

SESSION 2014

**CAPLP
CONCOURS EXTERNE
ET CAFEP**

**Section : MATHÉMATIQUES – SCIENCES PHYSIQUES
ET CHIMIQUES**

COMPOSITION DE PHYSIQUE-CHIMIE

Durée : 5 heures

Calculatrice électronique de poche - y compris calculatrice programmable, alphanumérique ou à écran graphique – à fonctionnement autonome, non imprimante, autorisée conformément à la circulaire n° 99-186 du 16 novembre 1999.

L'usage de tout ouvrage de référence, de tout dictionnaire et de tout autre matériel électronique est rigoureusement interdit.

Dans le cas où un(e) candidat(e) repère ce qui lui semble être une erreur d'énoncé, il (elle) le signale très lisiblement sur sa copie, propose la correction et poursuit l'épreuve en conséquence.

De même, si cela vous conduit à formuler une ou plusieurs hypothèses, il vous est demandé de la (ou les) mentionner explicitement.

NB : La copie que vous rendrez ne devra, conformément au principe d'anonymat, comporter aucun signe distinctif, tel que nom, signature, origine, etc. Si le travail qui vous est demandé comporte notamment la rédaction d'un projet ou d'une note, vous devrez impérativement vous abstenir de signer ou de l'identifier.

Tournez la page S.V.P.

A

Il est recommandé aux candidats de partager également le temps entre la physique et la chimie.

La composition comporte deux problèmes, l'un de physique, l'autre de chimie, que les candidats peuvent résoudre dans l'ordre qui leur convient, tout en :

- *résolvant chaque partie, de Physique et de Chimie, sur des copies séparées ;*
- *respectant strictement la numérotation de l'énoncé.*

Les correcteurs tiennent compte des qualités de soin et de présentation.

Plan du sujet

PHYSIQUE : Le monte-charge

- Partie I : étude énergétique du système
- Partie II : étude cinématique de la montée de la charge
- Partie III : étude du moteur à courant continu
- Partie IV : étude de l'alimentation électrique
- Partie V : isolation acoustique du moteur

CHIMIE : Le bois

- Partie A : connaissances générales
- Partie B : le glucose
- Partie C : la cellulose
- Partie D : le papier, le procédé « Kraft »
- Partie E : les colles à bois

PHYSIQUE : Le monte-charge

Cette partie physique porte sur un système réel de monte-charge utilisé en milieu hôtelier et permettant de faire circuler les repas des clients d'un étage à un autre. Vous souhaitez l'étudier dans une classe de lycée professionnel car plusieurs aspects de ce système concret se prêtent effectivement à une étude couvrant différents points du programme.

Ce problème comporte cinq parties qui peuvent être traitées de manière indépendante :

- Partie I : étude énergétique du système
- Partie II : étude cinématique de la montée de la charge
- Partie III : étude du moteur à courant continu
- Partie IV : étude de l'alimentation électrique
- Partie V : isolation acoustique du moteur

PARTIE I : Étude de la chaîne énergétique

Pour étudier le monte-charge en classe, vous le modéliserez à l'aide :

- d'un moteur à courant continu entraînant un fil pouvant alors être enroulé ou déroulé sur l'axe du rotor du moteur ;
- d'une poulie dans laquelle s'encastre le fil ;
- d'une masse m attachée au même fil et modélisant la charge à monter à l'aide du moteur.

Les hypothèses de travail seront les suivantes :

- le fil est de masse négligeable, inextensible et sans raideur ;
- la poulie possède une liaison parfaite avec son support et est de moment d'inertie négligeable.

Ces hypothèses permettent d'affirmer que l'énergie mécanique délivrée par le moteur est intégralement transférée à la charge de masse m .

On note :

- W_e : transfert d'énergie reçu par le moteur via son alimentation ;
- W_m : quantité d'énergie délivrée par le moteur sous forme mécanique ;
- W_u : énergie mise en jeu pour lever la charge.

L'alimentation électrique du moteur sert également à compenser des pertes par effet Joule, notées W_J , et des pertes énergétiques liées aux frottements essentiellement solides du rotor sur son axe : ces dernières pertes seront notées W_f . Aucun frottement de type fluide n'est à prendre en considération.

Les grandeurs W_e , W_m , W_J , W_u et W_f sont comptées positivement.

I.1. Pourquoi, dans cette situation concrète, parle-t-on de « pertes » ? Ces pertes énergétiques sont-elles *a priori* en contradiction avec le « principe de conservation de l'énergie » ? Justifier.

I.2. Donner une relation entre W_e , W_m , W_J et W_f .

I.3. On note η le rendement global de la chaîne énergétique.

I.3.1. Définir succinctement la notion de « rendement ». Donner l'unité du rendement ?

I.3.2. Écrire, en fonction des grandeurs définies dans cette partie I, l'expression du rendement η .

I.4. On va chercher à exprimer W_u . On supposera le champ de pesanteur terrestre g uniforme dans le référentiel du laboratoire supposé galiléen.

I.4.1. Donner, en utilisant le schéma fourni en annexe 1, l'expression de l'énergie potentielle, notée E_p , de la masse m lorsque son centre de gravité G est à une altitude de cote y . On prendra une origine de l'énergie potentielle en $y = 0$.

I.4.2. La masse m monte d'une hauteur H depuis le sol. Les vitesses initiale et finale de cette masse sont nulles dans cette expérience. Donner alors l'expression de W_u en fonction de m, g et H .

I.5. On souhaite connaître la valeur de W_e par mesure expérimentale. On suppose le régime transitoire, lié à la mise en route du moteur, suffisamment court par rapport à la durée Δt_0 de l'expérience, pour considérer que le régime stationnaire soit directement établi (vitesse du moteur constante).

