

AF

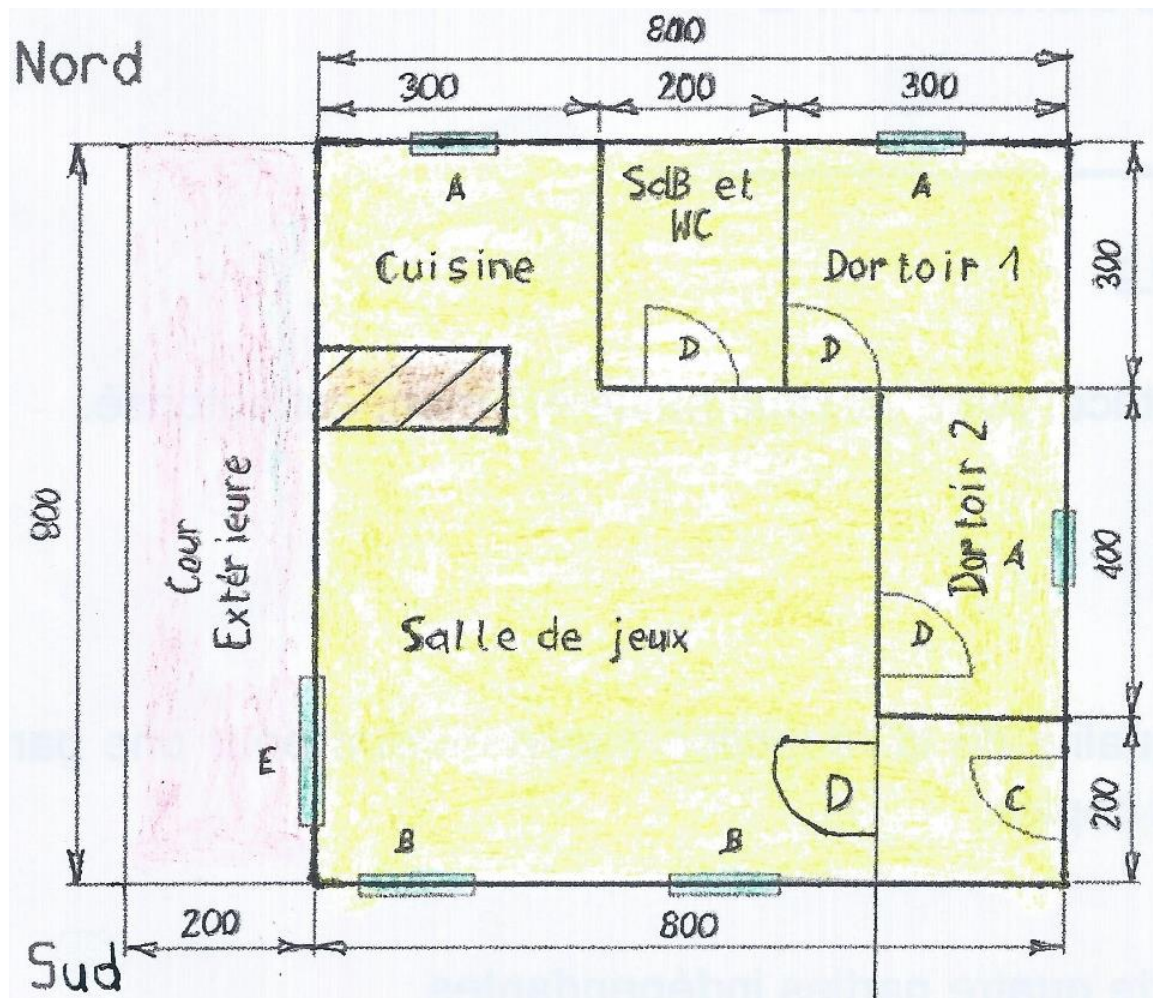
Création d'une MAM (Maison d'Assistants Maternels)

Trois assistants maternels décident de s'associer pour créer un nouveau système de garde d'enfants : une maison d'assistants maternels.

Cette association répond aux demandes concernant le manque de place de garde d'enfants dans la région.

Pour ce faire, ils doivent mettre aux normes le rez-de-chaussée d'un appartement.

Dans ce sujet, on propose des éléments d'étude dans les domaines thermique, acoustique et chimique.



Données :

- Les cotations sont en centimètres.
- hauteur sous plafond : $h = 250 \text{ cm}$
- Surfaces des portes et des fenêtres (hauteur \times largeur) :
 - A : Fenêtres 90×80
 - B : Fenêtres 120×50
 - C : Porte d'entrée 200×90
 - D : Portes intérieures 200×90
 - E : Baie vitrée 200×180

Thermique

Étude thermique du mur de la face sud.

Le mur de la face sud est constitué de brique d'épaisseur e_b , de laine de roche d'épaisseur e_{lr} et d'un Placotherm® qui est un complexe de doublage constitué d'un panneau isolant en polyuréthane d'épaisseur e_u , associé à une plaque de plâtre Placo® d'épaisseur e_p .

Les fenêtres du mur sont anciennes, à simple vitrage d'épaisseur e_{vitre} .

La température extérieure est notée θ_2 et la température intérieure est notée θ_1 .

Données :

- Épaisseurs des différents constituants de la surface sud :

$$e_b = 20 \text{ cm} \quad e_u = 140 \text{ mm} \quad e_{vitre} = 4,0 \text{ mm} \quad e_{lr} = 10 \text{ cm} \quad e_p = 13 \text{ mm}$$

- Températures intérieure et extérieure : $\theta_1 = 21^\circ\text{C}$ et $\theta_2 = 35^\circ\text{C}$

- Relation permettant de déterminer la résistance thermique surfacique équivalente à une association d'une couche intérieure, d'une couche extérieure et de couches internes i :

$$r = r_{si} + r_{se} + \sum_i \frac{e_i}{\lambda_i}$$

r_{si} et r_{se} résistances thermiques surfaciques superficielles respectivement intérieure et extérieure
 e_i et λ_i , épaisseur et conductivité thermique de la couche i

- Relation permettant de déterminer le flux thermique surfacique à travers un matériau de résistance thermique surfacique r et de différence de température $\Delta\theta$ entre les faces intérieure et extérieure :

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

- Relation permettant de déterminer le flux thermique à travers un matériau de surface S :

$$\Phi = \varphi \times S$$

- Valeurs numériques :

- Conductivités thermiques

Matériaux	brique	laine de roche	vitre	placotherm	gaz
Conductivités thermiques $\lambda \text{ (W.m}^{-1}\text{.K}^{-1}\text{)}$	1,15	0,044	3,0	0,022	0,026

- résistances thermiques surfaciques superficielles ($\text{m}^2\text{.K.W}^{-1}$) : $r_{si} = 0,13$ et $r_{se} = 0,04$

1) Vérifier que le flux thermique Φ_1 traversant le mur de la face sud a une valeur de 27 W.

2) Exprimer littéralement, puis calculer le flux thermique Φ_2 qui traverse les fenêtres.

Les assistants maternels décident de remplacer les anciennes fenêtres par des fenêtres à double vitrage.

Les fenêtres neuves sont constituées de deux vitres chacune d'épaisseur e_{vitre} , séparées par une couche de gaz de résistance thermique surfacique r_{gaz} et d'épaisseur e_{gaz} .

Le constructeur garantit une résistance thermique surfacique r égale à $0,35 \text{ m}^2\text{.W.K}^{-1}$.

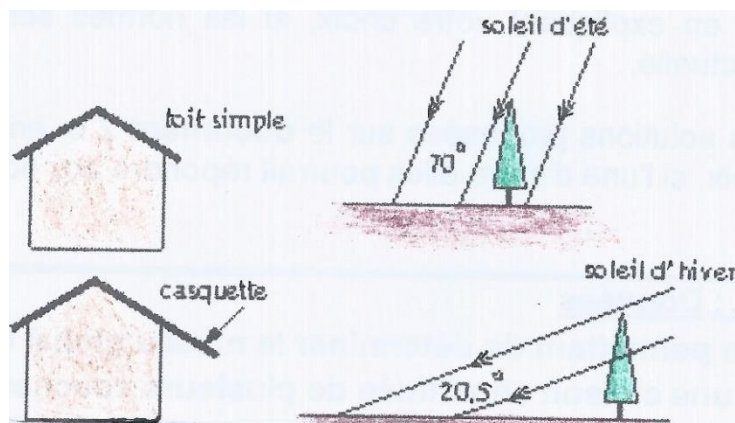
3) Déterminer les valeurs r_{gaz} et e_{gaz} .

Calculer le flux thermique Φ_3 qui traverse les fenêtres à double vitrage.

Déduire de cette étude l'intérêt du remplacement des fenêtres.

Les calculs précédents ne prennent pas en compte les transferts thermiques par rayonnement solaire.

4) Expliquer, en exploitant le document ci-contre, pourquoi une avancée de toit (casquette) permet de modérer le réchauffement de la salle de jeu en été et de le favoriser en hiver.



Acoustique

Étude acoustique du dortoir.

Les bébés âgés de zéro à un an dormiront dans le dortoir 2.

La pièce devra donc répondre à une isolation acoustique plus importante de manière à ce que les bébés ne soient pas réveillés par les jeux des plus grands dans la salle de jeux.

La cloison entre le dortoir 2 et la salle de jeux est constituée d'une cloison alvéolée (BA13 + 40 mm Alvéoles carton + BA 13) d'indice d'affaiblissement R_1 et d'une porte d'indice d'affaiblissement R_2 .

Données :

- $R_1 = 28 \text{ dB}$ et $R_2 = 26 \text{ dB}$
- On réalise une analyse du bruit par bande d'octave dans la salle des jeux lorsque les enfants jouent.

Les résultats sont portés sur le tableau ci-dessous :

Fréquence (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Niveau sonore (dB)	88	102	101	98	93	89

- Relation permettant de déterminer le niveau global d'intensité sonore L_g à travers une cloison constituée de plusieurs couches i de niveau d'intensité sonore L_i :

$$L_g = 10 \cdot \log \sum_i 10^{0,1L_i}$$

- Relation permettant de déterminer l'indice d'affaiblissement :

$$R = 10 \cdot \log \tau^{-1}$$

τ : coefficient de transmission acoustique

- 1) Déterminer le niveau global d'intensité dans la salle de jeux lorsque les enfants y jouent.
- 2) Remplir le tableau suivant et déterminer le niveau global d'intensité pondéré de cette même salle de jeux.

Fréquence (Hz)	125	250	500	1000	2000	4000
Niveau sonore (dB)	88	102	101	98	93	89
Pondération (dBA)	- 16,1	- 8,6	- 3,2	0	+ 1,2	+ 1
Niveau sonore pondéré (dBA)						

Le coefficient de transmission acoustique total Γ de la cloison (cloison et porte entre la salle de jeux et le dortoir 2) est égal à $1,75 \cdot 10^{-3}$.

- 3) En déduire l'indice d'affaiblissement total de cette cloison.

Les normes indiquent que le niveau sonore global d'un dortoir pour nourrisson ne doit pas dépasser 33 dBA.

- 4) Préciser, en expliquant votre choix, si les normes sont respectées avec la cloison actuelle.
- 5) Parmi les solutions proposées sur le document suivant, envisager, en expliquant votre choix, si l'une d'entre elles pourrait répondre aux normes recommandées.

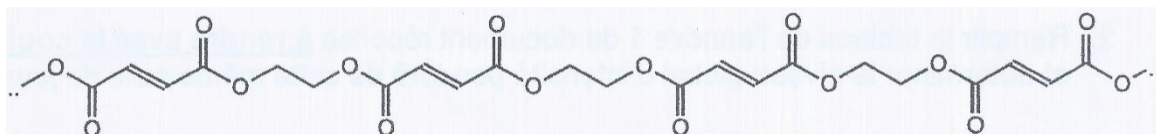
Indice d'affaiblissement de quelques matériaux	
Matériaux	Indice d'affaiblissement R (dB)
Plascostil® 98/48	50
Plascostil® SAA 120	61
PAR Confort 140/90 d'Isover	53

(Sources : placo.fr et Isover.fr)

Chimie organique

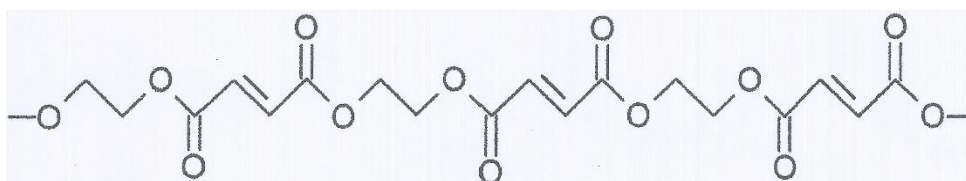
Peinture intérieure du dortoir.

La peinture choisie pour rénover le dortoir 1 contient une macromolécule dont la formule topologique est représentée ci-dessous :



On étudie la structure de cette macromolécule.

