

CHIMIE

Techniques expérimentales :

- Spectroscopie UV visible : principe et application à la détermination d'une concentration ou d'une quantité de matière.
Questions du jury sur la question simple :
 - Quelles sont les limites de la loi de Beer Lambert ?
 - Quelles sont les unités de ρ , ϵ et C dans la loi de Beer Lambert ?
 - Pourquoi prend-on le maximum d'absorbance ? En quoi cela réduit les incertitudes ?
 -
- Conductimétrie : principe, matériel, application au suivi d'un titrage ;
Questions du jury sur la question simple :
 - formule liant conductivité et concentrations en quantité de matière des espèces ioniques.
 - Dans quel cas un titrage conductimétrique peut être adapté ? Doit-on étalonner le conductimètre dans le cas d'un titrage conductimétrique ? Pourquoi ajoute-t-on un volume important d'eau avant le titrage ?
- Potentiométrie : principe, montage et application au titrage d'un réducteur de votre choix avec repérage de l'équivalence.
On pourra s'appuyer sur les données du document 1 ou des tables à disposition ;
- Extraction liquide-liquide : principe, matériel, précautions
- Principe de fonctionnement d'une pile : schéma, potentiel d'électrode, tension à vide. *On pourra s'appuyer sur les données du document 1 ou des tables à disposition ;*
- Synthèse d'un organomagnésien mixte : bilan de la réaction, conditions et précautions opératoires, montage
- pH-métrie : principe de mesure et application au suivi d'un titrage

Chimie organique :

- Bilan et mécanisme d'une aldolisation suivie d'une crotonisation.
- Crotonisation : bilan, conditions opératoires, mécanisme limite et sélectivité.
- Saponification des esters : bilan et mécanisme
- Hydrolyses des esters : bilans et mécanismes
- Synthèse d'un ester à partir d'un acide carboxylique : bilan, conditions opératoires et mécanisme ;
- Déshydratation d'un alcool avec activation acide (mécanisme E₁, régiosélectivité et stéréosélectivité)
- Donner le bilan, le mécanisme et les conditions opératoires de l'hydrolyse d'un acétal.
- Formation d'un halogénoalcane à partir d'un alcool.
- Synthèse d'un amide : bilan, mécanisme, conditions opératoires.
- Protection/déprotection en chimie organique. Intérêt et exemples avec deux exemples attendus
- Hydratation-hydrolyse des nitriles : bilan et mécanisme ;
- Exemples de réactifs nucléophiles permettant la création d'une liaison C-C ;

Chimie des solutions aqueuses :

- Transformation de complexation et de décomplexation : ligand, liaison, réaction et constante de réaction et exemple concret.
- Mise en solution d'un solide ionique : solubilité, produit de solubilité, exemples et condition de précipitation d'un solide ionique ;

Définir la solubilité d'un solide ionique en solution et citer 2 facteurs influençant la solubilité.

- Etablir le diagramme d'existence en p_{Ag} du chromate d'argent $Ag_2CrO_4(s)$ (concentration de tracé $C = 1,0 \times 10^{-3} \text{ mol} \cdot L^{-1}$)
- Couple acide/base, caractère fort ou faible, pK_a , diagramme de prédominance.
- Définition, propriétés et réalisation d'une solution tampon. Proposer un protocole pour préparer 1L d'une solution tampon de $pH = 10$ et de concentration totale en tampon $C = 0,1 \text{ mol} \cdot L^{-1}$ à l'aide des données du document 1.
- A partir des courbes de dosage du document 1 déduire le pK_A du PNP en expliquant la démarche.
- Diagramme E-pH : *Les diagrammes potentiel-pH des éléments aluminium et cuivre fournis ont été tracés pour une concentration en espèces dissoutes égale à $1,0 \cdot 10^{-2} \text{ mol} \cdot L^{-1}$ sur chaque frontière. Les frontières associées aux couples de l'eau ont été ajoutées en traits plus fins.*
 - Attribuer un domaine du diagramme de l'aluminium à chacune des espèces suivantes de l'aluminium : $Al(s)$, AlO_2^- , Al^{3+} et $Al(OH)_3(s)$. Justifier la démarche.
 - Retrouver le pH d'apparition du solide $Al(OH)_3(s)$ dans une solution contenant les ions Al^{3+} à la concentration $C = 1,0 \times 10^{-2} \text{ mol} \cdot L^{-1}$.
 - Examiner la stabilité de l'aluminium métallique et du cuivre métallique en solution aqueuse en l'absence de dioxygène dissous et montrer qu'il est possible de séparer les éléments aluminium et cuivre d'un alliage solide des deux métaux en traitant celui-ci par la soude. Écrire l'équation de la (ou des) réaction(s) qui ont lieu.
- Déterminer et calculer le potentiel standard du couple $AuCl_4^-(aq)/Au(s)$ à 298 K connaissant celui du couple $Au^{3+}(aq)/Au(s)$ et la constante de complexation de $AuCl_4^-(aq)$