I.5.1. Représenter, sur le schéma fourni en annexe 1, le montage à utiliser en y faisant apparaître :

- une alimentation continue alimentant le moteur ;
- un ampèremètre mesurant le courant I traversant le moteur ;
- un voltmètre mesurant la tension U aux bornes du moteur.

I.5.2. Donner l'expression de l'énergie W_e mise en jeu pendant la durée Δt_0 de l'expérience.

I.6. Analyse des résultats expérimentaux

I.6.1. On mesure $H = 0,81m, U = 9,0V, I = 0,10A$ et $\Delta t_0 = 5,0s$ pour une masse $m = 500g$. Donner la valeur du rendement η . On prendra $g = 9,8m \cdot s^{-1}$

I.6.2. Les pertes par effet Joule sont liées à la résistance interne R du moteur. On prendra $R = 10\Omega$. Donner l'expression puis la valeur de W_f .

I.6.3. En déduire la valeur de W_f . Quelle est la principale source de pertes énergétiques ?

PARTIE II : Étude cinématique de la montée de la charge

Un professeur souhaite traiter les modules T1 et T2 du programme de seconde professionnelle présentés ci-dessous.

Extrait du programme :

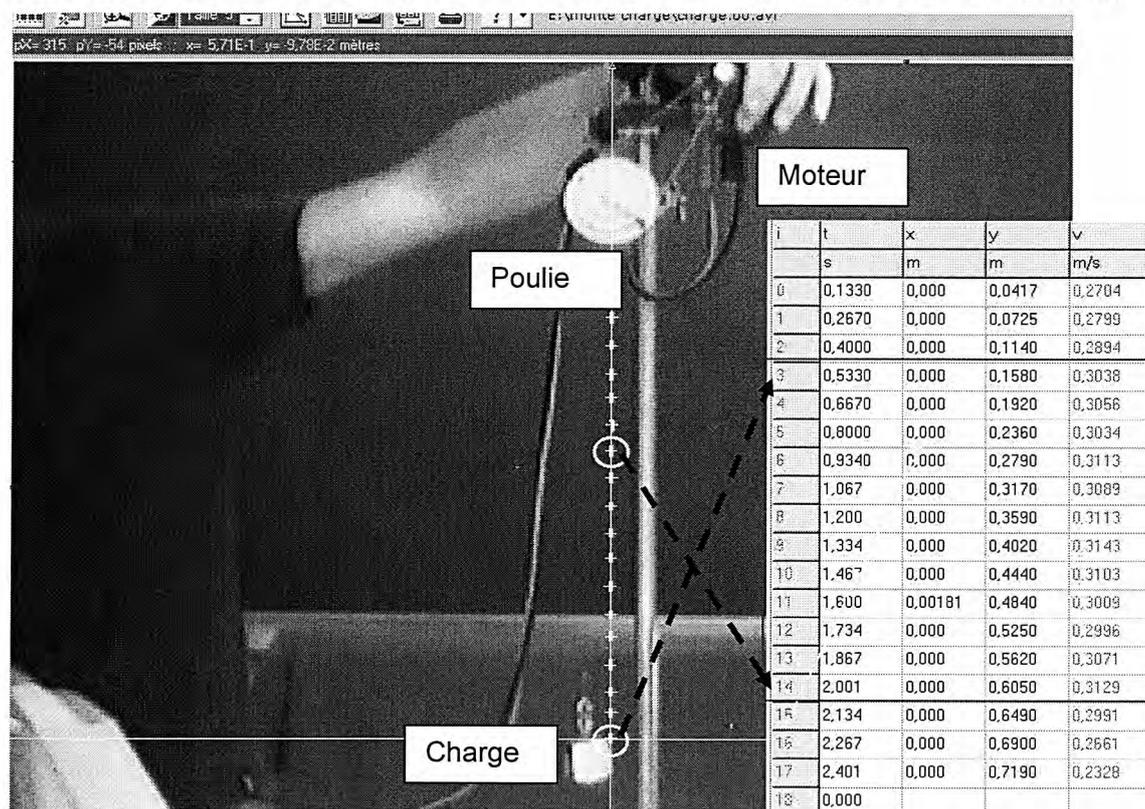
T 1	COMMENT PEUT-ON DECRIRE LE MOUVEMENT D'UN VÉHICULE ?	2nde professionnelle
Capacités	Connaissances	Exemples d'activités
<p>Délimiter un système et choisir un référentiel adapté.</p> <p>Reconnaître un état de repos ou de mouvement d'un objet par rapport à un autre.</p> <p>Différencier trajectoire rectiligne, circulaire et quelconque.</p> <p>Identifier la nature d'un mouvement à partir d'un enregistrement.</p>	<p>Savoir qu'un mouvement ne peut être défini que dans un référentiel choisi.</p> <p>Connaître l'existence de mouvements de natures différentes : mouvement uniforme et mouvement uniformément varié (accélééré ou ralenti)</p>	<p>Utilisation et interprétation d'enregistrements, ExAO, chronophotographies, vidéos.</p> <p>Étude d'un mouvement sur une table ou banc à coussin d'air.</p> <p>Étude de déplacements divers : en ascenseur, en train, en scooter....</p>

T 2	COMMENT PASSER DE LA VITESSE DES ROUES A CELLE DE LA VOITURE ?	2nde professionnelle
Capacités	Connaissances	Exemples d'activités
<p>Déterminer expérimentalement la fréquence de rotation d'un mobile.</p> <p>Déterminer expérimentalement une relation entre fréquence de rotation et vitesse linéaire.</p> <p>Appliquer la relation entre la fréquence de rotation et la vitesse linéaire :</p> $v = 2 \pi R n$	<p>Connaître les notions de fréquence de rotation et de période.</p> <p>Connaître l'unité de la fréquence de rotation (nombre de tours par seconde)</p>	<p>Étude cinématique d'une roue en mouvement (vérification de la relation entre la vitesse linéaire et la fréquence de rotation)</p> <p>Étalonnage d'un tachymètre de bicyclette.</p> <p>Étude documentaire (documents textuels ou multimédias) sur les mouvements orbitaux des satellites.</p> <p>Lien possible avec la vitesse de coupe des outils (tours, fraiseuses, meuleuse à disque, perceuses...)</p>

Lors de l'élaboration d'une séquence pédagogique, on modélise le monte-charge avec le schéma donné en annexe 1.