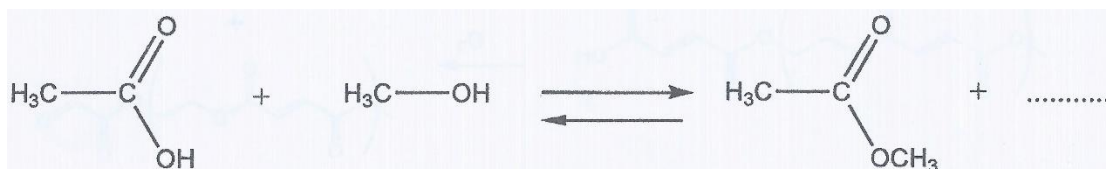
1) a- Entourer l'unité de répétition (ou motif) de la macromolécule.



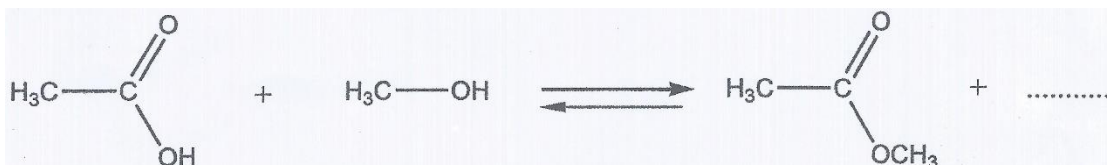
b- Indiquer le groupe fonctionnel présent dans l'unité de répétition.

c- En déduire à quelle famille chimique appartient la macromolécule.

On s'intéresse à l'équation de la réaction chimique ci-dessous :



2) a- Compléter l'équation de la réaction :



b- Nommer la transformation chimique.

Il existe principalement deux méthodes de synthèse de polymère : la polyaddition et la polycondensation.

3) Déterminer, en proposant un argumentaire, la méthode qui a permis l'obtention de la macromolécule utilisée dans la peinture.

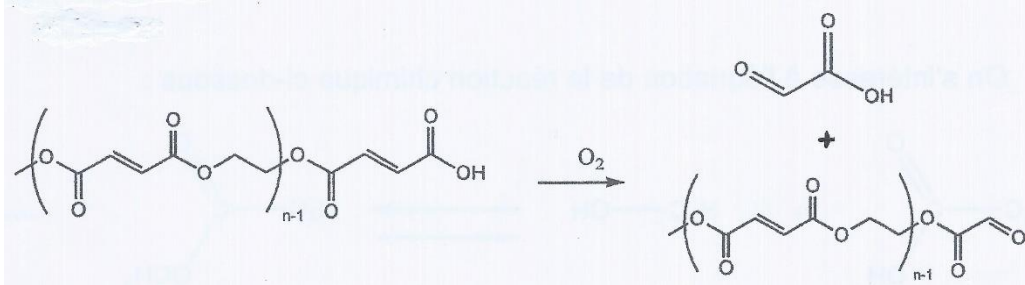
La présence de doubles liaisons dans la chaîne de la macromolécule explique qu'après application de la peinture sur le support, le séchage à l'air de la peinture est possible.

Séchage à l'air par auto-oxydation d'une peinture alkyde.

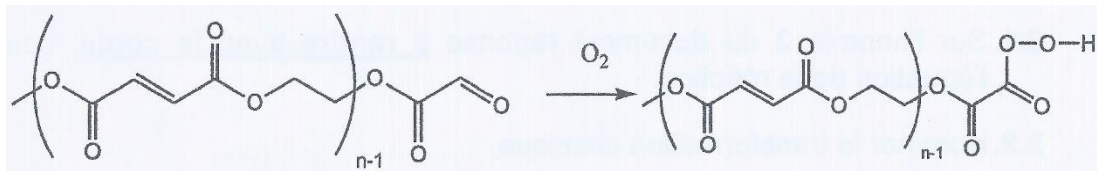
(Jean-Claude Laout. Formulation des peintures, techniques de l'ingénieur)

(n , x et y sont des entiers)

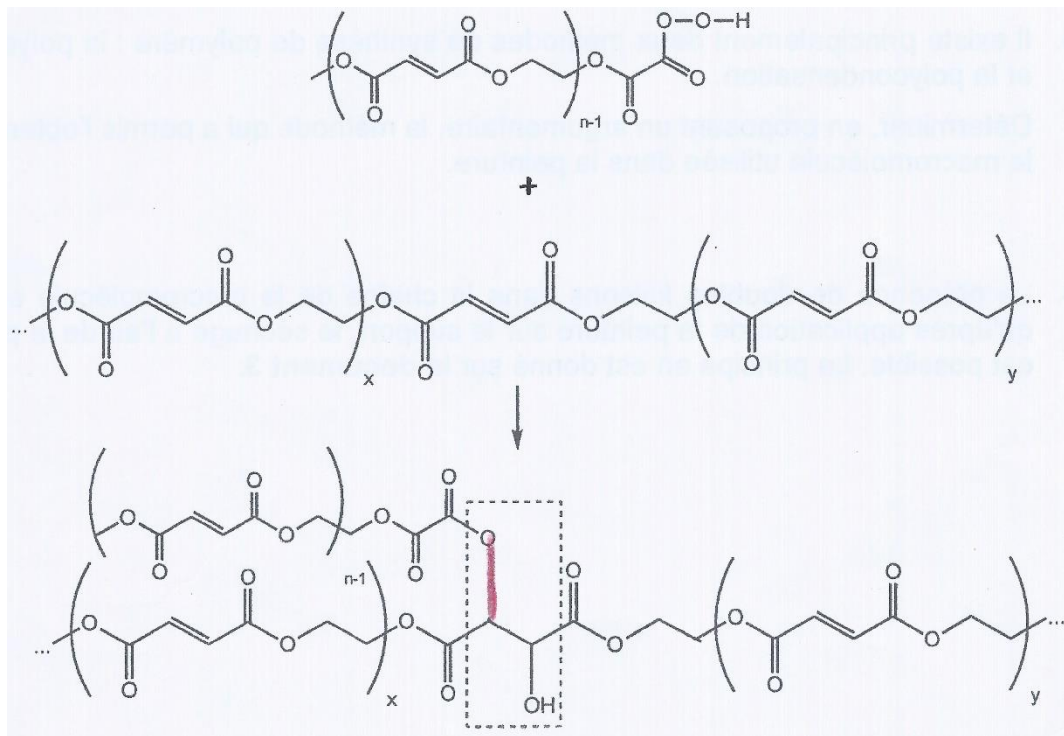
• Première étape



• Deuxième étape



• Troisième étape



Nouvelle liaison entre deux molécules



Lorsque la peinture sèche à l'air, la macromolécule admet une structure tridimensionnelle.

4) a- Expliquer ce terme.

b- Expliquer en quoi ce changement de structure permet le séchage de la peinture à l'air.

Solution aqueuse (Acide-base : 1 à 3) (Oxydoréduction : 4 à 9)Étude de l'utilisation de l'eau de pluie pour les sanitaires (toilettes).

Les assistants maternels désirent récupérer l'eau de pluie afin de l'utiliser pour les toilettes.

Pour ce faire, ils récupèrent et installent dans un coin de la cour extérieure une citerne en béton de volume V égal à 300 litres.

En cas de manque d'eau de pluie, une vanne est installée pour revenir au circuit classique d'apport d'eau.

Les assistants maternels font analyser l'eau de récupération contenue dans la citerne :

<i>Caractéristiques de l'eau de pluie (eau de récupération) et d'une eau potable</i>					
	<i>pH</i>	<i>Concentration massique volumique (mg.L⁻¹)</i>			<i>Bactéries pathogènes</i>
		<i>SO₄²⁻</i>	<i>Cl⁻</i>	<i>NO₃⁻</i>	
<i>Eau de récupération</i>	?	10	9	2	<i>Présence en faibles quantités</i>
<i>Eau potable</i> (valeurs autorisées en Europe)	6,5-9,0	≤ 250	≤ 250	≤ 50	<i>Aucune</i>

1) Proposer une méthode expérimentale de la mesure de la valeur du pH de l'eau de récupération.

Il est interdit d'utiliser l'eau de pluie non traitée comme boisson.

2) Justifier cette interdiction.

La cuve de récupération de l'eau de pluie est en béton.



La chaux $Ca(OH)_2$ contenue dans le béton peut éventuellement se dissoudre en partie dans l'eau de pluie.

L'équation modélisant la transformation chimique est : $Ca(OH)_{2(s)} \rightarrow Ca_{aq}^{2+} + 2HO_{aq}^-$

3) Préciser le sens d'évolution du pH de la solution lorsque la chaux se dissout partiellement dans l'eau.
Expliquer la réponse.

Dans une maison devant recevoir des enfants, il n'est pas conseillé d'utiliser de l'eau avec des bactéries pathogènes même pour les sanitaires.

Les assistants maternels décident de désinfecter l'eau stockée dans la cuve en utilisant de l'eau de Javel.

<i>Caractéristiques de l'eau de Javel</i>	
	<ul style="list-style-type: none"> • <u>Mode d'emploi</u> : l'eau de Javel est un produit parfait pour blanchir, nettoyer, désinfecter. 1 L – 5 L – 20 L – 25 L – 30 L – 60 L – 210 L • <u>Précautions</u> : <ul style="list-style-type: none"> - Conserver hors de portée des enfants - Après contact avec les yeux ou la peau, se laver immédiatement et abondamment à l'eau pure - Au contact d'un acide, dégage un gaz toxique - Ne pas mélanger avec l'ammoniaque ou des détartrants - En cas d'absorption, ne pas faire vomir, ne pas boire mais appeler un médecin, l'hôpital le plus proche ou le centre anti poison - A conserver au frais et à l'abri de la lumière et du soleil. • <u>Date de péremption</u> : 1 an
	<ul style="list-style-type: none"> • L'eau de Javel contient les ions hypochlorite ClO^- et chlorure Cl^-. Les ions ClO^- sont à l'origine du caractère désinfectant de l'eau de Javel. • Couple rédox : ClO_{aq}^- / Cl_{aq}^- • En milieu acide, il se produit une réaction chimique d'équation : $2ClO_{aq}^- + 4H_{aq}^+ + 2Cl_{aq}^- \rightarrow Cl_{2(g)} + 2H_2O$ • Les ions hypochlorite réagissent dans l'eau selon la réaction chimique d'équation : $2ClO_{aq}^- \rightarrow O_{2g} + 2Cl_{aq}^-$
	
<p><u>Désinfection d'une eau</u> : pour désinfecter une eau dans une citerne, il convient de placer une quantité environ égale à 4.10^{-4} moles d'ions ClO^- par litre de solution.</p>	

4) Écrire la demi-équation relative au couple $\text{ClO}_{\text{aq}}^- / \text{Cl}_{\text{aq}}^-$.

En déduire, si dans l'élimination des bactéries pathogènes par l'eau de Javel, l'ion hypochlorite ClO^- intervient en tant qu'oxydant ou réducteur.

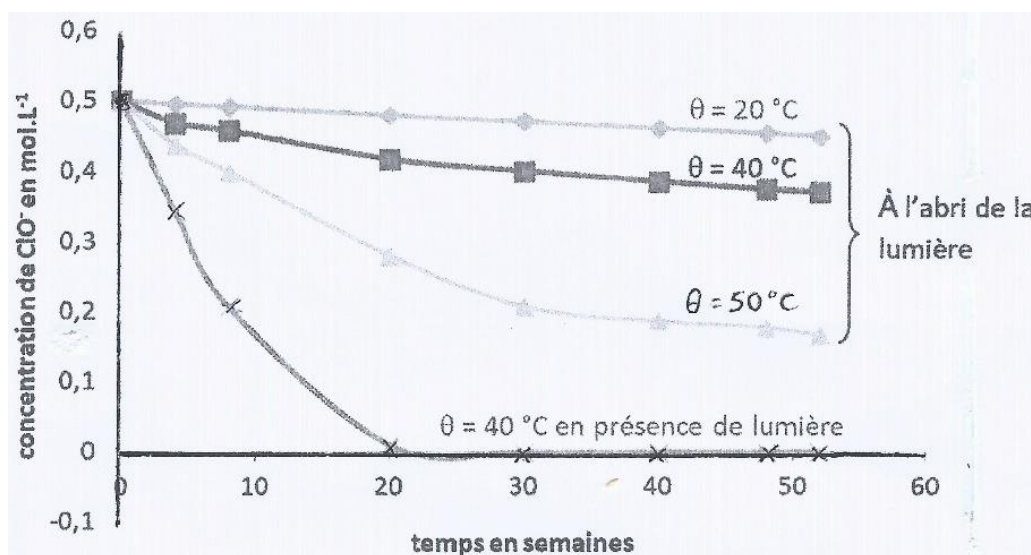
5) Déterminer les précautions opératoires à prendre lorsque l'on utilise de l'eau de Javel.

6) Exprimer pourquoi il ne faut pas ajouter de l'eau de Javel dans une solution très acide.

Il est recommandé de ne pas stocker l'eau de Javel lorsque la solution est diluée.

