta \ell = (F \cdot \ell) / (E \cdot S)$	

TRANSLATION RECTILIGNE...				ROTATION...
..UNIFORME $a = 0 \quad (= v' = x'')$ $v = x' = \text{constante}$ $x = v.t + x_0$ $x_2 - x_1 = v.(t_2 - t_1)$..UNIFORME $\alpha'' = 0 \quad (= \omega')$ $\omega = \alpha' = \text{constante}$ $\alpha = \omega.t + \alpha_0$ $\omega = 2\pi/T = 2\pi.f$ $\alpha_2 - \alpha_1 = \omega.(t_2 - t_1)$ $s = \alpha.R$ $v = \omega.R$ $a_N = v^2/R \quad (\omega^2.R) ; a_T = 0$
..UNIFORMEMENT VARIE $a = v' = x'' = \text{constante}$ $v = x' = a.t + v_0$ $x = \frac{1}{2} a.t^2 + v_0.t + x_0$ $v_2 - v_1 = a.(t_2 - t_1)$ $v_2^2 - v_1^2 = 2a.(x_2 - x_1)$..UNIFORMEMENT VARIEE $\alpha'' = \text{constante}$ $\omega = \alpha' = \alpha''.t + \alpha'_0$ $\alpha = \frac{1}{2} \alpha''.t^2 + \alpha'_0.t + \alpha_0$ $\alpha_2 - \alpha_1 = \alpha''.(t_2 - t_1)$ $\alpha_2^2 - \alpha_1^2 = 2\alpha''.(\alpha_2 - \alpha_1)$ $s = \alpha.R$ $v = \omega.R$ $a_N = \omega^2.R ; a_T = \alpha''.R$
..SINUSOÏDAL $x = x_m \cos(\omega.t - \varphi)$ $v = x' = -\omega.x_m \sin(\omega.t - \varphi)$ $a = x'' = v' = -\omega^2.x$ $\frac{d^2x}{dt^2} + \omega^2.x = 0$ $\omega = \frac{2\pi}{T} = 2\pi.f$..SINUSOÏDALE $\alpha = \alpha_m \cos(\omega_0.t - \varphi)$ $\omega = \alpha' = -\omega_0.\alpha_m \sin(\omega_0.t - \varphi)$ $\alpha'' = -\omega_0^2.\alpha$ $\frac{d^2\alpha}{dt^2} + \omega_0^2.\alpha = 0$ $\omega_0 = 2\pi/T_0 = 2\pi.f_0$ $x = x_m \cos(\omega_0.t - \varphi)$ $v = x' = -\omega_0.x_m \sin(\omega_0.t - \varphi)$ $v = \omega.R = -\omega_0.R.\alpha_m \sin(\omega_0.t - \varphi)$ $a_T = x'' = v' = -\omega_0^2.x = -\alpha''.R$ $a_N = v^2/R = \omega_0^2.R$ $\frac{d^2x}{dt^2} + \omega_0^2.x = 0$
$\sum \vec{F}_{\text{extérieures}} = m.\vec{a}$				$M_{\vec{F}_{\text{extérieure}}/\Delta} = \pm F.d$ $M_{\text{couple}/\Delta} = \pm F.d$ $\sum M_{\vec{F}_{\text{extérieures}}/\Delta} = J_{\Delta}.\alpha''$ $J_{\Delta} = \sum m_i.R_i^2$
$W_{A \rightarrow B}^{\vec{F}} = \vec{F}.\vec{AB}$				$W_{\alpha}^{\vec{F}_{\text{extérieure}}} = M_{\vec{F}/\Delta}.\alpha$
$E_{\text{cinétique}} = 1/2 m.v^2$				$E_{\text{cinétique}} = 1/2 J.\omega^2$
$E_{\text{potentielle de pesanteur}} = m.g.x$				$E_{\text{potentielle élastique}} = 1/2 k.x^2$
$E_{\text{mécanique}} = E_c + E_p$				$E_{\text{mécanique}} = E_c + E_p$
$\Delta E_c = E_{c2} - E_{c1}$ $\Delta E_c = \sum W_{t_1 \rightarrow t_2}^{\vec{F}}$				$\Delta E_c = E_{c2} - E_{c1}$ $\Delta E_c = \sum W_{t_1 \rightarrow t_2}^{\vec{F}}$
$P_{\text{moyenne}} = W/t$				Résonance