Le professeur traite l'enregistrement chronophotographique d'une vidéo réalisée en salle de classe pour mener l'étude cinématique de la montée de la charge.

Le document suivant est une copie d'écran d'ordinateur, obtenue à partir de ce traitement.



II.1. Étude expérimentale

Le système étudié est la charge (solide indéformable).

Les positions successives d'un point du système sont marquées sur l'écran. Pour chacune d'elles, le logiciel utilisé indique dans le tableau associé, la date (colonne « t »), ses coordonnées dans un repère orthonormé défini par le manipulateur (colonnes « x », et « y »), et la vitesse instantanée du système dans le référentiel du laboratoire (colonne « v »).

Le dispositif permet de réaliser une capture d'image tous les $\frac{2}{15}$ de seconde. On étudie le mouvement de la charge entre les deux positions repérées sur le document (ensemble des relevés entre les lignes 3 et 14 du tableau de valeurs).

II.1.1. Donner la nature de ce mouvement et la justifier. A noter que l'on évalue l'incertitude sur la mesure de la vitesse v à $0,01 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

II.1.2. Établir l'équation horaire $y(t)$ de ce mouvement sachant que l'on impose $y(t = 0) = y_0$.

II.2. Scénario pédagogique

L'étude du mouvement présenté en II.1 est menée en classe. Suite à une sollicitation du professeur, quatre élèves suggèrent des exploitations graphiques différentes des valeurs expérimentales :

- première proposition : représenter $y(x)$,
- deuxième proposition : représenter $y(t)$,
- troisième proposition : représenter $v(t)$,
- quatrième proposition : représenter $v(y)$.

II.2.1. Pour chacune de ces propositions, représenter l'allure du graphe obtenu.

II.2.2. Quelles sont les interprétations à attendre des élèves, pour chaque graphe, permettant de valider la capacité « Identifier la nature d'un mouvement à partir d'un enregistrement » du module T1?

II.3. Prolongement pédagogique

On souhaite, à l'aide du même montage et dans les mêmes conditions, développer, chez les élèves, les capacités du module **T2**.

II.3.1. Expliquer comment ce dispositif, étudié avec un nouvel enregistrement chronophotographique, peut permettre également la détermination de la fréquence de rotation, notée n , de la poulie.

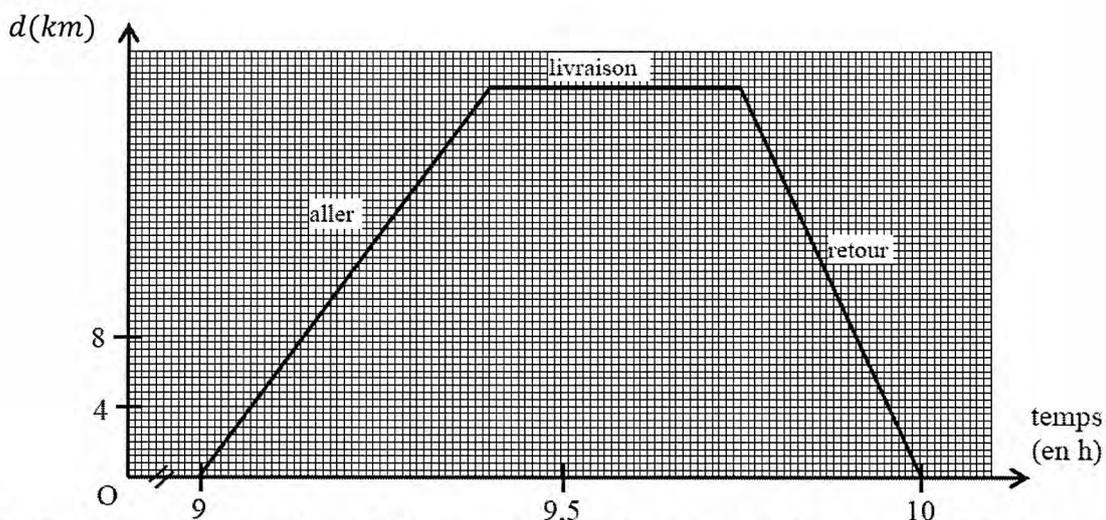
II.3.2. Le rayon R_p de la poulie est : $R_p = 2$ cm. Quelle relation les élèves peuvent alors vérifier (aucune application numérique n'est attendue) ?

II.4. Évaluation

Afin d'évaluer l'acquisition par ses élèves de capacités ciblées dans le module **T1**, le professeur a le choix entre 2 exercices dont les énoncés figurent ci-après :

Exercice 1 :

Le graphe ci-dessous représente la distance d parcourue par un artisan depuis son entreprise au cours d'un déplacement.



1) L'artisan part de son atelier à 9 h pour se rendre dans une boutique et quand il revient à son atelier, il est 10 h. L'atelier et la boutique sont distants de 22 km.

a) Calculer, en km/h, la vitesse moyenne pour le trajet aller de l'atelier à la boutique.

b) Calculer, en km/h, la vitesse moyenne pour le trajet retour de la boutique à l'atelier.