7) Expliquer pourquoi une solution d'eau de Javel présente une date de péremption.

On a suivi la concentration molaire volumique des ions ClO^- dans une eau de Javel pour différentes conditions.



8) Justifier la recommandation suivante, donnée sur l'étiquette d'une bouteille d'eau de Javel : « À conserver au frais et à l'abri de la lumière et du soleil ».

Les assistants maternels disposent d'une eau de Javel de concentration molaire volumique en ions ClO^- égale à $5 \cdot 10^{-1} \text{ mol.L}^{-1}$

9) En supposant que la cuve est remplie au 2/3, calculer le volume de solution d'eau de Javel qu'ils doivent introduire dans la cuve pour désinfecter l'eau.

B

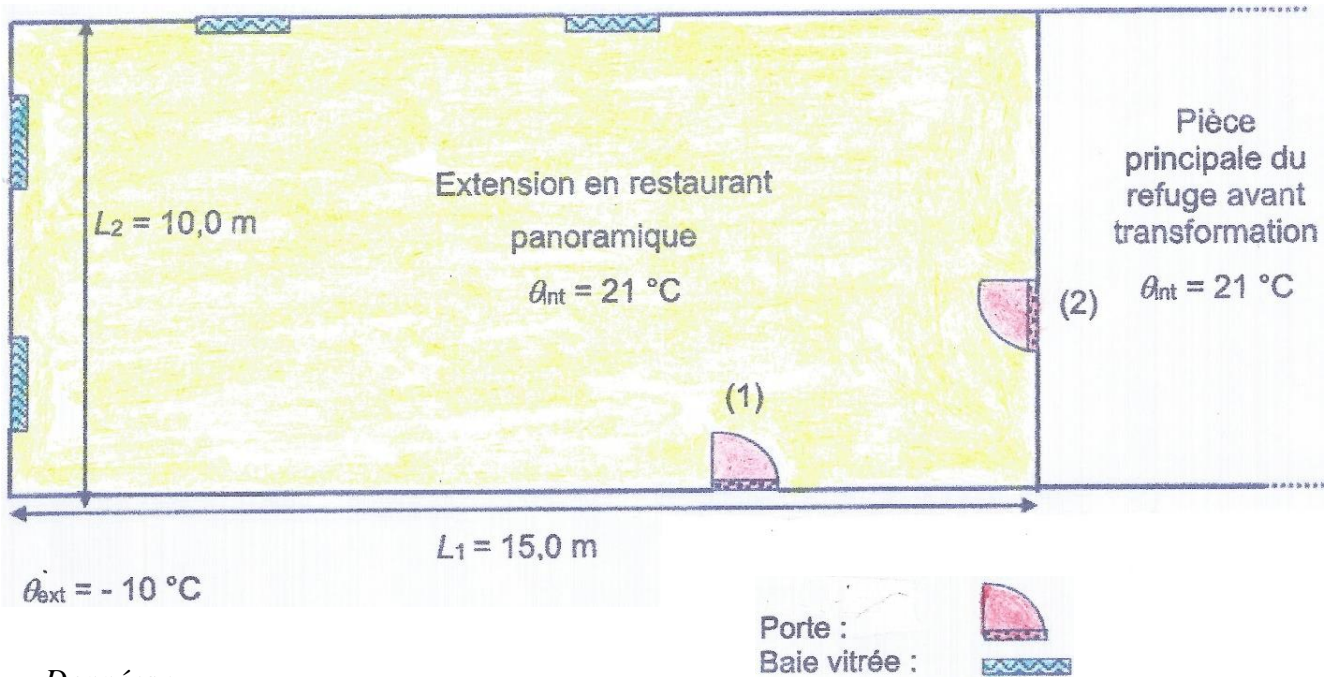
Transformation d'un refuge

Les propriétaires d'un refuge désirent l'agrandir en restaurant panoramique utilisable en saison hivernale.

Le refuge n'étant pas relié au réseau électrique et disposant déjà d'un parc de panneaux solaires, l'installation d'une pico-centrale hydroélectrique est donc envisagée.

Thermique (A)Étude thermique du restaurant.

Le refuge de montagne est situé à 2350 m d'altitude.

Description de l'extension.Données :

- Hauteur sous plafond : $H = 2,50\text{ m}$
- Composition des murs multicouches des murs du restaurant :

Matériaux	épaisseur e (cm)	Conductivité thermique λ ($\text{W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$)
Béton	$e_b = 20$	$\lambda_b = 1,4$
Laine de verre	$e_{ldv} = 20$	$\lambda_{ldv} = 0,040$
Plâtre	$e_{pl} = 1,3$	$\lambda_{pl} = 0,40$

- Le restaurant dispose de deux portes en bois et de quatre baies vitrées.

Caractéristiques des portes en bois :

- épaisseur $e_p = 8,0\text{ cm}$
- largeur $\ell_p = 0,95\text{ m}$
- hauteur $h_p = 2,00\text{ m}$
- $\lambda_p = 0,20\text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$

Caractéristiques des baies vitrées :

- largeur $\ell_{bv} = 180\text{ cm}$
- hauteur $h_{bv} = 215\text{ cm}$

- résistances thermiques surfaciques superficielles interne et externe ($\text{m}^2.\text{K.W}^{-1}$) pour toutes les parois :

- $r_{si} = 0,11$
- $r_{se} = 0,060$

- Températures ($^{\circ}\text{C}$) en hiver :

- intérieure $\theta_{int} = 21$
- extérieure moyenne $\theta_{ext} = -10$

1- Résistances thermiques surfaciques des parois.

- 1) Exprimer littéralement la résistance thermique surfacique r_p de la porte reliée à l'extérieur.
Calculer sa valeur.
- 2) Exprimer littéralement la résistance thermique surfacique r_m d'un mur.
Calculer sa valeur.

2- Transferts thermiques à travers les portes et les murs.

Données :

• Pour la suite du problème :

- $r_p = 0,57 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$

- $r_m = 5,3 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$

- 1) Que peut-on dire du flux thermique pour la paroi séparant le refuge et le restaurant ?
Justifier.
- 2) Exprimer littéralement les flux thermiques Φ_p à travers la porte (1) et Φ_m à travers l'ensemble des murs du restaurant.
Calculer Φ_p et Φ_m .

3- Pertes thermiques par la ventilation.

Pour renouveler l'air et éviter les problèmes de condensation, une ventilation est installée dans le restaurant.

Elle prélève l'air extérieur à la température $\theta_{\text{ext}} = -10^\circ\text{C}$ pour l'injecter à l'intérieur du restaurant.

Chaque heure, 15% du volume d'air du restaurant est renouvelé.

Données :

• capacité thermique de l'air : $c_{\text{air}} = 1,22 \cdot 10^3 \text{ J} \cdot \text{m}^{-3} \cdot \text{K}^{-1}$

- 1) Montrer que l'énergie Q nécessaire pour réchauffer cet air vaut $2,1 \cdot 10^6 \text{ J}$ par heure de fonctionnement.
- 2) Calculer la puissance thermique Φ_{ven} associée à ce chauffage.

4- Bilan thermique du restaurant.

Les flux thermiques perdus par le sol Φ_s , le plafond Φ_{pl} et les baies vitrées Φ_{bv} du restaurant s'élèvent au total à 340 W.

Montrer que la puissance thermique P_{th} que devra apporter le système de chauffage pour maintenir la température à l'intérieur du restaurant est de 1,5 kW.

Mécanique des fluides (B)

Une pico-centrale est une installation transformant l'énergie hydraulique d'un cours d'eau en énergie électrique, d'une puissance inférieure à 20 kW.

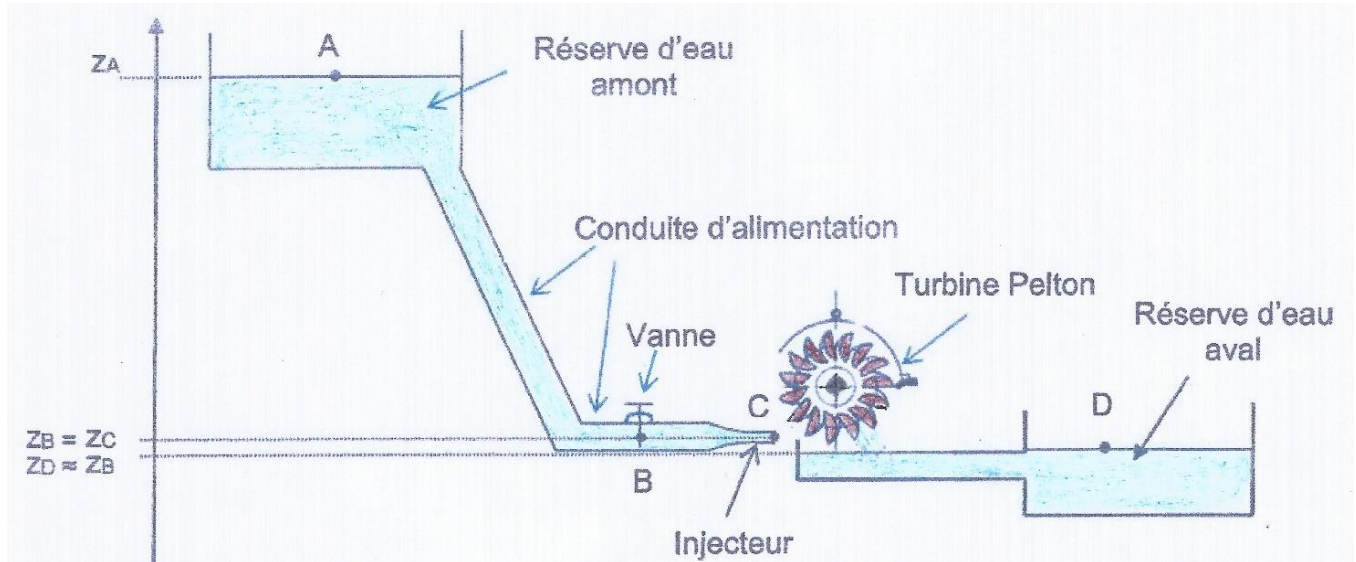
La puissance de la centrale est directement proportionnelle à son débit d'équipement et à sa hauteur de chute.

Une turbine reliée à un alternateur (non représenté) est alimentée par une retenue d'eau.

Les conduites sont enterrées dans le sol pour éviter le gel.

Schéma simplifié de l'installation hydraulique.

(Échelle non respectée)



Données :

- diamètres :
 - conduite cylindrique d'alimentation : $d_1 = 10 \text{ cm}$
 - sortie de l'injecteur : $d_2 = 4,0 \text{ cm}$
- Pression aux points A, C, D (indépendante de l'état de la vanne) :
 - $P_A = P_C = P_D = P_{atm}$
- Cotes respectives des points A et B :
 - $z_A = 2368 \text{ m}$
 - $z_B = 2353 \text{ m}$
- Masse volumique de l'eau : $\rho_e = 10^3 \text{ kg.m}^{-3}$
- Intensité de la pesanteur : $g = 9,8 \text{ m.s}^{-2}$
- Équation de Bernoulli : $\frac{1}{2} \rho (v_2^2 - v_1^2) + \rho \cdot g (z_2 - z_1) + (P_2 - P_1) = 0$

1- La vanne est fermée.

- 1) Exprimer littéralement puis calculer la pression relative P_r (B) exercée sur la paroi gauche de la vanne.
- 2) En déduire la valeur de la force F (B) exercée par l'eau sur le clapet de la vanne sachant que sa surface plane est $s = 0,25 \text{ cm}^2$.

2- La vanne est ouverte.

L'eau circule dans l'installation et sort de l'injecteur vers la turbine Pelton qui se met en rotation.

Au bout de quelques secondes, on suppose que le régime permanent est atteint.

L'eau est considérée comme fluide parfait incompressible et on suppose que les niveaux de l'eau dans les retenues amont et aval restent constants.

Vitesses de l'eau et débit

- 1) En appliquant l'équation de Bernoulli entre deux points à préciser, montrer que la vitesse d'écoulement v_c du fluide au point C (sortie de l'injecteur) vaut 17 m.s^{-1} .
- 2) Exprimer littéralement puis calculer, en $\text{m}^3.\text{s}^{-1}$, le débit volumique q_v de l'eau dans la conduite d'alimentation.

3) Exprimer littéralement puis calculer la vitesse v_B de l'eau dans la conduite d'alimentation.

Puissance de la pico-centrale

La puissance maximale P_{ext} récupérable est égale à 3,0 kW

Le rendement de la turbine est $\eta = 60\%$.

4) Calculer la puissance électrique P_{elec} produite par l'alternateur, supposé sans perte.

5) La pico-centrale permettra-t-elle un apport de puissance suffisant pour le refuge après transformation ? Justifier.

Solutions aqueuses (C)

Analyse de l'eau du circuit hydraulique.

L'eau circulant dans la pico-centrale doit être contrôlée pour assurer le bon fonctionnement de l'installation : une eau trop « dure » favorise l'entartrage des canalisations et de l'injecteur, alors qu'une eau trop « douce » favorise la corrosion de la turbine en acier ; de même, une eau trop alcaline ou trop basique est « agressive » vis-à-vis des canalisations et favorise également le dépôt de tartre.