Cinétique chimique :

- Catalyse : définition, propriétés d'un catalyseur, caractéristique ($E_p = f(CR)$)
- Catalyse enzymatique : définition, site actif d'une enzyme, complexe enzyme-substrat, inhibitions, exemples.
- Exprimer le temps de demi-réaction à partir de la loi de vitesse d'ordre 0 ou 1 ou 2 au choix (1 réactif)
- Soit la réaction $A \rightarrow B$
Etablir l'expression de $[A] = f(t)$ dans le cas où la réaction admet un ordre 0 et un ordre 1
- Méthodes cinétiques de détermination d'un ordre de réaction ;

Thermochimie :

- Rappeler le principe de l'osmose et démontrer la loi de Van't Hoff (rappelée dans le document 4)
- Enthalpie standard de réaction
Constante thermodynamique d'équilibre
Loi de Van't Hoff dans l'approximation d'Ellingham
- Premier principe de la thermodynamique : bilan d'enthalpie pour un système siège d'une transformation chimique isobare
- Etablir, en fonction notamment de l'enthalpie standard de réaction, l'expression de la variation de température en réacteur adiabatique monobare
- Influence de la température sur la constante thermodynamique d'un équilibre

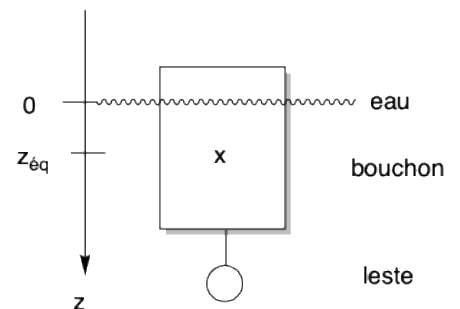
Mécanique :

- Etablir l'équation de la trajectoire en coordonnées cartésiennes d'un objet en chute libre en absence de frottements
- Un athlète lance un poids d'une hauteur de 2m, avec un angle $\alpha = 45^\circ$ par rapport à l'horizontale et avec une vitesse initiale de $15 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$. Le record du monde du lancer de poids en extérieur est détenu chez les hommes par Ryan Crouser, avec un jet à 23,56 m établi à Los Angeles le 27 mai 2023
 - o Enoncer la seconde loi de Newton
 - o Donner l'équation de la trajectoire du poids
 - o Calculer numériquement le temps auquel la hauteur du poids est maximale. Calculer numériquement la portée.
- Décrire le protocole permettant de réaliser l'acquisition de la position et de la vitesse du ballon au cours du mouvement. Enoncer la seconde loi de Newton. Etablir l'équation différentielle vérifiée par la composante du vecteur vitesse \vec{v} du ballon dans un référentiel galiléen d'axe Oz ascendant, dans l'hypothèse où le ballon est soumis à une force de frottement de l'air du type $\vec{F} = -\alpha\vec{v}$ (α constante positive)
- Etablir l'équation différentielle de la vitesse d'une bille sphérique lâchée dans la colonne d'eau de hauteur $H_0 = 30 \text{ cm}$ sans vitesse initiale dans le régime de Stokes. On fera apparaître un temps caractéristique τ dont on donnera l'expression et la valeur numérique.
Résoudre l'équation différentielle et donner l'expression de la vitesse de la bille fonction du temps.
Donner l'expression de la vitesse limite atteinte par la bille. Réalisez l'application numérique.