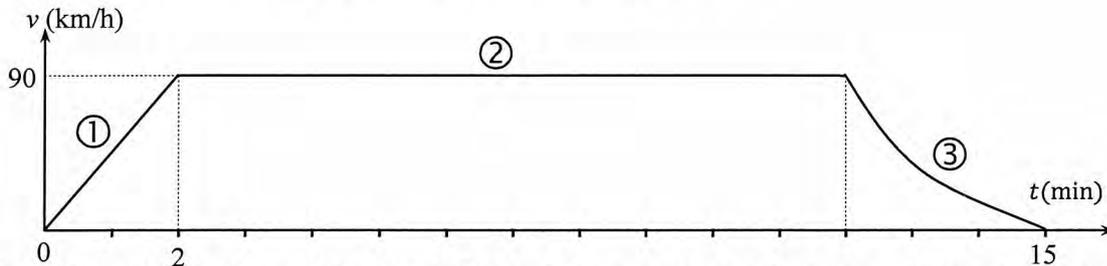
2) En utilisant la représentation graphique donnée ci-dessus, déterminer le temps d'arrêt nécessaire à la livraison. Exprimer ce résultat en minute.

Exercice 2 :

On étudie le déplacement d'un train entre les gares de Montréjeau et de Saint-Gaudens.

La distance entre ces deux gares est de 20 km. Le trajet dure 15 min et se décompose en trois phases. Dans sa première phase le train met 2 minutes pour parcourir 1,5 km, au bout des 2 minutes il atteint la vitesse constante de 90 km/h et la conserve pendant 10 minutes.

On donne la représentation de la vitesse en fonction du temps :



1. Compléter, à l'aide du graphique, le tableau ci-dessous en associant un mouvement à chacune des phases. Mettre une croix dans la case qui convient puis justifier la réponse

	Phase 1	Phase 2	Phase 3
Mouvement uniformément accéléré			
Mouvement ralenti			
Mouvement uniforme			
Justification			

2. a) Exprimer la durée totale du trajet en heure.

b) Calculer la vitesse moyenne du train entre les deux gares en km/h.

II.4.1. Sur lequel de ces deux exercices porterait votre choix ? Justifier ce choix en appuyant votre argumentation sur des éléments du programme officiel.

II.4.2. Pour l'énoncé choisi, rédiger un corrigé des questions proposées aux élèves en précisant les capacités et connaissances évaluées dans chacune des questions.

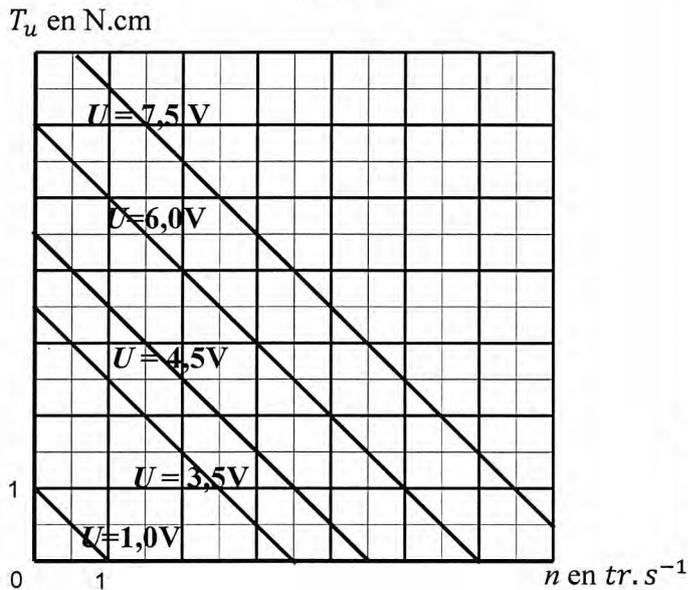
On présentera la réponse sous la forme d'un tableau à reproduire et à compléter sur la copie :

Question	Réponse(s) attendue(s)	Capacité(s) et connaissance(s) évaluée(s)

PARTIE III : Étude du moteur à courant continu

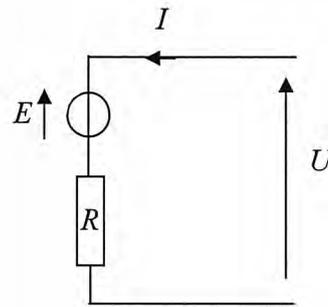
Le monte-charge est équipé d'un moteur à courant continu. Vous disposez également dans votre laboratoire de moteurs à courant continu. Vous allez effectuer une analyse de ces derniers en séance de TP afin de mettre en évidence plusieurs propriétés du moteur à courant continu. Les pertes du moteur autres que par effet joule seront négligées dans cette partie. On modélise le monte-charge avec le schéma donné en annexe 1.

Caractéristiques mécaniques du moteur pour plusieurs valeurs de la tension d'alimentation U du moteur



T_u : moment du couple utile du moteur
 n : fréquence de rotation du rotor

Schéma équivalent du moteur



$R = 10 \Omega$.

On néglige l'inductance du bobinage

U : tension d'alimentation du moteur ;

E : force électromotrice du moteur ;

R : résistance interne du moteur

III.1. Pour une intensité du courant électrique traversant le moteur, $I = 0,10A$ et une tension d'alimentation du moteur, $U = 6,0V$, calculer la force électromotrice E du moteur.