1- Nature acido-basique de cette eau.

Un laboratoire a mesuré une concentration molaire volumique en ions oxonium (H_3O^+) dans cette eau égale à $1,6 \cdot 10^{-6} \text{ mol.L}^{-1}$.

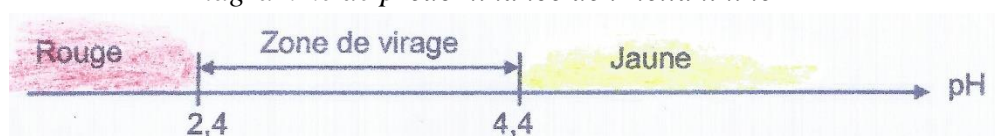
1) Calculer le pH de cette eau.

2) Préciser la nature acido-basique de cette eau, en justifiant.

2- Mesure du TAC (titre alcalimétrique complet).

Le TAC est égal au volume (mL) d'acide chlorhydrique à $0,020 \text{ mol.L}^{-1}$ nécessaire pour doser 100 mL d'eau en présence d'un indicateur coloré, l'hélianthine.
Il s'exprime en degrés français et ses valeurs optimales sont comprises entre 10°f et 25°f .

Diagramme de prédominance de l'hélianthine



En pratique, pour déterminer le TAC, on prélève 50 mL d'eau auquel on rajoute 3 gouttes d'hélianthine. Le dosage est réalisé sous agitation magnétique en rajoutant progressivement de l'acide chlorhydrique à $0,020 \text{ mol.L}^{-1}$, jusqu'au volume équivalent.

1) Faire un schéma en coupe et annoté du dispositif expérimental de dosage.

2) Quelle est la couleur de l'indicateur coloré au début du dosage ?

Justifier.

3) Comment voit-on que l'équivalence est atteinte ?

Pour l'eau alimentant la pico-centrale, on trouve $V_E = 7,1 \text{ mL}$.

4) En déduire son TAC et conclure.

3- Dureté de l'eau.

La dureté de l'eau est mesurée par son titre hydrotimétrique (TH), exprimé en $^\circ\text{f}$, donné par la formule $TH = 10([Ca^{2+}] + [Mg^{2+}])$, où les concentrations sont exprimées en mmol.L^{-1} .

TH ($^\circ\text{f}$)	< 6	6 à 15	15 à 40	30 à 40	> 40
Eau	très douce	douce	moyennement dure	dure	très dure

L'eau alimentant la pico-centrale possède une concentration massique volumique de 55 mg.L^{-1} en ions calcium et 13 mg.L^{-1} en ions magnésium.

Calculer le titre hydrotimétrique TH de cette eau et conclure.



Rénovation énergétique d'une piscine olympique

Construire une piscine olympique pour une commune représente un investissement lourd pour les finances publiques.

Avec une réglementation thermique peu contraignante et un coût de l'énergie représentant l'une des principales dépenses de fonctionnement, une piscine olympique peut vite devenir un gouffre financier.

En effet, contrairement à d'autres installations, une piscine dépense de l'énergie même quand elle est fermée au public car le traitement de l'eau et le recyclage de l'air fonctionnent en permanence.

Le maire d'une grande commune cherche à faire des investissements rentables à court terme pour la piscine municipale, ce qui permettrait de baisser les dépenses publiques.

Il envisage pour cela de remplacer la chaudière à condensation par une chaudière numérique, d'utiliser une pompe à chaleur et de déployer une bâche de couverture.

Ce sujet est composé de trois parties indépendantes :

- A.** Chauffage des eaux de baignade.
- B.** Utilisation de différentes chaudières.
- C.** Composition d'une bâche de couverture.

Calorimétrie (A)

Chauffage des eaux de baignade.

Le fonctionnement d'une piscine municipale nécessite le chauffage et la déshumidification de la partie aérienne des bassins, représentant entre 50 et 60% de la facture énergétique.

Le chauffage de l'eau de la piscine compte pour environ 30% de cette facture et le chauffage de l'eau chaude sanitaire représente 4 à 7% de la dépense énergétique.

Informations concernant le fonctionnement de la piscine et sa réglementation :

- Une piscine olympique doit respecter des dimensions très précises : son bassin doit être long de 50,0 m, large de 25,0 m et profond de 3,0 m.
- La réglementation impose deux vidanges des bassins par an, ce qui entraîne un renouvellement complet de l'eau et donc nécessite de chauffer l'eau froide initialement à la température $\theta_f = 12,0^\circ\text{C}$ à une température $\theta_c = 25,0^\circ\text{C}$

Données concernant l'eau :

- Masse volumique : $\rho_{\text{eau}} = 1000 \text{ kg.m}^{-3}$
- capacité thermique : $c_{\text{eau}} = 4,18 \text{ kJ.kg}^{-1}.\text{K}^{-1}$

1- Chauffage de l'eau lors des deux vidanges de la piscine.

- 1) Montrer que le volume d'eau utilisé lors des deux vidanges de la piscine est $V = 7,5.10^3 \text{ m}^3$.
- 2) Exprimer l'énergie thermique Q_{vidange} à fournir pour chauffer les eaux de baignade lors des deux vidanges en fonction de ρ , V , c_{eau} , θ_c et θ_f .

Calculer sa valeur.

- 3) Quelle doit être la puissance minimale de la chaudière qui permet, au cours d'une seule vidange, de chauffer l'eau en 72 h ?

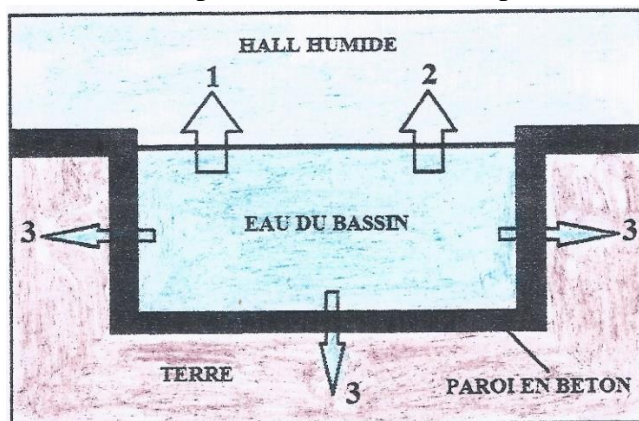
2- Chauffage de l'eau du bassin pour compenser les pertes thermiques quotidiennes.

Données :

- Par jour, on estime que les pertes thermiques représentent une énergie thermique $Q_{\text{pertes}} = 50.10^9 \text{ J jour}^{-1}$.
- La majorité des pertes thermiques se fait par évaporation évaluée à $0,240 \text{ L.h}^{-1}.\text{m}^{-2}$ de bassin.
- Chaleur latente de vaporisation de l'eau à 20°C : $L_{\text{vap}} = 2454 \text{ kJ.kg}^{-1}$.

- 1) Sur une année entière, montrer que l'énergie thermique consommée pour compenser les pertes thermiques vaut environ $Q_{\text{pertes.an}^{-1}} = 1,8.10^{13} \text{ J}$.
- 2) Justifier que dans la suite du sujet, on pourra négliger l'énergie thermique Q_{vidange} devant l'énergie thermique $Q_{\text{pertes.an}^{-1}}$.
- 3) Calculer le volume d'eau évaporé dans l'air en une journée et évacué par déshumidification.
- 4) Justifier que l'énergie thermique doit être fournie à l'eau pour qu'elle s'évapore.
En déduire la conséquence de cette évaporation sur la température des eaux du bassin.
- 5) Déterminer l'énergie thermique Q_{vap} perdue quotidiennement par l'eau du bassin par évaporation.
Quel pourcentage représente cette perte thermique sur les pertes thermiques quotidiennes ?

Le schéma ci-dessous représente les différentes pertes thermiques :



6) a- Donner le nom du mode de transfert thermique représenté par la flèche 3.

Le mode de transfert représenté par la flèche 2 peut être décrit par le texte suivant :

« La [] concerne le transfert thermique de la piscine à l'air ambiant par le mouvement de l'eau et le mouvement de l'air. La chaleur de l'eau s'échappe alors par [] dans l'air plus frais ».

b- Donner le nom de transfert thermique noirci dans le texte précédent.

c- En déduire le nom du troisième mode de transfert thermique représenté par la flèche 1.

Calorimétrie – Chimie organique (B)

Utilisation de différentes chaudières.

1- Utilisation d'une chaudière à condensation.

On utilise une chaudière à condensation pour chauffer l'eau des bassins.

On considère que le combustible utilisé est le méthane.

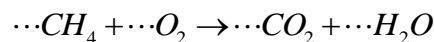
Données :

- Pouvoir calorifique supérieur du méthane : $PCS_{\text{méthane}} = 55 \text{ MJ.kg}^{-1}$

- Énergie thermique à fournir annuellement pour compenser les pertes thermiques :

$$Q_{\text{pertes.an}^{-1}} = 1,8.10^{13} \text{ J}$$

1) Ajuster l'équation de combustion du méthane suivante :



2) Montrer que la masse m de méthane, nécessaire pour chauffer les eaux de bassin en une année, est de $3,3.10^2 \text{ t}$.

Calculer la quantité de matière n correspondante.

2- Utilisation d'une chaudière numérique.

Une piste d'étude pour diminuer la consommation énergétique en gaz est l'utilisation d'une chaudière numérique.

En effet, la chaleur dégagée par le fonctionnement d'un centre de données (data center) permet de récupérer une puissance de 50 kW utile pour assurer le chauffage de l'eau des bassins et compenser les pertes thermiques.

1) Montrer que cette chaudière numérique permet de diminuer les consommations énergétiques en gaz d'environ 9%.

2) Déterminer la masse de dioxyde de carbone qui ne sera pas rejetée dans l'atmosphère grâce aux économies de chauffage réalisées grâce à l'utilisation de cette chaudière numérique.

3- Utilisation d'un système de pompe à chaleur.

Il est possible de valoriser les eaux usées en énergie grâce à une solution qui consiste à détourner une partie des eaux usées vers un échangeur thermique, afin de transférer l'énergie qu'elles contiennent vers un fluide caloporteur.

Les calories ainsi récupérées sont acheminées vers une pompe à chaleur réversible, capable de restituer l'énergie pour alimenter le réseau de chauffage ou de refroidissement.

Par exemple, au cercle des nageurs de Marseille, cette solution permet de maintenir la température des piscines olympiques à 27°C toute l'année et de préchauffer les eaux chaudes des sanitaires.

Données :

- Le coefficient de performance de la pompe à chaleur, noté COP, est le rapport entre l'énergie thermique utile Q et l'énergie électrique consommée E par la pompe à chaleur, soit : $COP = \frac{Q}{E}$

On prend $COP = 4$.

- Par jour, l'énergie électrique E nécessaire pour alimenter cette pompe à chaleur est de 3000 kWh.

- Consommation énergétique annuelle de la piscine pour compenser les pertes thermiques :

$$Q_{\text{pertes.an}^{-1}} = 1,8.10^{13} \text{ J}$$

- Quelques prix :

1 kWh d'électricité	1 tonne de méthane	Installation totale pompe à chaleur reliée au réseau des eaux usées
15 euro cents	1500 euros	600000 euros

- 1) Déterminer l'énergie utile Q liée au fonctionnement annuel de la pompe à chaleur.
- 2) Calculer le coût annuel pour l'alimentation électrique de cette pompe à chaleur.
- 3) Déterminer la durée à partir de laquelle l'installation de la pompe à chaleur, reliée au réseau des eaux usées, sera rentabilisée.

Vous êtes invité à présenter votre stratégie de résolution même si elle n'a pas complètement abouti.

Chimie organique (C)

Composition d'une bâche de couverture.

Le déploiement d'une bâche de couverture est aussi un moyen facilement accessible pour diminuer la consommation énergétique en gaz.

Utilisation d'une bâche de couverture.

Pour diminuer les consommations énergétiques, une des solutions proposées aux communes est d'installer une bâche de couverture vendue en mousse de polyéthylène.

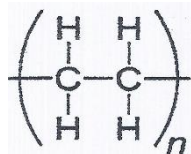
Installée pendant les heures de fermeture, celle-ci empêche l'évaporation de l'eau et permet d'arrêter le renouvellement de l'air dans le hall de la piscine.

On estime à 10 h.jour⁻¹ la durée pendant laquelle la bâche est déployée.

Ainsi, elle permet immédiatement de réduire d'environ 40% les dépenses énergétiques liées à la déshumidification et de diminuer de 40% les pertes thermiques par évaporation quotidiennes.