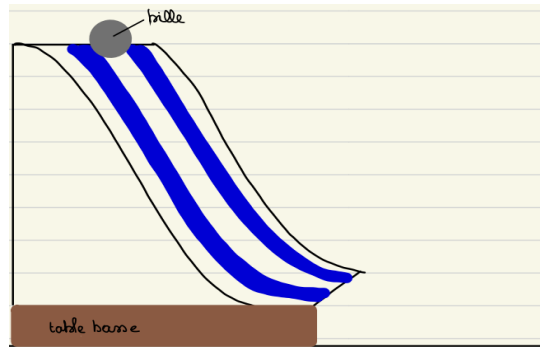
Données : Viscosité de l'eau à 20°C $\eta = 1,0 \times 10^{-3} \text{ Pa}\cdot\text{s}$ à 20°C
 Masse volumique de l'eau $\mu_0 = 1,0 \times 10^3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$
 Masse volumique de la bille $\mu_b = 2,6 \times 10^3 \text{ kg}\cdot\text{m}^{-3}$
 Rayon de la bille $R = 1,0 \mu\text{m}$

- On considère une gouttelette d'eau liquide sphérique, de rayon r , au sein du nuage. Document donné sur la force de trainée (formule de Stokes)
 - o comparer la poussée d'Archimède et le poids de la goutte
 - o calculer le rayon maximal, r_m , d'une goutte d'eau pour qu'elle reste en suspension dans un flux d'air ascendant, avec une vitesse de l'air par rapport au sol de $1 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.
 - o calculer la vitesse de chute d'une goutte d'eau devenue trop grosse (coalescence de deux gouttelettes de rayon r_m).
- Donner l'origine microscopique de la poussée d'Archimède.
Donner puis démontrer l'expression de la poussée d'Archimède.
A quelle(s) condition(s) peut-on négliger la poussée d'Archimède ?
- On considère un ballon gonflé à l'hélium, assimilé à un gaz parfait. Pour la question simple et la question ouverte, on considèrera les champs des températures et des pressions uniformes ($T_0 = 273 \text{ K}$ et $P_0 = P_{atm}$). Le ballon est en latex et pèse $m_0 = 2 \text{ g}$ lorsqu'il est vide.
Quelles doivent être les dimensions minimales du ballon pour que celui-ci flotte (volume et rayon) ?

- On étudie le comportement d'un bouchon et des plombs d'une canne à pêche. Le schéma de la situation est le suivant. L'axe (O,z) est descendant et l'origine du repère au niveau de la ligne d'eau. Durant toute l'étude, le pêcheur ne tire pas sur la canne à pêche.
 - o Démontrer la formule de la poussée d'Archimède.
 - o Déterminer la position d'équilibre $Z_{\text{éq}}$ lorsque le bouchon flotte à la surface.



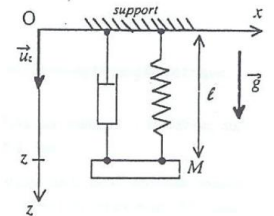
- On dispose d'une rampe avec un rail, dont la hauteur est h . La hauteur de la table basse est H . Cette rampe se termine par une partie horizontale. On mesure h et H avec un mètre ruban.



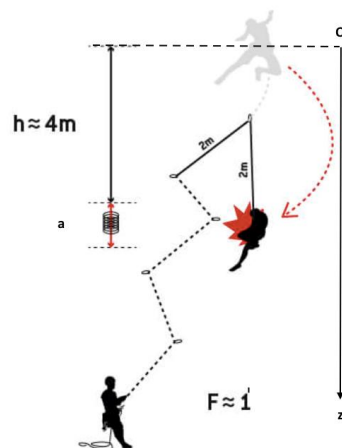
La rampe est située sur une table basse de hauteur $H = 40,0$ cm. Le but de l'expérience est de mesurer la vitesse V_0 de la bille lorsqu'elle arrive au bout de la rampe, sachant que la bille est initialement lâchée sans vitesse initiale. On ne prendra pas en compte les frottements.