On donne l'expression du théorème du moment cinétique projeté suivant l'axe de rotation du moteur :

$$J \frac{d\omega}{dt} = T_u - T_r$$

où :

- J est le moment d'inertie du moteur par rapport à l'axe de rotation ($kg.m^2$) ;
- ω est la vitesse angulaire du moteur autour de son axe de rotation (rad/s) ;
- T_r est la norme du moment d'un éventuel couple résistant ($N.m$).

III.2. La charge impose à l'arbre du moteur un couple résistant constant de moment $T_r = 0,010N.m$. La charge est initialement immobile dans le référentiel du laboratoire.

III.2.1. Quelle est la relation entre le moment du couple résistant, notée T_r , et celui du couple utile du moteur, notée T_u , si la charge reste fixe ? Justifier.

III.2.2. Déterminer graphiquement la tension d'alimentation U à appliquer.

III.3. La charge impose à l'arbre du moteur un couple résistant constant de moment $T_r = 0,010N.m$. On se place directement en régime permanent, la charge est alors animée d'un mouvement rectiligne uniforme à la vitesse v souhaitée dans le référentiel du laboratoire.

III.3.1. Quelle est alors la relation entre le moment du couple résistant, notée T_r , et celui du couple utile du moteur, notée T_u ? Justifier.

III.3.2. Reporter sur votre copie et remplir, à l'aide des données graphiques, le tableau ci-dessous dans lequel n est la fréquence de rotation du moteur en $tr.s^{-1}$ et U la tension d'alimentation de ce dernier dans nos conditions de travail.

$U(V)$	1	3,5	4,5	6	7,5
$n(tr.s^{-1})$					

III.3.3. Tracer avec soin sur votre copie le graphe représentant la fonction $n(U)$. On utilisera les échelles suivantes :

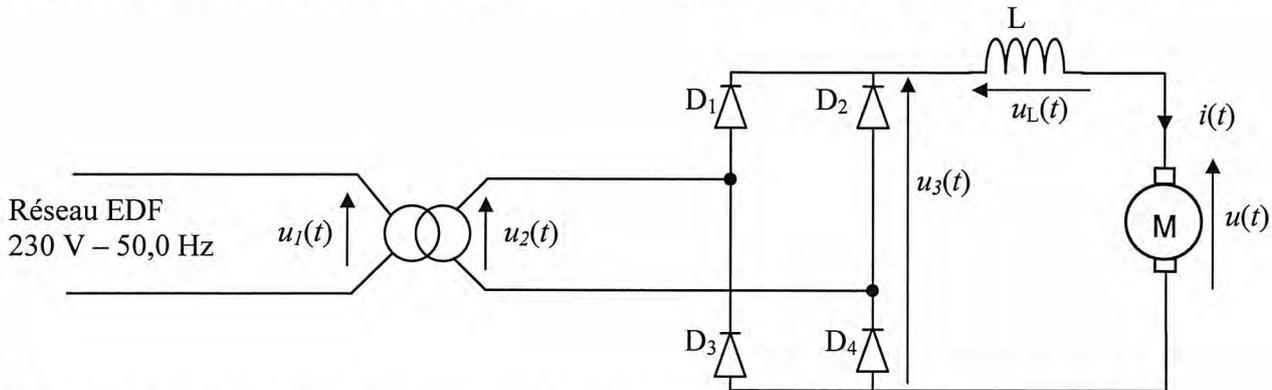
- $1V/cm$ pour l'axe des abscisses ;
- $1 tr.s^{-1}.cm^{-1}$ pour l'axe des ordonnées.

III.3.4. Donner l'équation de la courbe $n(U)$.

III.3.5. Pour ce couple résistant de moment $T_r = 0,010N.m$, on mesure, pour différentes vitesses v , une unique intensité pour le courant électrique I constante de valeur $I_0 = 0,10A$. Exprimer n uniquement en fonction de E .

PARTIE IV : Étude de l'alimentation électrique

Dans le système réel, l'alimentation du moteur est réalisée par l'intermédiaire d'un pont de quatre diodes supposées parfaites. Le pont est alimenté par un transformateur de rapport de transformation $m = 0,030$. Une bobine, d'inductance L et de résistance interne supposée nulle, mise en série avec le moteur, lisse le courant d'intensité $i(t)$. On note I_0 , la valeur moyenne de $i(t)$. L'inductance L est suffisante pour que l'amplitude des variations de l'intensité $i(t)$ autour de I_0 puisse être considérée comme négligeable.



L'équation horaire de la tension au secondaire du transformateur est $u_2(t) = U_{2max} \sin(\omega t)$.
On note T la période du signal $u_2(t)$.

- IV.1. Calculer la valeur efficace U_2 de la tension $u_2(t)$.
- IV.2. Calculer la pulsation ω de la tension $u_2(t)$.
- IV.3. Préciser le rôle du pont de diodes.
- IV.4. Indiquer, pour chaque diode, son intervalle de temps de conduction pendant une période T .
- IV.5. Tracer, sur votre copie, l'allure des tensions $u_2(t)$ et $u_3(t)$ sur l'intervalle $[0 ; T]$. On cherchera à bien identifier les deux courbes sur le même graphe.
- IV.6. Exprimer la tension $u_L(t)$ aux bornes de la bobine en fonction de l'intensité $i(t)$. Montrer que la valeur moyenne de $u(t)$, notée $\langle u(t) \rangle$, vérifie en régime permanent $\langle u(t) \rangle = \langle u_3(t) \rangle$.
- IV.7. Montrer que $\langle u(t) \rangle$ est alors donnée par l'expression : $\langle u(t) \rangle = \frac{2U_{2max}}{\pi}$.
- IV.8. Calculer $\langle u(t) \rangle$.