(<https://www.madeeli.fr/wp-content/uploads/2015/11/Guide-piscines-ADEME-REGION.compressed.pdf> (ADEM))

Cette bâche est constituée d'un polymère : le polyéthylène de formule chimique :



- 1) Donner La définition d'un polymère.
- 2) Donner la formule semi-développée du monomère permettant la formation de ce polymère.
- 3) Donner le nom en nomenclature officielle du monomère.
- 4) Donner l'équation de formation de ce polymère.
- 5) Calculer le degré de polymérisation n d'un polyéthylène dont la masse molaire moléculaire moyenne vaut 300 kg.mol⁻¹.

La roulotte hippomobile



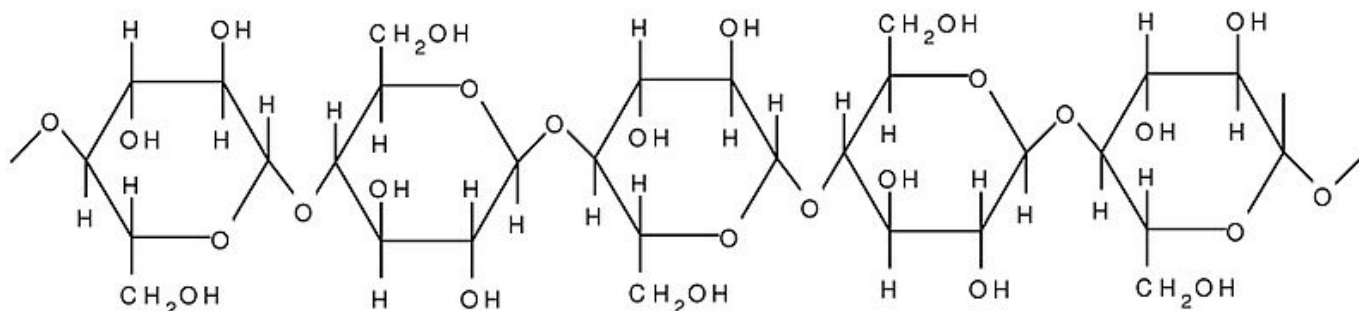
<i>Caractéristiques</i>	<i>Équipements typiques</i>
<ul style="list-style-type: none"> • Châssis acier mécano-soudé • Suspensions sur les quatre roues • Rond d'avant train à billes • Freins à main et à pied (frein à disques hydrauliques) • Brancard ou timon adapté • Construction contreplaqué marine d'épaisseur 15 mm • Peinture marine intérieur et extérieur • Option train avant pendulaire • Une roulotte tout équipée de 4 m par 2 m pèse 750 kg. 	<ul style="list-style-type: none"> • Panneaux solaires • WC chimiques ou toilettes sèches • Un lit fixe (le plus souvent 120 cm) • Rangements • Électricité (alimentation 12 V, sur batterie rechargeable par panneau solaire) • Cuisine avec deux feux gaz et lavabo • Pompe à pied ou électrique • Réservoir d'eau propre dans le coffre arrière • Table • Banquette pouvant se transformer en second couchage • Isolation des parois, du plancher et du plafond, (résistance thermique surfacique r_{th} supérieure ou égale à $4 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$, norme BBC 2012).

1- Construction de la roulotte et polymères.

Chimie organique

Le bois, matière première du contreplaqué.

Le bois contient de la cellulose qui est un polymère dont la structure est la suivante :



- 1) Identifier le motif en l'entourant sur la structure précédente.
- 2) Donner sa formule brute.

Le nombre de motifs moyen d'un polymère est noté « $\overline{DP_n}$ ».

- 3) Comment nomme-t-on $\overline{DP_n}$?


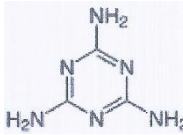
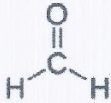



La masse molaire moyenne de cette molécule est égale à 810 kg.mol⁻¹.

- 4) Démontrer que le degré de polymérisation moyen vaut 5000.

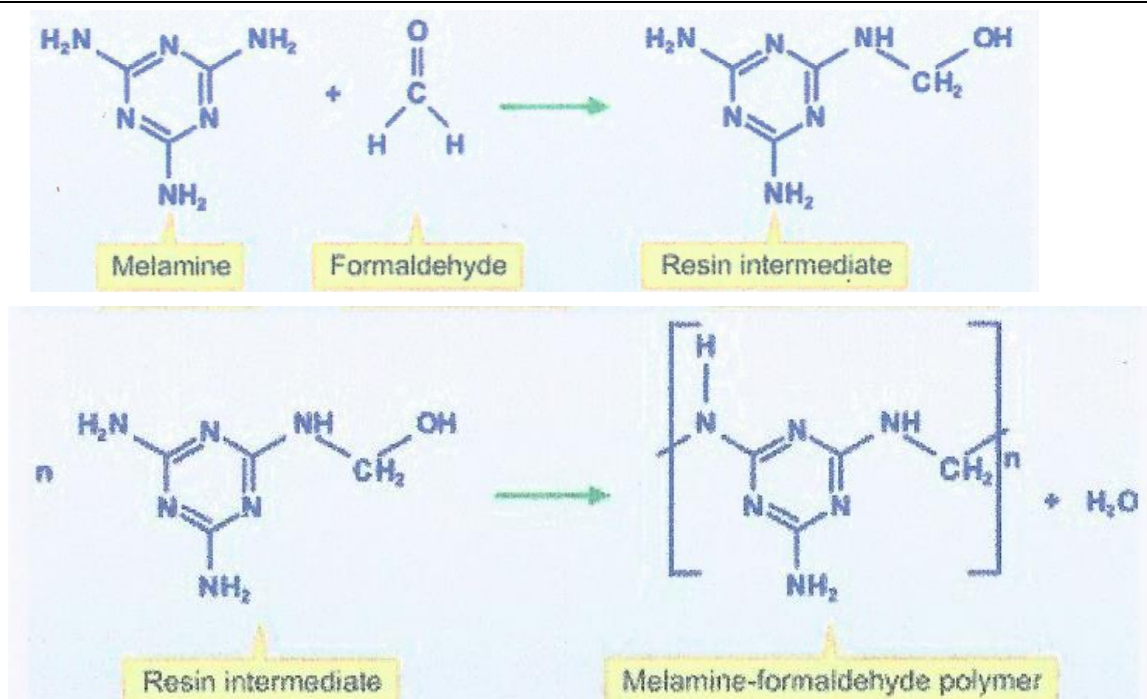
La roulotte comporte 453 kg de bois considéré comme de la cellulose pure ($m_{\text{cellulose}} = 453 \text{ kg}$).

- 5) Quelle quantité de matière de cellulose cela représente-t-il ?

Colle utilisée pour le contreplaqué.

Contreplaqué	
<p>Un panneau en contreplaqué est un panneau à base de bois obtenu par collage de couches adjacentes à fils croisés habituellement à angles droits.</p> <p>L'épaisseur d'un panneau varie entre 1 et 50 mm.</p> <p>Les différentes épaisseurs de bois sont <i>encollées</i> avec de la colle mélamine-formol pour le contreplaqué marine, ou urée-formol pour le contreplaqué ordinaire.</p>	
Constituants de la colle pour le contreplaqué marine	
<p>Mélamine</p> 	<p>Formol (formaldéhyde)</p>  <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;"> <div style="text-align: center;">  1 </div> <div style="text-align: center;">  2 </div> <div style="text-align: center;">  3 </div> </div>

Mécanisme réactionnel de la formation de la colle mélamine-formol



<https://www.nextgurukul.in/wiki/concept/cbse/class-12/chemistry/polymers/condensation-polymerisation/3961775>

La mélamine est un polymère mélamine-formaldéhyde formé par la réaction entre la mélamine et le formaldéhyde, ce qui entraîne la formation d'un intermédiaire de résine.

La résine intermédiaire subit une polymérisation pour former un polymère de mélamine.

Les aminoplastes, comme les colles urée-formol et mélamine-formol peuvent être produits en blanc et en teintes claires, ce qui permet de les utiliser comme matériaux de surface ; et ils résistent à la lumière.

Ils présentent une dureté et une rigidité exceptionnelles, ainsi qu'une très grande résistance à l'abrasion.

Les produits ont une bonne tenue à la plupart des solvants, sont peu sensibles à l'hydrolyse et à la lumière, et sont difficilement inflammables.

Concernant leurs différences :

- urée-formol : leur reprise d'eau importante limite la stabilité dimensionnelle.
- mélamine-formol : reprise d'eau faible (amélioration de la stabilité), dureté et des résistances thermique et chimique améliorées.

6) Expliquer l'intérêt d'utiliser un contreplaqué « marine », plutôt qu'un contreplaqué classique.

7) Indique la signification des pictogrammes (numérotés de 1 à 3) associés au formol.

Quelles précautions doit-on prendre lors de l'utilisation de cette substance ?

La formation de la colle mélamine-formol est une polymérisation dont le mécanisme réactionnel est proposé ci-dessus.

8) Indiquer s'il s'agit d'une polymérisation par addition ou par condensation.

Justifier.

Thermique

Isolation thermique.

On assimile la roulotte à un parallélépipède rectangle de longueur $L = 4,0 \text{ m}$, largeur $\ell = 2,0 \text{ m}$ et hauteur $h = 2,2 \text{ m}$.

Pour respecter la norme BBC 2012, les parois (murs, sol et plafond) doivent présenter une résistance thermique surfacique r_{th} supérieure ou égale à $4 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$.

1) Déterminer le flux thermique Φ traversant l'ensemble des parois pour une température extérieure $\theta_e = 0^\circ\text{C}$, une température intérieure $\theta_i = 20^\circ\text{C}$ et une résistance thermique surfacique $r_{th} = 4 \text{ m}^2 \cdot \text{K} \cdot \text{W}^{-1}$.

(On ne tiendra pas compte des ouvertures)

Donnée :

- Loi liant le flux thermique, les températures intérieure et extérieure, la résistance thermique surfacique et la surface S de la paroi : $\Phi = \frac{S}{r_{th}}(\theta_i - \theta_e)$.

La roulotte est occupée par deux personnes (apport de 100 W chacune).

2) Faut-il utiliser un chauffage d'appoint si l'on souhaite avoir une température intérieure qui reste supérieure à 18°C ?

Les parois latérales, le plancher et le toit de la roulotte sont composés de deux plaques de contreplaqué d'épaisseur $e_{cp} = 15$ mm chacune entre lesquels est inséré un isolant thermique d'épaisseur e .

Données :

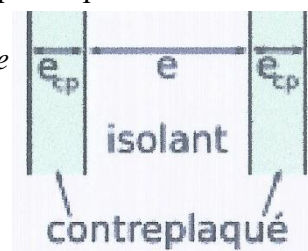
- Loi liant conductivité thermique λ et résistance thermique surfacique

pour un unique matériau d'épaisseur e : $r = \frac{e}{\lambda}$.

- Conductivités thermiques ($W.m^{-1}.K^{-1}$) :

- polystyrène expansé $\lambda_{pe} = 0,033$

- contreplaqué $\lambda_{cp} = 0,11$



3) Quelle doit-être l'épaisseur minimale de l'isolant thermique si on utilise du polystyrène expansé ?

4) Comment faire en sorte de réduire l'épaisseur des parois afin de gagner en place dans la roulotte ?

2- Automatisation des feux de route.

Photométrie



Afin d'être vue la nuit, la roulotte doit être équipée de feux blancs arrière et avant, alimentés par la batterie présente à bord (12 V).

Notre étude portera sur :

- le choix entre deux types de lampes.
- l'autorisation de l'éclairage des feux de route lorsque l'éclairement devient inférieur à 1000 lux.

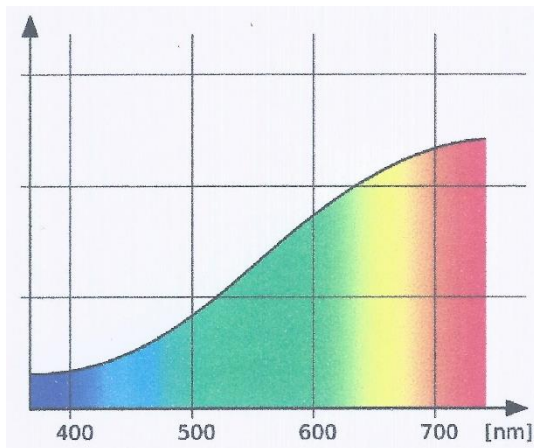
La commande automatique de l'allumage ou de l'extinction se fait à l'aide d'un microcontrôleur.

Deux types de lampes de voiture.