Énoncer le théorème de l'énergie mécanique. Trouver par une méthode énergétique la vitesse V_0 .

- Établir, sous forme canonique, l'équation différentielle d'un oscillateur de type masse-ressort (masse m ; constante de raideur k) en présence de frottements fluides. Donner l'expression de sa solution en régime pseudo-périodique puis l'expression du temps caractéristique.
- Soit un oscillateur amorti vertical (raideur du ressort k et coefficient d'amortissement h). La position de la masse m est repérée par la coordonnée z . Exprimer l'énergie potentielle et l'énergie cinétique. En déduire l'équation différentielle vérifiée par $z(t)$.



- En escalade, plusieurs critères permettent d'évaluer la sévérité d'une chute. On définit la force de choc, la force responsable de l'allongement a de la corde (voir Figure 1). Cette valeur dépend du choix de la corde. Les normes imposent que la force de choc ne dépasse pas 12 kN pour la chute d'un grimpeur de 80 kg. Au-delà, il y a risque de rupture du bassin (h : longueur à partir de laquelle la corde se tend)



- Tracer l'évolution de l'énergie potentielle au cours de la chute en fonction de la coordonnée de position z . Exprimer la position d'équilibre.

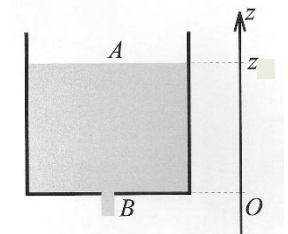
Statique des fluides :

- Etablir la relation fondamentale de la statique des fluides
- Etablir l'expression de la pression en fonction de l'altitude dans le cadre du modèle de l'atmosphère isotherme en assimilant l'air à un gaz parfait.
- Dans le cas du modèle du gaz parfait, déduire l'équation différentielle vérifiée par la masse volumique $\rho(z)$ pour une atmosphère isotherme. En déduire l'évolution de la masse volumique $\rho(z)$ avec l'altitude.

Mécanique des fluides :

- Rappeler la relation de Bernoulli et son sens physique. Citer les hypothèses nécessaires pour valider l'utilisation de la loi. Définir la grandeur appelée communément « invariant de Bernoulli ». L'insertion d'un élément « actif » (pompe par exemple) dans le circuit du fluide modifie la relation précédente. En vous aidant d'une analyse dimensionnelle donner alors la formulation de la loi qu'il convient d'utiliser dans ce cas. Exprimer la relation en faisant apparaître la puissance mécanique de l'élément actif.
- Démontrer l'expression du profil de vitesse pour un écoulement de Poiseuille.
- Etablir la loi de Poiseuille connaissant le profil de vitesse
- Démontrer l'expression du profil de vitesse et du débit volumique pour un écoulement de Couette plan.
- Rappeler la relation de Bernoulli ainsi que les conditions de sa validité.

On considère que la relation de Bernoulli comme valable. Un récipient cylindrique de hauteur H est rempli d'eau, jusqu'à une hauteur h . Le sommet du récipient de section S est ouvert à l'air libre. La pression atmosphérique régnant pendant l'expérience est P_0 .



- A l'instant initial, on ouvre l'orifice circulaire (B), de section s , au fond du réservoir ; cette section est considérée comme petite devant S , la section du sommet de la clepsydre.
- Données : $H = 50 \text{ cm}$, $h = 40 \text{ cm}$, $S = 2830 \text{ cm}^2$, $s = 1 \text{ cm}^2$ et $g = 10 \text{ m/s}^2$.

- Exprimer la vitesse $v_B(t)$ en fonction de g et $z(t)$, cote de la surface libre.
- Exprimer l'équation différentielle à laquelle obéit $z(t)$. En déduire l'expression traduisant les variations de $z(t)$.