PARTIE V : Isolation acoustique du moteur

On modélise le monte-charge avec le schéma donné en annexe 1. Les pertes énergétiques liées au frottement solide du moteur sont en partie converties en énergie acoustique. Dans le cadre d'une utilisation en milieu hôtelier, on cherche à atténuer l'intensité des ondes sonores pour le confort des clients. Cette partie vise à étudier l'évolution spatiale de l'intensité acoustique avec et sans isolant acoustique. L'air sera considéré comme un milieu non absorbant.

V.1. Étude acoustique de la source sans isolant

V.1.1. La mesure du niveau d'intensité acoustique, noté L et exprimé en dBa , est faite à l'aide d'un sonomètre. Donner un ordre de grandeur du niveau d'intensité acoustique mesuré dans le cas d'une conversation entre deux personnes.

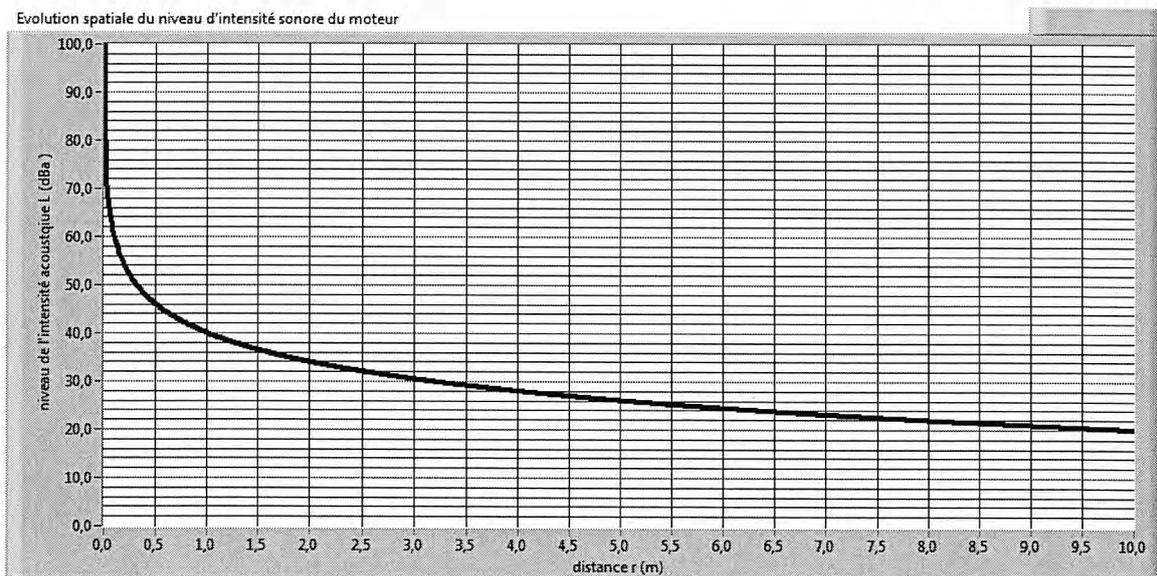
Le niveau d'intensité acoustique est donnée par :

$$L = 10 \log_{10} \left(\frac{I}{I_{ref}} \right)$$

où I est l'intensité acoustique mesurée au point considéré et exprimée en $W \cdot m^{-2}$ et I_{ref} est une intensité acoustique de référence. Le moteur peut être assimilé à une source ponctuelle émettant de manière isotrope.

V.1.2. Soit r la distance entre la source, supposée ponctuelle, et le point considéré où l'intensité est mesurée. Expliquer pourquoi I est une fonction du type $I = \frac{k}{r^2}$ (où k est une constante que l'on ne cherchera pas à déterminer).

V.1.3. On obtient le graphe suivant avec un sonomètre mesurant le niveau acoustique de l'onde émise par le moteur à différentes distances r :



V.1.3.1 Relever le niveau d'intensité acoustique $L(r)$ pour $r = 1m$ puis pour $r = 2m$. En déduire la variation ΔL du niveau d'intensité acoustique associée à ces deux positions. Aurions-nous pu prévoir cette valeur ? Justifier quantitativement.

V.1.3.2 Dans une chambre à coucher, le niveau d'intensité acoustique acceptable est de 20 dBa . Si une chambre est située à 1 mètre du moteur, par quel facteur, noté α , devons-nous diviser l'intensité acoustique I ?

V-2. Propriétés acoustiques de l'isolant retenu : le bois

La séparation entre le local du monte-charge et les chambres de l'hôtel est supposée être en bois. Le moteur sera considéré comme une source sonore monochromatique de fréquence $f_1 = 100\text{Hz}$.

On va s'intéresser à la fonction de transfert T de cet isolant c'est-à-dire au rapport suivant

$$T = \frac{I_t}{I_i}$$

où I_i est l'intensité acoustique incidente c'est-à-dire arrivant sur la paroi en bois et I_t est l'intensité acoustique transmise juste après la paroi en bois.