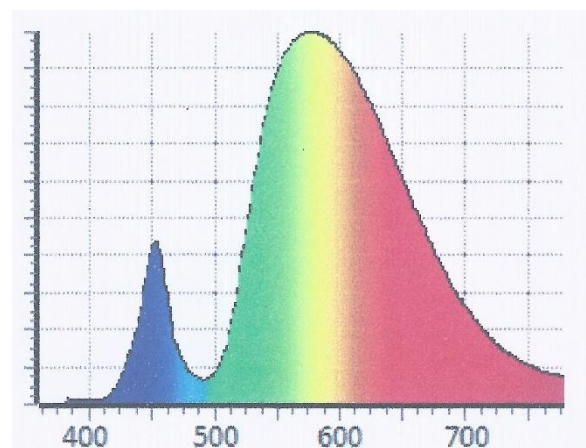
Lampes de voiture	Caractéristiques
LED 	<ul style="list-style-type: none"> • Type de culot : BA155 • Puissance nominale : 4 W • Puissance équivalente (si applicable) : 15 W • Durée de vie : 15000 h • Flux lumineux : 110 lm • Nombre de cycles de commutation : 30000 • Classe énergétique : A⁺ • Température de couleur : 2700 K • Indice de rendu des couleurs (IRC) : > 90 • Teneur en mercure : 0 mg • Durée d'allumage (s) : luminosité totale instantanée
Incandescence 	<ul style="list-style-type: none"> • Type de culot : BA155 • Puissance nominale : 15 W • Puissance équivalente (si applicable) : 15 W • Durée de vie : 2000 h • Flux lumineux : 92 lm • Nombre de cycles de commutation : 8000 • Classe énergétique : C ou D • Température de couleur : 2850 K • Indice de rendu des couleurs (IRC) : > 98 • Durée d'allumage (s) : luminosité totale instantanée

Spectres d'émission des lampes en fonction de la longueur d'onde (de 400 à 800 nm)

A



B



- 1) Attribuer à chaque lampe (LED ou Incandescence) le spectre correspondant (A, B).
- 2) Expliquer la différence entre la « puissance nominale » et la « puissance équivalente ».
- 3) Comparer l'efficacité énergétique théorique pour chacune des lampes.

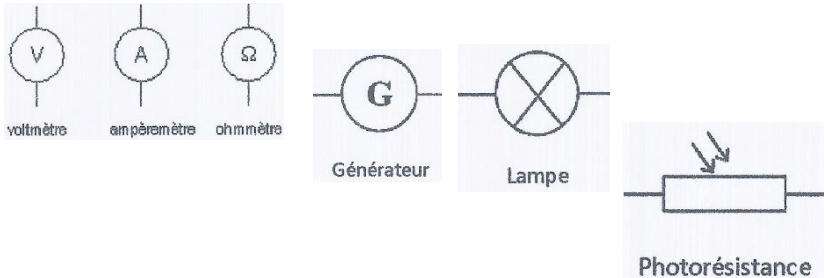
Donnée :

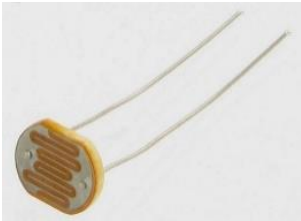
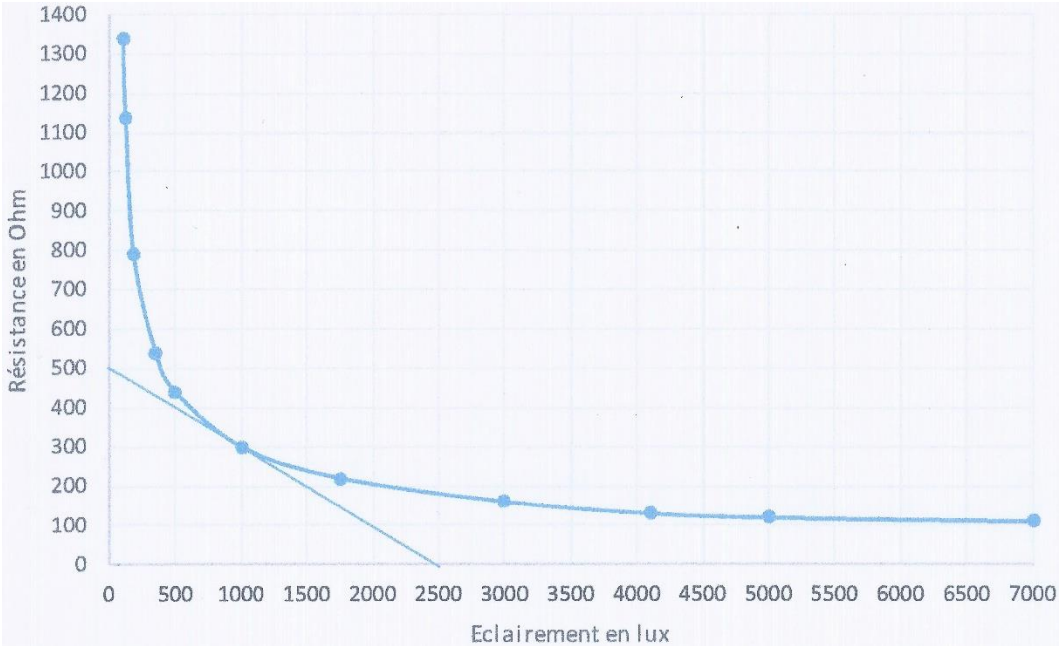
$$\text{efficacité théorique : } e = \frac{\text{Flux lumineux (lm)}}{\text{Puissance nominale (W)}}$$

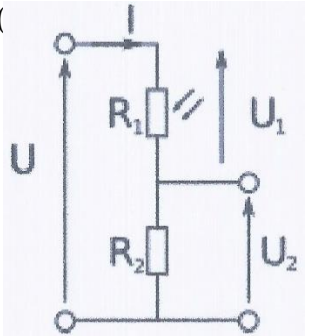
- 4) Quelle lampe choisir pour équiper la roulotte ?
Justifier la réponse.

Détection de la luminosité par photorésistance.

Afin d'automatiser l'éclairage des feux, on envisage une chaîne capteur-microcontrôleur utilisant comme capteur une photorésistance.

Liste du matériel à disposition	Symboles
Deux multimètres Fils de connexion Lampe LED Lampe à incandescence Support de lampe BA155 Luxmètre Photorésistance Générateur de tension 12 V en continue	

Photorésistance (résistance électrique, dont la valeur dépend de la luminosité ambiante)	
	Caractéristiques Type : Sodarlab 406806 Surface sensible : 0,7 cm ² Résistance à 1000 lx : 300 Ω Prix : 6,00 € pièce
	

Chaîne de commande	
<p>Pour un capteur passif tel que la photorésistance, la variation de la grandeur d'entrée modifie sa résistance, sa capacité ou son inductance.</p> <p>Ces grandeurs physiques ne sont pas directement utilisables par un microcontrôleur, mais nécessitent d'être conditionnées avec un pont diviseur de tension.</p>	<p>Tension d'alimentation du circuit : $U = 12\text{ V}$ Tension d'entrée du microcontrôleur : $U_2\text{ (V)}$ Résistance variable (photorésistance) : $R_1\text{ (Ω)}$ Résistance fixe de référence : $R_2\text{ (Ω)}$</p> <p>Relation :</p> $U_2 = U \times \frac{R_2}{R_1 + R_2}$ 

- 5) Quelle est la grandeur d'entrée de la photorésistance ? la grandeur de sortie ?
- 6) À partir de tout ou partie du matériel listé, proposer un protocole permettant d'obtenir la caractéristique de la photorésistance.
Faire le schéma du montage proposé.
- 7) La photorésistance est-elle un capteur linéaire ?
Justifier.
- 8) Démontrer que sa sensibilité pour un éclairement de 1000 lx vaut environ $0,20 \Omega \cdot \text{lx}^{-1}$.
- 9) Quelle sera la valeur de la résistance de la photorésistance pour un éclairement de 1000 lx ?

On règle le microcontrôleur pour que les feux de route s'allument lorsque l'éclairement devient inférieur à 1000 lx.

- 10) Déterminer la résistance R_2 pour que l'allumage se produise lorsque la tension d'entrée du microcontrôleur devient inférieure à 4 V.

TP

Le barrage hydroélectrique de Sarrans (Département de l'Aveyron)

De type « poids », le barrage de Sarrans est implanté à 70 km de la ville de Rodez sur les communes de Brommat et de Sainte-Geneviève-sur-Argence en Aveyron et sur le Cantal.

La retenue d'eau est la huitième plus importante de France.

Avec 183 MW de puissance installée, le site hydroélectrique de Sarrans produit chaque année l'équivalent de la consommation résidentielle annuelle de 112000 habitants. (Source EDF)



La centrale fournit une énergie propre et renouvelable.

Elle s'intègre dans un environnement préservé.

La construction en béton de cet édifice a débuté en 1929 et sa mise en service a eu lieu en 1934.

En 2014, EDF a procédé à l'examen technique complet du barrage par vidange totale.

Le sujet porte sur l'étude de la statique et de la dynamique de l'eau du barrage, puis sur la surveillance de l'édifice par une technique acoustique.

Une étude du béton ayant servi à la construction du barrage clôture le sujet.

Ces trois parties sont indépendantes et peuvent être traitées dans n'importe quel ordre.

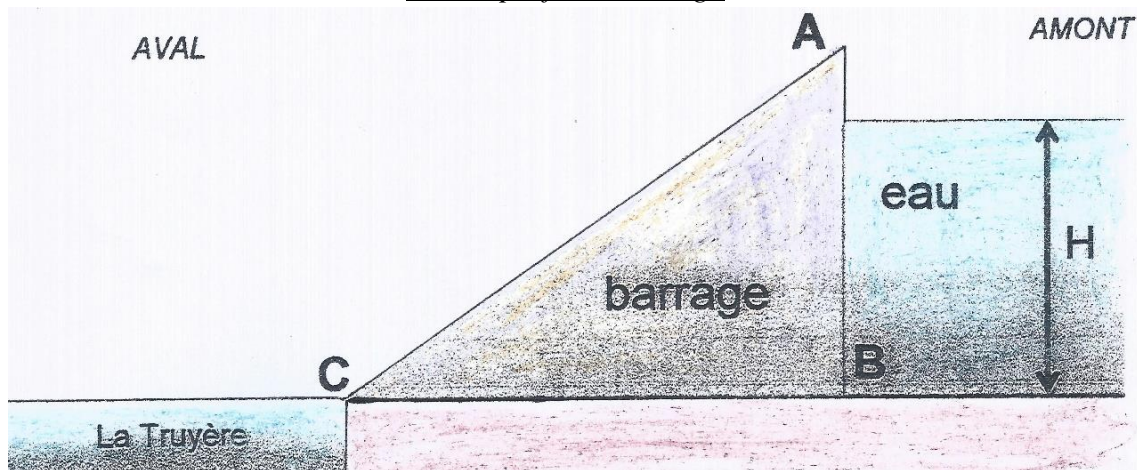
Partie 1 : Étude de la statique et de la dynamique de l'eau du barrage.

Partie 2 : La surveillance du barrage.

Partie 3 : Le béton de construction du barrage.

Mécanique des fluides (1)

Vue de profil du barrage.



Données :

- **Caractéristiques du barrage :**
 - Hauteur (depuis le lit de la rivière) : $AB = 105 \text{ m}$
 - Longueur : $L = 225 \text{ m}$
 - Épaisseur : $BC = 75 \text{ m}$
- Profondeur de l'eau au pied du barrage : $H = 95,0 \text{ m}$
- **Masses volumiques :**
 - $\rho_{\text{béton}} = 4000 \text{ kg.m}^{-3}$
 - $\rho_{\text{eau}} = 1000 \text{ kg.m}^{-3}$
- Intensité de la pesanteur : $g = 9,81 \text{ N.kg}^{-1}$

- La masse d'un corps (kg) correspond au produit de la masse volumique de ce corps (kg.m^{-3}) avec son volume (m^3).
- La valeur du poids (N) d'un corps est le produit de la masse (kg) de celui-ci avec l'intensité de la pesanteur (N.kg^{-1}).
- La valeur de la force pressante exercée par un fluide sur une paroi plane verticale est égale au produit de la surface de cette paroi par la valeur de pression relative du fluide à mi-profondeur de la paroi (soit $H/2$).
- En ne prenant en compte que l'action de l'eau sur la paroi interne du barrage, l'épaisseur minimale du barrage (BC_{\min}) correspond à l'égalité des valeurs du poids du béton (P) et de la force pressante (F) exercée par l'eau sur la paroi verticale, il y a stabilité du barrage si $P \geq F$.

- Aires : triangle : $\frac{\text{base} \times \text{hauteur}}{2}$ et disque : $\pi \times \text{rayon}^2$

- En écoulement permanent, le débit volumique moyen dans une canalisation ($\text{m}^3.\text{s}^{-1}$) est le produit de la section droite de la canalisation (m^2) avec la vitesse moyenne du fluide à travers cette section (m.s^{-1}).
- Pour deux points, E (point d'entrée) et S (point de sortie), situés sur une même ligne d'écoulement d'un fluide supposé parfait, incompressible et en écoulement permanent, la conservation de l'énergie se

traduit par la relation de Bernoulli : $P_S + \rho.g.z_S + \frac{1}{2}\rho.v_S^2 = P_E + \rho.g.z_E + \frac{1}{2}\rho.v_E^2 + \frac{P_u}{D_v}$

- P_E et P_S : pressions du fluide en E et S (Pa)
- v_E et v_S : vitesses moyennes du fluide en E et S (m.s^{-1})
- z_E et z_S : altitudes des points E et S (m)
- D_v : débit volumique moyen ($\text{m}^3.\text{s}^{-1}$)
- ρ : masse volumique du fluide (kg.m^{-3})
- g : accélération de la pesanteur (m.s^{-2})
- P_u : puissance échangée par l'extérieur avec le fluide entre E et S (W). Pour une turbine, $P_u < 0$ car le fluide fournit la puissance à la turbine.