- A l'aide d'un sèche-cheveux on fait léviter une balle de ping-pong au-dessus de l'appareil. L'écoulement est-il turbulent ? Que peut-on conclure sur la force de frottement fluide ? On prendra pour nombre de Reynolds critique la valeur de 2000.

Données :

Composition de l'air : 20 % O_2 ($32 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$) et 80 % N_2 ($28 \text{ g}\cdot\text{mol}^{-1}$)

Capacité thermique massique de l'air : $c = 0,9 \text{ kJ}\cdot\text{K}^{-1}\cdot\text{kg}^{-1}$

Pression atmosphérique : $P_{\text{atm}} = 1,013 \text{ bar}$

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

Viscosité dynamique de l'air : $\eta = 1,8 \cdot 10^{-5} \text{ Pl}$

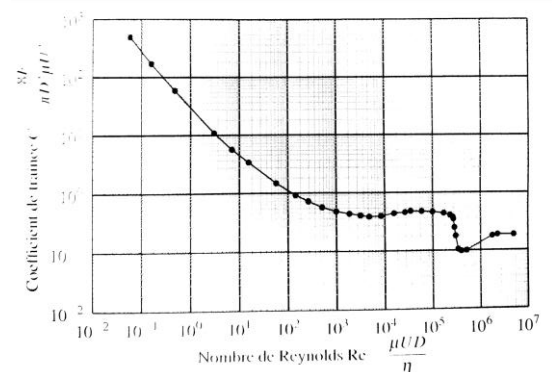
Diamètre de sortie du sèche-cheveux : 5 cm

Hauteur du sèche-cheveux : 20 cm

Débit du sèche-cheveux : $D_v = 80 \text{ m}^3\cdot\text{h}^{-1}$

Masse de la balle de ping-pong : 2,7 g

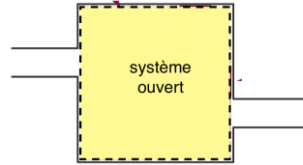
Diamètre de la balle de ping-pong : 40 mm



- Enoncer la loi de Darcy et retrouver l'expression de la perméabilité K en modélisant l'écoulement dans un pore par un écoulement de Poiseuille. On notera r le rayon des pores et n le nombre de pores par unité de surface. On rappellera les conditions de validité de ces lois. Indiquer comment une méthode pour déterminer expérimentalement la perméabilité d'un matériau.

Thermodynamique / conduction thermique :

- Un bloc de métal, porté à la température T_1 , est mis dans une pièce maintenue à la température $T_0 < T_1$.
Enoncer la loi de Newton pour le flux thermique conducto-convectif
Etablir l'équation différentielle vérifier par la température $T(t)$ du bloc de métal.
Résoudre l'équation différentielle.
- On considère le système ouvert alimenté par un fluide de masse volumique ρ qui entre et sort avec un débit de masse D_m .
Définir un système fermé à partir du système ouvert puis démontrer le premier principe industriel : $D_m(\Delta h + \Delta e_c + \Delta e_p) = P_u + P_{th}$

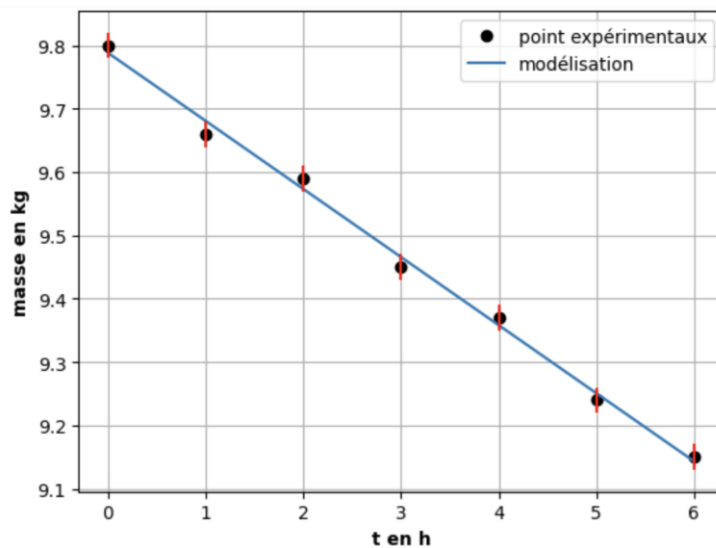


P_u et P_{th} représentent les puissances utiles et thermiques reçues par le fluide.