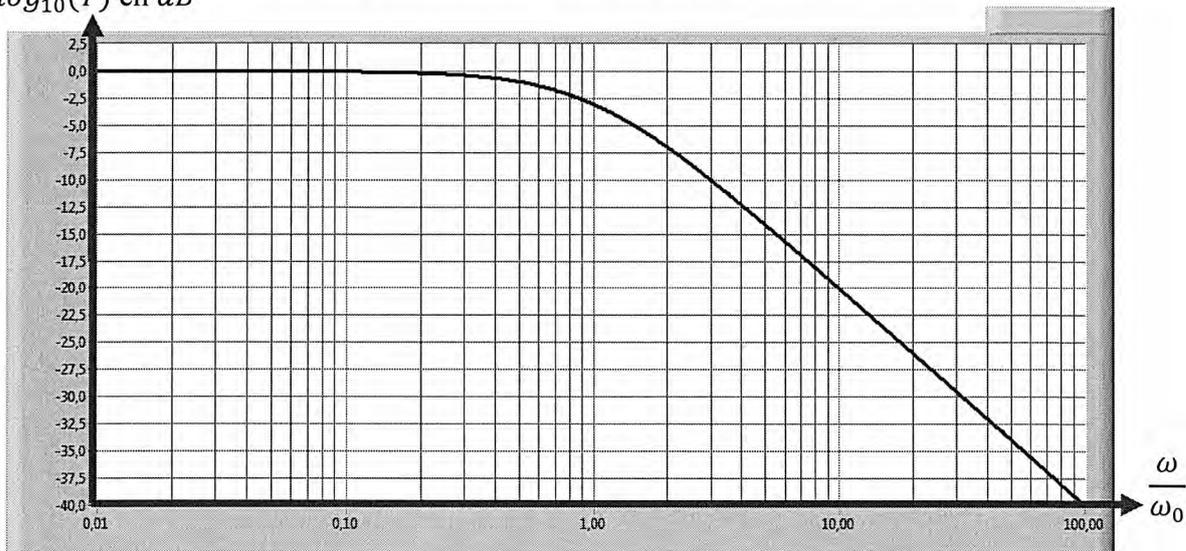
Pour la cloison étudiée, on obtient les résultats suivants :

$$T = \frac{1}{1 + \frac{\omega^2}{\omega_0^2}}$$

où ω est une pulsation quelconque de l'onde acoustique et ω_0 est une pulsation de référence propre au bois.

On donne la représentation de la fonction $10\log_{10}(T)$, exprimée en dB , en fonction de la variable $\frac{\omega}{\omega_0}$. Pour mieux rendre compte des phénomènes à étudier, l'abscisse est en échelle logarithmique :

$10\log_{10}(T)$ en dB



V.2.1. Exprimer, en fonction de ω_0 , la pulsation ω_c de l'onde acoustique pour laquelle l'atténuation de l'intensité acoustique est égale à -3dB .

V.2.2. On appelle ω_c la pulsation de coupure à -3dB . Quel est le pourcentage d'énergie acoustique non transmise à partir de cette pulsation de coupure ?

V.2.3. On va chercher à dimensionner l'épaisseur de la cloison en bois pour obtenir l'isolation souhaitée.

V.2.3.1. Comment choisir la fréquence de coupure f_c pour que l'intensité acoustique de l'onde, de fréquence f_1 , soit divisée par un facteur 100 ?

V.2.3.2. A quelle domaine de fréquences appartient alors la fréquence de coupure f_c ?

V.2.3.3. Comparer qualitativement l'atténuation, à travers l'isolant, d'un son grave et d'un son aigu.

V.2.3.4. On montre que f_c vérifie la relation suivante :

$$f_c = \frac{\rho_0 c}{\pi \rho a}$$

où ρ_0 est la masse volumique de l'air, on prendra $\rho_0 = 1200g.m^{-3}$, c la célérité du son dans l'air, on prendra $c = 340m.s^{-1}$, ρ la masse volumique de l'isolant, on prendra $\rho = 950kg.m^{-3}$ et a l'épaisseur de l'isolant exprimée en mètre.

On veut obtenir l'atténuation souhaitée à la question V.2.3.1. Quelle est alors la valeur de l'épaisseur a de l'isolant ? On donnera le résultat avec deux chiffres significatifs.

V.2.3.5. Sur quels facteurs pouvons-nous agir afin d'améliorer l'isolation phonique d'une pièce ?

CHIMIE : Le bois

Une étude sur la chimie du bois est conduite en classe de Baccalauréat professionnel.
Le professeur demande à ses élèves de mener une recherche documentaire préalable au cours.
Le texte présenté ci-dessous est alors produit :

Le bois a constitué pendant des millénaires l'unique source d'énergie utilisée par l'homme, jusqu'à la découverte des combustibles fossiles.

Origine du bois. La croissance des plantes, et donc la fabrication du bois, est liée à l'action de la lumière qui est convertie en énergie chimique sous forme de matériaux carbonés à partir :

- du gaz carbonique absorbé par les feuilles ;
- de l'eau et des éléments minéraux absorbés par les racines.

Composition chimique.

Constituants du bois	%
Cellulose	de 40 à 50 %
Hémicellulose	de 10 à 30 %
Lignine	de 15 à 30 %
Matières organiques et minérales (métaux, halogènes, alcalins)	de 0,5 à 2 %

Différentes productions industrielles à partir du bois :

- le charbon de bois, par pyrolyse du bois. La pyrolyse du bois permet d'obtenir également de l'hydrogène, du méthane, de l'acide acétique, de l'alcool méthylique et de l'acétone ;
- le glucose, par hydrolyse ;
- le papier ;
- des matières naturelles diverses comme le latex, ou des tanins ;
- des polymères dérivés de la cellulose (comme la rayonne et la cellophane) et des esters de cellulose (acétate et butyrate pour fibres, films et moulage...).

Les deux premières productions ne sont plus industrielles aujourd'hui.

L'avenir de la chimie du bois. Le bois, matière renouvelable, constitue un substitut possible du pétrole comme matière première de l'industrie chimique. L'éthylène (ou éthène), par exemple, pourrait provenir de l'éthanol dû à la fermentation du glucose obtenu par hydrolyse de la cellulose.

Partie A : connaissances générales

Les questions suivantes portent sur des éléments du texte.

A.1. Proposer une définition des notions suivantes :

- énergie « fossile » ;
- énergie « renouvelable ».