- Conversions : $1 \text{ MW} = 10^6 \text{ W}$ et $1 \text{ mL} = 10^{-3} \text{ L}$

1- Étude de la statique de l'eau du barrage.

- 1) Exprimer, puis calculer la pression relative de l'eau à la base du barrage (B).
- 2) Montrer que l'intensité de la force pressante, notée F , exercée par l'eau sur la paroi verticale du barrage est d'environ 1.10^{10} N .
- 3) Indiquer les caractéristiques de cette force pressante : sens, direction et point d'application.

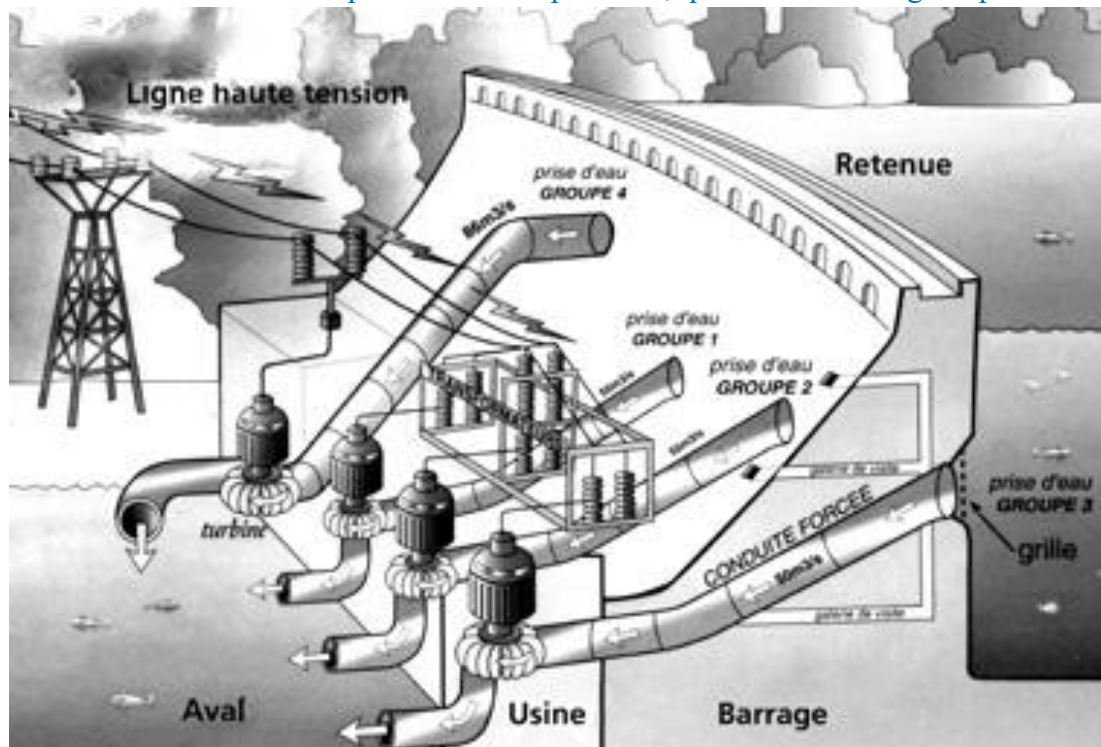
Pour assurer une grande stabilité à l'ouvrage, l'épaisseur du barrage est environ 3,5 fois supérieure à l'épaisseur minimale, notée BC_{\min} , nécessaire à la stabilité.

- 4) Vérifier que le barrage respecte cette condition de stabilité.

2- Étude de la dynamique de l'eau du barrage.

L'étude qui suit porte sur la dynamique de l'eau du barrage dans l'un des « trois groupes » identiques du barrage, installés dès l'origine de sa construction.

L'eau est ici considérée comme un fluide parfait et incompressible, qui s'écoule en régime permanent.



Comment ça marche ?

L'usine comprend quatre turbines : trois sont identiques, avec pour chacune, une puissance de 40 MW, la dernière (groupe 4), installée en 1984, amène la puissance totale de l'usine à 183 MW.

Dans chaque groupe, l'eau retenue derrière le barrage, est amenée sous pression vers l'usine, via une conduite forcée, sur une turbine qu'elle met en rotation.

Un axe vertical relie la turbine à son alternateur qui, en tournant, transforme l'énergie mécanique en énergie électrique.

L'électricité ainsi produite est évacuée sur le réseau par le transformateur, via une ligne de 225000 V. À la sortie de la turbine, l'eau rejoint la Truyère par une canalisation du même diamètre que la conduite forcée.

Données :

- Diamètre moyen des conduites forcées et canalisations des trois premiers groupes, installés à l'origine : 3 m.
- Débit moyen en eau pour chacune des turbines de ces trois premiers groupes : $D_m = 5,0.10^4 \text{ kg.s}^{-1}$.
- Débit volumique total « turbiné » : il est de $236 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$, dont $86 \text{ m}^3.\text{s}^{-1}$ pour la dernière turbine installée.

(Source EDF)

- 1) Calculer le débit volumique de l'eau, noté D_v , à la sortie d'une de ces turbines.
- 2) Montrer que dans une canalisation, la vitesse moyenne d'écoulement de l'eau, notée v_{eau} , est proche de 7 m.s^{-1} .

L'eau s'écoulant de la retenue (en amont) vers la Truyère (en aval), on considère pour la question suivante comme point d'entrée (E), un point à la surface de l'eau de la retenue, et comme point de sortie (S), un point à la surface de l'eau de la Truyère, en sortie de canalisation (v_s non nul).

L'origine des altitudes sera un point à la surface de la Truyère.

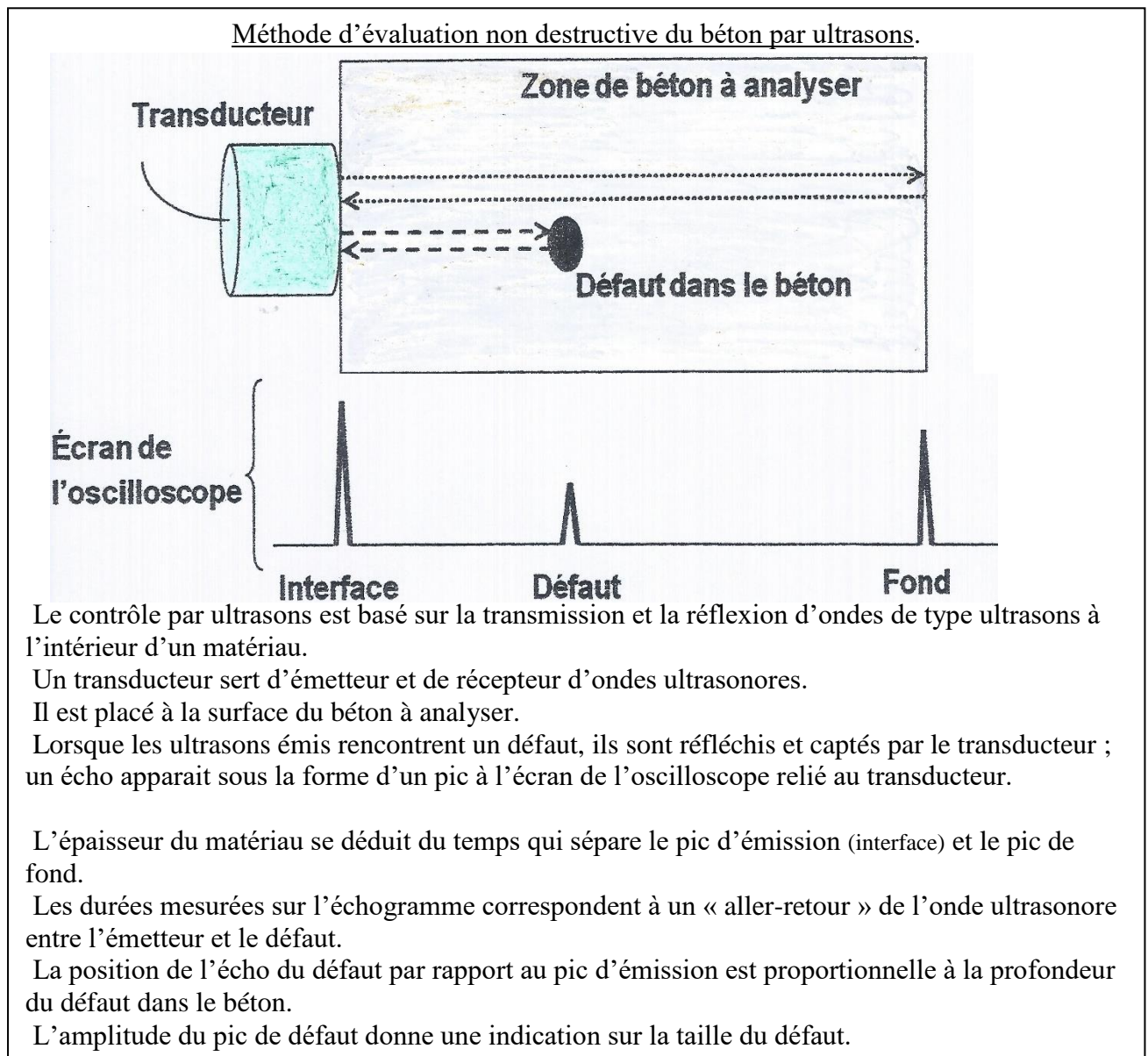
- 3) En appliquant la relation de Bernoulli, calculer la puissance utile d'une turbine.
- 4) Citer une des causes expliquant que la puissance utile de la turbine calculée précédemment soit supérieure à la puissance annoncée pour chacune des trois turbines.

Acoustique (2)

La surveillance du barrage.

Comme tous les barrages, celui de Sarrans fait l'objet d'une surveillance régulière pour détecter, entre autres, le vieillissement du béton.

Parmi les nombreuses méthodes d'évaluation non destructives, les ondes ultrasons peuvent être utilisées.



Le béton utilisé pour la construction du barrage est considéré comme un matériau homogène, isotrope et de bonne qualité.

Données :

Matériau	Vitesse du son ($m.s^{-1}$)					
Air	340					
Eau ($0^{\circ}C$ à $20^{\circ}C$)	1500					
Béton (qualité)	≥ 4500 excellente	4000 bonne	3500 assez bonne	3000 moyenne	2000 médiocre	< 2000 mauvaise

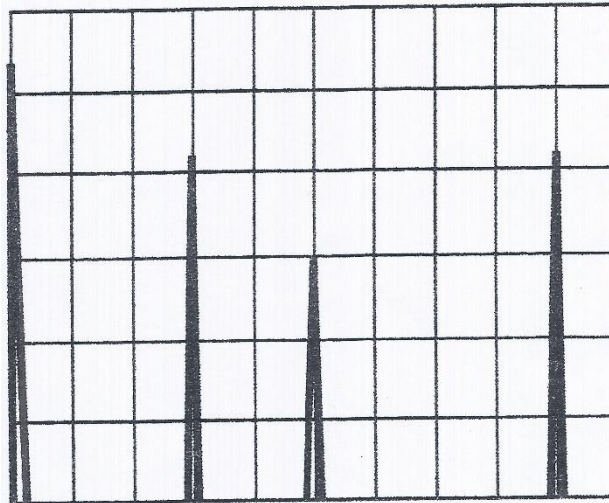
1) Sans tenir compte des différences de célérité, rappeler la différence majeure entre une onde électromagnétique et une onde sonore.

Les sons audibles par l'Homme ont une fréquence comprise entre 2.10^1 Hz et 2.10^4 Hz.

Les ondes ultrasonores utilisées pour le contrôle du béton ont une période de $0,2.10^{-6}$ s.

2) Justifier que les ultrasons ne sont pas audibles par les techniciens en charge du contrôle du béton.

Lors du contrôle d'une zone du béton, l'échogramme ci-après a été obtenu avec une sensibilité horizontale de $0,55 ms.div^{-1}$.



3) Déterminer l'épaisseur de la zone de béton étudiée.

4) Justifier la différence d'amplitude des deux pics extrêmes.

5) Combien de défaut(s) comporte le barrage dans la zone étudiée ?

Justifier.

Solution aqueuse (3)

Le béton du barrage.

Matériau composite, le béton est un mélange de ciment, de granulats et d'eau.

Entre également dans la composition du béton des barrages des armatures en acier, des plastifiants comme la chaux (pour le rendre moins perméable), des pouzzolanes (pour accroître étanchéité et compacité de l'ouvrage) et divers adjuvants.

Le ciment est le liant hydraulique qui assure, par hydratation, la cohésion des granulats.