- Un frigo du dessert est un frigo autonome fait de 2 pots en terre supposés cylindriques l'un posé dans l'autre avec du sable entre les deux, on ajoute de l'eau dans le sable et on recouvre d'un tissu mouillé. Le frigo étudié peut contenir jusqu'à 20 kg d'aliments ou de boisson. Il peut les conserver pendant 20 jours à une température 15 degrés inférieure à celle de l'extérieur.

Données : Chaleur latente de vaporisation de l'eau $\ell_{vap} = 2,4 \times 10^3 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$

Document : évolution de la masse d'eau en fonction du temps

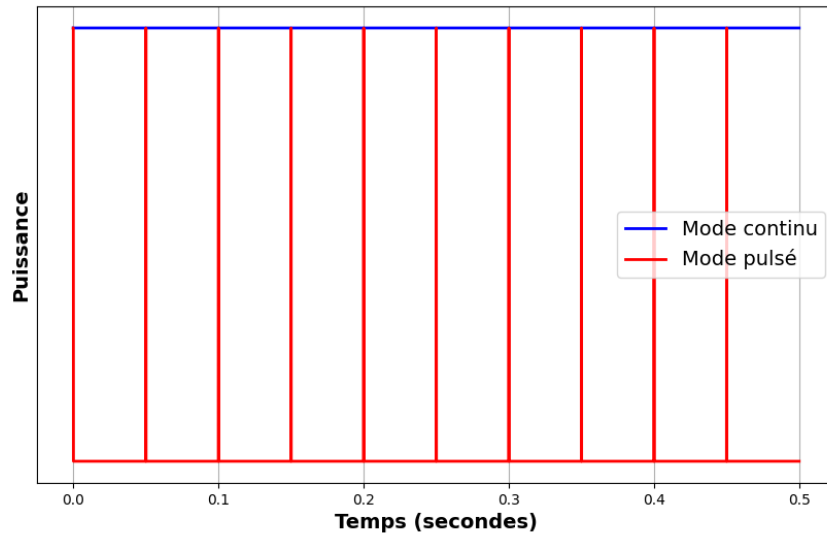


Calculer le débit de masse d'eau.

Exprimer le premier principe de la thermodynamique dans le cas d'un système avec perte de chaleur et évaporation d'eau.

- Le nettoyage et la conservation des monuments historiques sont des tâches complexes qui nécessitent des méthodes à la fois efficaces et respectueuses des matériaux originaux. Le nettoyage laser est une méthode sans contact qui utilise des impulsions lumineuses de hautes puissances, focalisées pour éliminer les salissures, les dépôts ou les couches indésirables sur les surfaces. Le laser vaporise les contaminants sans affecter le substrat sous-jacent. Pour cela, les paramètres du laser, tels que la longueur d'onde, la durée des impulsions, l'énergie et la fréquence des impulsions, sont cruciaux pour assurer un nettoyage efficace tout en minimisant les risques pour la surface traitée.
A partir d'un bilan d'énergie, exprimer et calculer la masse ainsi que l'épaisseur de dépôt de carbone que peut sublimer une unique impulsion laser d'une puissance égale à 10 MW.