MECANIQUE des FLUIDES	eec 2017
hydrostatique	
$d_{\text{fluide}} = \rho_{\text{fluide}} / \rho_{\text{fluide référent}}$	
$\rho_{\text{gaz}} = \rho_0 \cdot (P / P_0) \cdot (T_0 / T)$	
$\rho_{\text{mélange}} = \Sigma \rho_i \cdot V_i / \Sigma V_i$	
$d_{\text{mélange}} = \Sigma d_i \cdot V_i / \Sigma V_i$	
$P \cdot V_{\text{gaz}} = n \cdot R \cdot T$	
<u>Principe</u> : $\Delta P = \rho \cdot g \cdot h$ ($P_2 - P_1$)	
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)	
Caractéristiques 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	
$Q_v = S \cdot v$; $Q_m = \rho \cdot Q_v$	
$S_{\text{circulaire}} = \pi \cdot R^2 = \pi \cdot (D^2 / 4)$	
$V_2 = V_1 \cdot (D_1 / D_2)^2 = V_1 \cdot (S_1 / S_2)$	
$t = \text{Volume} / Q_v = m / Q_m$	
$(m / \rho) \cdot (P_2 - P_1) + \frac{1}{2} m \cdot (v_2^2 - v_1^2) + m \cdot g \cdot (z_2 - z_1) = E$ (Bernoulli)	
<u>Ecoulement « libre »</u> : $E = 0$ $P + \frac{1}{2} \rho \cdot v^2 + \rho \cdot g \cdot z = \text{constante}$	
$v = \sqrt{2g \cdot h}$ (à l'air libre)	
<u>Ecoulement forcé</u> : $E \neq 0$ 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	

<u>PHOTOMETRIE</u>	eb 2017
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</u> <u>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</u> <u>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 2017	b 2017	eb 2017	eec 2017
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) $\Phi = \varphi \cdot S = U \cdot S \cdot \Delta\theta = \Delta\theta / R$				
$G = [U_{bat} \cdot S + (\eta \cdot p \cdot c \cdot V) / 3600] / V$ $G = G_{paroi} + G_{air}$				
(P) $\Phi = G \cdot V \cdot \Delta\theta$				
$E = \Phi \cdot t$				
Coût, économie				
Label BBC – Label BEPAS				
$Q = m \cdot c \cdot \Delta\theta$ ($m = \rho \cdot V$)				
$Q = m \cdot L$				
$P = U \cdot I$				
$\Delta\theta = \theta_1 - \theta_2 = \varphi \cdot r_{\Delta\theta}$				
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				
$G = M^a \cdot L^b \cdot T^c \dots$				

<u>THERMODYNAMIQUE</u> des <u>GAZ PARFAITS</u>	scbh 2017
Définitions $G = M^a \cdot L^b \cdot T^c \dots$	
$P \cdot V = n \cdot R \cdot T$ ($T = \theta + 273,15$)	
$n = m / M$; $n = V_{\text{gaz}} / V_{\text{molaire}}$	
$x_i = n_i / n_{\text{totale}}$; $\sum x_i = 1$; $n_{\text{tot}} = \sum n_i$	
$M_{\text{mélange}} = m_{\text{totale}} / n_{\text{totale}} = \sum x_i \cdot M_i$	
$\rho_{\text{mélange}} = m_{\text{totale}} / V_{\text{total}} = M \cdot P / R \cdot T$	
$\rho = \rho_0 \cdot (P / P_0) \cdot (T_0 / T)$	
$d_{\text{mélange}} = M_{\text{mélange}} / 29$	
$P_i = x_i \cdot P_{\text{totale}} = n_i \cdot R \cdot T / V_{\text{total}}$ $P_{\text{totale}} = \sum P_i$	
Compresseur	
$C_p / C_v = c_p / c_v = \gamma$	
$C_p - C_v = R = M (c_p - c_v)$	
$C_p = M \cdot c_p$; $C_v = M \cdot c_v$	
$H = U + P \cdot V$	
Transformation <u>isobare</u> $1 \rightarrow 2$ $V_1 / T_1 = V_2 / T_2$	
$Q_p = \Delta H = m \cdot c_p \cdot \Delta T = n \cdot C_p (T_2 - T_1)$	
$W_{1 \rightarrow 2} = - P \cdot (V_2 - V_1)$	
Transformation <u>isochore</u> $1 \rightarrow 2$ $P_1 / T_1 = P_2 / T_2$	
$Q_v = m \cdot c_v \cdot \Delta T = n \cdot C_v \cdot (T_2 - T_1)$	
$W = 0$	
Transformation <u>isotherme</u> $1 \rightarrow 2$ $P_1 \cdot V_1 = P_2 \cdot V_2$	
$Q_{1 \rightarrow 2} = - W_{1 \rightarrow 2}$	
$W = - n \cdot R \cdot T \cdot \ln(V_2 / V_1) = - n \cdot R \cdot T \cdot \ln(P_1 / P_2)$	
Transformation <u>adiabatique</u> $1 \rightarrow 2$ $P_1 \cdot V_1 / T_1 = P_2 \cdot V_2 / T_2$	
$P_1 \cdot V_1^\gamma = P_2 \cdot V_2^\gamma$	
$P_1^{1-\gamma} \cdot T_1^\gamma = P_2^{1-\gamma} \cdot T_2^\gamma$; $T_1 \cdot V_1^{\gamma-1} = T_2 \cdot V_2^{\gamma-1}$	
$Q = 0$	
$W = (P_1 \cdot V_1 - P_2 \cdot V_2) / (1-\gamma) = n \cdot R \cdot (T_1 - T_2) / (\gamma-1)$	
C.O.P	
Diagramme de Clapeyron : $P = f(V)$	
Premier principe (énergie interne) $\Delta U_{1 \rightarrow 2} = U_2 - U_1 = W_{1 \rightarrow 2} + Q_{1 \rightarrow 2}$	
Cycle : $\Delta U_{1 \rightarrow 1} = 0$ ($W = - Q$)	
Rendement machine ditherme: $\eta = W / Q $	
Efficacité machine ditherme : $e = Q / W $	
$E = P \cdot t$	
Pompe à chaleur	