Il est essentiellement constitué de chaux vive (CaO), de silice (SiO_2), d'alumine (Al_2O_3) et en moindre quantité de l'oxyde de fer (Fe_2O_3).

L'hydratation du béton est exothermique.

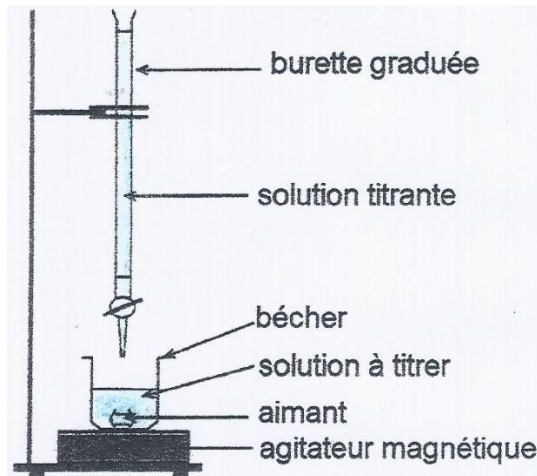
1) Définir ce qualificatif.

2) Écrire l'équation d'hydratation de la chaux vive (appelée aussi réaction d'extinction) qui conduit à la formation d'hydroxyde de calcium.

On considère un ciment de bonne qualité s'il contient un pourcentage massique de calcium supérieur à 30%.

Pour vérifier si cette proportion est respectée dans le ciment ayant servi à la construction du barrage, on effectue un titrage complexométrique des ions calcium présents dans une solution de ciment réalisée à partir d'un échantillon de ciment du barrage.

Méthodologie du titrage complexométrique des ions calcium présents dans un ciment.



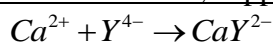
• Préparation de la solution à titrer.

La solution à titrer est celle qui contient les ions calcium, Ca^{2+} : il s'agit d'une solution de ciment. Pour réaliser cette solution de ciment, 1,0 g de ciment a été dissous dans de l'acide chlorhydrique. La solution obtenue a été filtrée afin de retirer la silice (solide blanc). Au filtrat a été ajouté de l'eau distillée dans une fiole jaugée de 1,0 L.

• Protocole du titrage des ions calcium contenus dans la solution initiale de ciment.

- 20 mL de solution de ciment (solution à titrer) ont été prélevés à l'aide d'une pipette graduée et placés dans un bécher, contenant un aimant, l'ensemble reposant sur un agitateur magnétique.
- Quelques gouttes de solution tampon et d'indicateur coloré ont été rajoutées dans le bécher.
- Tout en agitant la solution à titrer, la solution titrante (solution d'EDTA), dont la concentration molaire volumique est de $1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$, a été versée goutte à goutte jusqu'à l'apparition d'une teinte bleue clair dans le bécher, signalant que l'équivalence est atteinte.
- Le volume de solution titrante versé est de 16,0 mL.

• Équation de la réaction, support du titrage.



La solution d'EDTA apporte des ions complexes, noté Y^{4-} , formant avec les cations Ca^{2+} des composés stables, notés CaY^{2-} .

À l'équivalence, les réactifs ont réagi totalement dans les conditions stœchiométriques :

$$\frac{n_{\text{ions calcium}}}{1} = \frac{n_{\text{ions complexes}}}{1}$$

$n_{\text{ions calcium}}$: Quantité d'ions calcium initialement présente

$n_{\text{ions complexe}}$: Quantité d'ions complexe ajoutée à l'équivalence

Rappels : la concentration molaire volumique d'une espèce chimique, cotée C , dans un volume V de solution, est égale au rapport de la quantité de matière de l'espèce chimique (mol), noté n , sur le volume de la solution : $C = \frac{n}{V}$ donc $n = C \times V$.

3) Vérifier que la concentration molaire volumique en ion calcium dans la solution de ciment est $8,0 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$.

4) En déduire la masse d'ions calcium dans la solution de ciment.

5) Le ciment utilisé à la construction du barrage est-il de bonne qualité ? Justifier.

Bilan des sujets 2019

Sujets 2019

Physique

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

Chimie

Chimie organique : 3
 Oxydoréduction :
 Solutions aqueuses : 3

Bilan global

BTS	?...2019
B	1990...
EEC	1991...
TP	1991...
SCBH	1992...
EB	1996...2017
AF	1999...

Physique

Acoustique : 71
 Calorimétrie : 26_{sujets} et 20_{extraits}
 Mécanique : 16
 Mécanique des fluides : 63
 Photométrie : 37
 Rayonnement : 7
 Thermique : 81
 Thermodynamique de gaz parfaits : 20

Chimie

Chimie organique : 84
 Oxydoréduction : 50
 Solutions aqueuses : 47

Acoustique... $P_0=10^{-12}W$, $I_0=10^{-12}W.m^{-2}$, $p_0=2.10^{-5}Pa$	af 2019	tp 2019
<u>...physique</u>		
$\omega = 2\pi.f$; $T = 1/f$; $\lambda = C.T$; $i = f_2/f_1$		
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		
$\eta = P_a/P$		
$N_w = 10 \log (P_a/P_0)$		
$P_a = P_0.10^{0.1.N}$		
$S = \Omega.R^2$; source isotrope : $\Omega = 4\pi$		
$I = P_a/S$		
$I/I_0 = (p/p_0)^2$		
$I = p_e^2/(\rho.C)$		
$I_1/I_2 = (R_2/R_1)^2$		
$N_i = 10 \log (I/I_0) = N_p$		
$I = I_0.10^{0.1.N}$		
$N_p = 20 \log (p/p_0) = N_i$		
$p = p_0.10^{0.05.N}$		
$I_{\Delta f} = I_{spectral} \cdot \Delta f$; $N = N_{spectral} + 10 \log \Delta f$		
$dB(A) = dB + gain$		
$I_{total} = \Sigma I$; $N_{totale} = 10 \log \Sigma 10^{0.1.N}$		
<u>...bâtiment</u>		
$A = \Sigma \alpha_i.S_i$		
<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		
$\tau = I_{transmise}/I_{incidente}$; $r = I_{réfléchie}/I_{incidente}$ $\tau = P_t / P_i$; $r = P_r / P_i$		
$R = -10 \log \tau = 10 \log (1/\tau)$		
$\tau = 10^{-0.1.R}$		
$D_b = N_1 - N_2$; $D_b = R + 10 \log (A/S) = 10 \log (A/\tau.S)$		
$\Delta N = 10 \log (A_1/A_2) = 10 \log (T_2/T_1)$		
$D_n = D_b + 10 \log (T/0,5)$		
$\sigma = \rho.e$		
$R = a + b \log (c.\sigma)$; a, b, c : constantes		
loi de masse		
loi de fréquence		
fréquence critique, résonnance, ΔR		
paroi discontinue : $\tau = \Sigma \tau_i.S_i / \Sigma S_i$ $D_b = 10 \log (A / \Sigma \tau_i.S_i) = R + 10 \log (A / \Sigma S_i)$		

Sujets	eec 2019
Calorimétrie	
définitions	
$Q = m.c.\Delta\theta$	
$Q = n.C.\Delta\theta$ ($C_p : C_v = \gamma$)	
$Q = C.\Delta\theta$	
$Q = m.L$	
$\Sigma Q_i = 0$	
$Q(E) = P.t$	
$m = \rho.V$	
t(temps) ; d(débit)	
η : rendement %	
coût	
pouvoir calorifique P_c	
$Q = n.P_c$	
$n = m/M$, $n = V/V_{\text{molaire}}$	
$P.C.S = P.C.I + m.L$	
$p.V = n.RT$	
Transfert de chaleur	

MECANIQUE des FLUIDES	b 2019	tp 2019
hydrostatique		
$d_{\text{fluide}} = \rho_{\text{fluide}} / \rho_{\text{fluide référent}}$		
$\rho_{\text{gaz}} = \rho_0 \cdot (P / P_0) \cdot (T_0 / T)$		
$\rho_{\text{mélange}} = \sum \rho_i \cdot V_i / \sum V_i$ $d_{\text{mélange}} = \sum d_i \cdot V_i / \sum V_i$		
$P \cdot V_{\text{gaz}} = n \cdot R \cdot T$		
Principe : $\Delta P = \rho \cdot g \cdot h$ ($P_2 - P_1$)		
Pression absolue : $P_2 = P_1 + \rho \cdot g \cdot h$		
Pression relative : $P_2 = \rho \cdot g \cdot h$ ($P_1 = P_{\text{atm}}$)		
$F = P \cdot S$ (surface horizontale)		
$F = \int p \cdot dS$ (surface verticale)		
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		
$Q_v = S \cdot v$; $Q_m = \rho \cdot Q_v$		
$S_{\text{circulaire}} = \pi \cdot R^2 = \pi \cdot (D^2 / 4)$		
$V_2 = V_1 \cdot (D_1 / D_2)^2 = V_1 \cdot (S_1 / S_2)$		
$t = \text{Volume} / Q_v = m / Q_m$		
$(m / \rho) \cdot (P_2 - P_1) + \frac{1}{2} m \cdot (v_2^2 - v_1^2) + m g (z_2 - z_1) = E$ (Bernouilli)		
Ecoulement « libre » : $E = 0$ $P + \frac{1}{2} \rho \cdot v^2 + \rho \cdot g \cdot z = \text{constante}$ $v = \sqrt{2g \cdot h}$ (à l'air libre)		
Ecoulement forcé : $E \neq 0$ Si $m = Q_m$: $E = P$		
$E = P \cdot t$		
Approximations : $v \approx 0$ (grande surface) $P = P_{\text{atmosphérique}}$ (à l'air libre)		
Tube de Pitot		
Travail ; $E_c = \frac{1}{2} m \cdot v^2$; $E_p = m \cdot g \cdot h$		
$G = L^\alpha \cdot M^\beta \dots$, unités		
Pourcentage		

<u>PHOTOMETRIE</u>	scbh 2019
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)	
$\Omega = 2\pi \cdot (1 - \cos \theta)$	
$d\Omega = dS \cdot \cos \theta / r^2$	
$d\Omega = 2\pi \cdot \sin \theta \cdot d\theta$	
<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 : $M = t \cdot E$ ($t = \Phi_{\text{transmis}} / \Phi_{\text{incident}}$)	
Lampes	
Cellule photovoltaïque	
Descartes...	
Pourcentage - Rendement	

THERMIQUE	af 2019	b 2019	scbh 2019
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 $r = \Sigma e_i / \lambda_i + \Sigma r_s + \Sigma r_j$			
$U = 1 / r$			
$R = r / S$			
Ponts thermiques: $\Sigma \Psi_j \cdot \ell_j + \Sigma \chi$			
Paroi discontinue $U_{bat} = (\Sigma U_{i,i} \cdot S_i + \Sigma \Psi_j \cdot \ell_j + \Sigma \chi) / \Sigma S_i$			
$\varphi = U \cdot \Delta\theta = \Delta\theta / r$			
(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 – 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			
Maison passive			

CHIMIE ORGANIQUE	af 2019	eec 2019	scbh 2019
$n = m / M ; n = V_{\text{gaz}} / V_{\text{molaire}}$			
Nomenclature			
Isomères			
Alcanes C_nH_{2n+2}			
Alcènes C_nH_{2n}			
Alcynes C_nH_{2n-2}			
Autres : benzène C_6H_6 , chloro.,...			
Formule et pourcentage massique			
Densité et aération			
Combustion complète		CH ₄	
$V_{\text{air}} = 5 \cdot V_{\text{dioxygène}}$			
CO ₂ et effet de serre (GES)			
Energie thermique E, pouvoir calorifique			
$E = P \cdot t$			
$P.C.S = P.C.I + m.L_{\text{liquéfaction}}$			
$Q_1 = m.c.\Delta\theta ; Q_2 = m.L$			
Combustion incomplète			
Substitution			
Addition			
Elimination			
Craquage (pyrolyse)			
Estérification			
Polymérisation : polyaddition $x.\text{monomère} \rightarrow \text{polymère}$ $(\text{motif})_x$	PS	PE	
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. <i>Incertitude relative</i>			

<u>OXYDOREDUCTION</u>	af 2019
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	
Couple M^{x+} ion métallique / Métal	
Classification des métaux réducteurs	
Couple H^+ aqueux / H_2	
Règle du gamma	
Réduction <i>Oxydant 1</i> + $x e^- \rightarrow$ <i>Réducteur 1</i>	
Oxydation <i>Oxydant 2</i> + $y e^- \leftarrow$ <i>Réducteur 2</i>	
<u>Oxydoréduction</u> <i>...Oxydant 1</i> + <i>...Réducteur 2</i> \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 C.mol ⁻¹ (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	

Solution acide . Solution basique Solution aqueuse...autre	af 2019	b 2019	tp 2019
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			
mono acide faible AH $\text{AH} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+_{\text{aq}} + \text{A}^-_{\text{aq}}$ Réaction partielle			
mono base 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 $C = (C_1 V_1 + C_2 V_2) / (V_1 + V_2)$			