Doc1 : Le laser utilisé peut fonctionner sous deux modes : un mode dit continu, et un mode dit pulsé :



Les conditions opératoires sélectionnées pour le nettoyage de la statue au laser utilisé en mode pulsé sont les suivantes :

Diamètre du faisceau (mm)	Fréquence des impulsions (Hz)	Durée des impulsions t_p (ns)	Puissance (MW)
6,5	20	10	variable

Doc2 : Données

Température de sublimation : $\theta_{sub} = 3825 \text{ }^\circ\text{C}$

Enthalpie standard massique de sublimation : $\ell_{sub} = 59,6 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$

Capacité thermique massique (carbone amorphe solide ou carbone gazeux) : $c = 710 \text{ J} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

Masse volumique : $\mu = 2,0 \text{ g} \cdot \text{cm}^{-3}$

- Représenter le schéma modélisant le principe de fonctionnement d'une pompe à chaleur ou PAC ditherme. Calculer l'efficacité d'une PAC ditherme réversible entre un air extérieur à 7°C pour chauffer un local à 35°C
- Expliquer le fonctionnement d'une machine thermique ditherme. Pour un moteur, définir le rendement et établir l'expression du rendement maximum.

Conduction thermique :

- Déterminer l'expression de la résistance thermique sur une portion de longueur L d'une couronne cylindrique infiniment longue sur un axe (Oy), de rayon intérieur R_i et d'épaisseur e. On notera λ la conductivité thermique du matériau.
- On étudie un pont constitué d'un tablier de béton de surface $S = 1000 \text{ m}^2$. L'air ambiant est à $-2 \text{ }^\circ\text{C}$. Cependant, pour éviter que la face supérieure du pont ne soit gelée, la température de surface est maintenue à $3 \text{ }^\circ\text{C}$ grâce à des câbles chauffants situés à 2 cm en dessous de la surface supérieure du pont.

Données : Coefficient conducto-convectif béton / air : $h = 10 \text{ W} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{K}^{-1}$

Conductivité thermique du béton : $\lambda = 1,7 \text{ W} \cdot \text{m}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

- Qu'est-ce que la résistance thermique ?
 - Exprimer le flux thermique au travers de la surface supérieure du pont puis exprimer la résistance thermique de la surface supérieure du pont.
 - Expliquer brièvement ce qu'est le flux conducto-convectif et exprimer la résistance thermique associée.
 - Réaliser les applications numériques.
- Exprimer la résistance thermique des parois d'un parallélépipède, chacune face ayant sa propre épaisseur e_i et sa surface S_i . Exposer l'analogie entre la diffusion électrique et la diffusion thermique.

Optique :

- Énoncer les lois de Snell-Descartes. Quelle est la valeur maximale de l'angle incident i_0 pour que le rayon reste dans la fibre optique ? (schéma donné)
- On considère un milieu composé de couches infiniment minces d'indices optiques différents avec $n_0 > n_1 > n_2 > n_3 \dots$



- Établir une condition sur l'angle i_0 pour que le rayon incident reste dans le milieu d'indice optique n_0 .
- Application numérique pour une variation d'indice optique d'environ 0,001 entre deux couches.
- Dessiner le trajet d'un rayon lumineux qui n'obéirait pas à cette condition.

Tension superficielle :

- Soit un tube capillaire de rayon R contenant un liquide de masse volumique ρ jusqu'à une hauteur h . On note θ l'angle de mouillage. Démontrer la loi de Jurin en utilisant une méthode énergétique.

Electricité :

- Soit un circuit RC, contenant en série un condensateur de capacité C , un conducteur ohmique de résistance R , et un interrupteur initialement ouvert. Le condensateur est initialement chargé : $u(t = 0^-) = E$. A $t = 0$, l'interrupteur est fermé.
- Établir l'équation différentielle vérifiée par la tension u aux bornes du condensateur. Établir l'expression de u en fonction du temps.
- Donner l'expression du temps caractéristique τ de la charge du condensateur. Donner l'expression de la durée du régime transitoire
- Donner l'expression de l'énergie stockée dans le condensateur initialement chargé.
- On considère l'association de deux condensateurs de capacité C_1 et C_2 . Établir que la capacité de l'association de ces deux condensateurs vaut :

$$C_{eq} = C_1 + C_2 \text{ si les deux condensateurs sont associés en parallèle}$$

$$C_{eq} = \frac{C_1 C_2}{C_1 + C_2} \text{ si les deux condensateurs sont associés en série}$$