CHIMIE ORGANIQUE	eb 2017	eec 2017	scbh 2017
$n = m / M ; n = V_{\text{gaz}} / V_{\text{molaire}}$			
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		$C_6H_{10}O_5$	
$V_{\text{air}} = 5.V_{\text{dioxygène}}$			
CO ₂ et effet de serre (GES)			
Energie thermique E, pouvoir calorifique			
$E = P.t$			
$P.C.S = P.C.I + m.L_{\text{liquéfaction}}$			
$Q_1 = m.c.\Delta\theta ; Q_2 = m.L$			
Combustion incomplète			
Substitution			
Addition			
Elimination			
Craquage (pyrolyse)			
Estérification			
Polymérisation : polyaddition $x.\text{monomère} \rightarrow \text{polymère}$ $(\text{motif})_x$	PP	PVC	
Indice de polymérisation : x			
$M(\text{polymère}) = x.M(\text{monomère})$			
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 2017	b 2017	tp 2017
Définitions. Nomenclature			
$n = m / M ; n = V_{\text{gaz}} / V_{\text{molaire}}$			
Oxydoréduction en <u>phase sèche</u>			
$n = C(X).V_{\text{solution aqueuse}}$ $n = [X^{x+}_{\text{aq}}].V_{\text{aq}} ; n = [Y^{y-}_{\text{aq}}].V_{\text{aq}}$			
Oxydoréduction en <u>phase aqueuse</u> Potentiel d'oxydoréduction : E^0 Couple « redox » oxydant / réducteur			
Couple $M^{x+}_{\text{ion métallique}} / \text{Métal}$			
Classification des métaux réducteurs			
Couple $H^+_{\text{aqueux}} / H_2$			
Règle du gamma			
Réduction Oxydant 1 + $x e^- \rightarrow \text{Réducteur 1}$			
Oxydation $\text{Oxydant 2} + y e^- \leftarrow \text{Réducteur 2}$			
<u>Oxydoréduction</u> ...Oxydant 1 + ...Réducteur 2 \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 ($M_1/M_1^{x+} // M_2^{y+}/M_2$)</i>			
Faraday : $96500 \text{ C.mol}^{-1} (F)$			
$Q = I.t ; n_{e-} = Q / F$			
$n_{\text{métal}} = (1 / y).n_{e-}$			
$m_{\text{métal anode}} = (1 / y).(I.t / F).M_{\text{métal}}$			
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 2017	scbh 2017
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 $\text{pK}_A = -\log K_A$ $K_A = [\text{H}_3\text{O}^+_{\text{aq}}] \cdot [\text{A}^-_{\text{aq}}] / [\text{AH}_{\text{solution}}]$		
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 $C = (C_1 V_1 + C_2 V_2) / (V_1 + V_2)$		