A.2. Donner les formules semi-développées des différents composés chimiques suivants : dihydrogène ; méthane ; acide éthanoïque ; acétone ; alcool méthylique (ou méthanol).

A.3. Proposer une définition des réactions chimiques suivantes :

- la pyrolyse ;
- l'hydrolyse.

A.4. Écrire la réaction de transformation de l'éthanol en éthène. Préciser de quel type de réaction il s'agit.

Partie B : le glucose

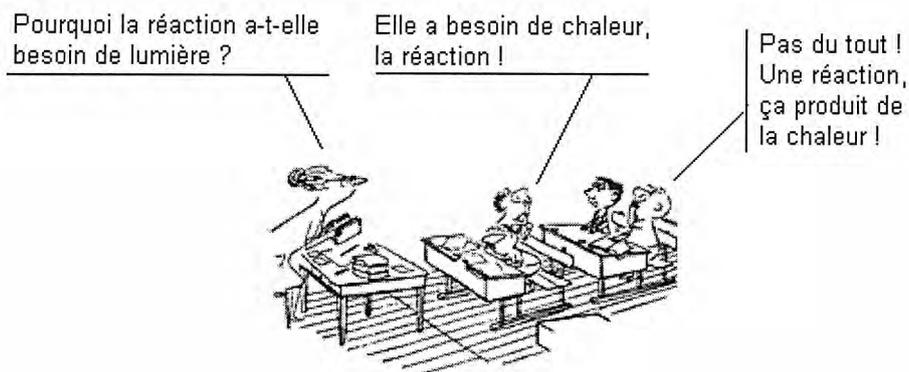
La cellulose est un polymère formé d'une longue chaîne de molécules de glucose.

B.1. Le glucose ($C_6H_{12}O_6$) est formé dans les végétaux à partir de l'eau et du dioxyde de carbone de l'air, en présence de lumière.

B.1.1. Écrire et équilibrer l'équation de la réaction décrite ci-dessus.

B.1.2. Quel est le nom du processus biologique mis en jeu dans cette réaction ?

B.1.3. Lors de la séquence de cours, survient le dialogue suivant :



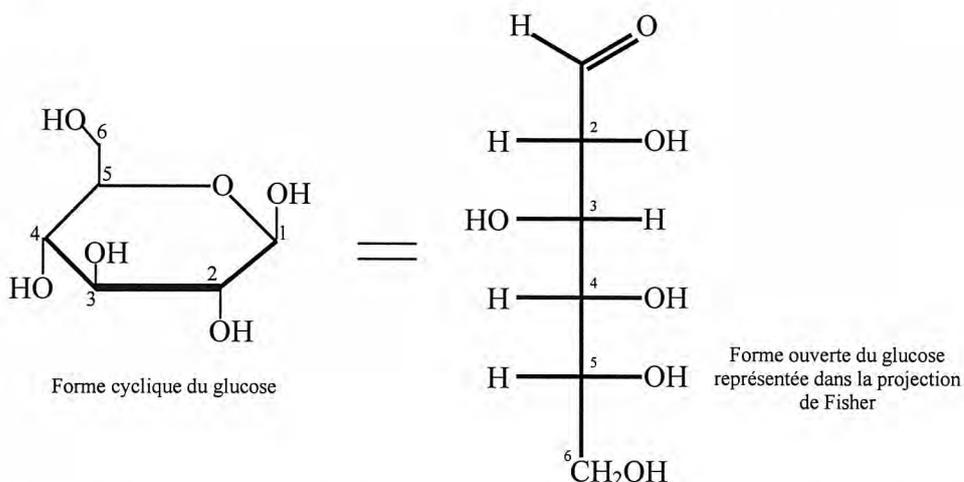
Le professeur désire clarifier certaines notions abordées par la classe.

B.1.3.1. Comment nomme-t-on une réaction qui absorbe de l'énergie sous forme thermique lorsqu'elle se produit ?

B.1.3.2. Proposer deux expériences différentes, simples à réaliser devant la classe, illustrant un dégagement d'énergie sous forme thermique au cours d'une réaction.

B.2. La molécule de glucose existe sous deux formes tautomères, l'une cyclique, l'autre ouverte.

Figure 1



B.2.1. Reproduire la forme cyclique de la molécule de glucose en y faisant figurer, par leur symbole, tous les atomes la constituant.

B.2.2. Indiquer, à l'aide de la représentation de Fischer, le nombre et le nom des fonctions chimiques présentes dans cette molécule dans sa forme ouverte.

B.2.3. Justifier le fait que le glucose soit soluble dans l'eau (à 20°C).

B.2.4. Reproduire la représentation du glucose dans la projection de Fischer en y indiquant, à l'aide d'astérisques, les carbones asymétriques.

B.2.5. Donner la configuration absolue (nomenclature R - S) du carbone 2.

B.3. L'oxydation des alcools en chimie organique fait l'objet d'une séquence de travaux pratiques.

On réalise devant les élèves l'oxydation ménagée d'un alcool par l'expérience dite de « la lampe sans flamme ».

B.3.1. Représenter, sous forme d'un schéma annoté, le dispositif nécessaire à la réalisation de cette expérience.

B.3.2. Le produit obtenu est testé. Les résultats sont reportés dans le tableau ci-dessous :

Test à la DNPH	Test à la liqueur Fehling
Test positif	Test négatif

Quelles ont été les observations des élèves lors des tests :

- à la DNPH ?
- à la liqueur de Fehling ?

B.3.3. Indiquer à quelle famille appartient le produit obtenu par oxydation ménagée de l'alcool étudié et en déduire la classe de cet alcool.

Partie C : La cellulose

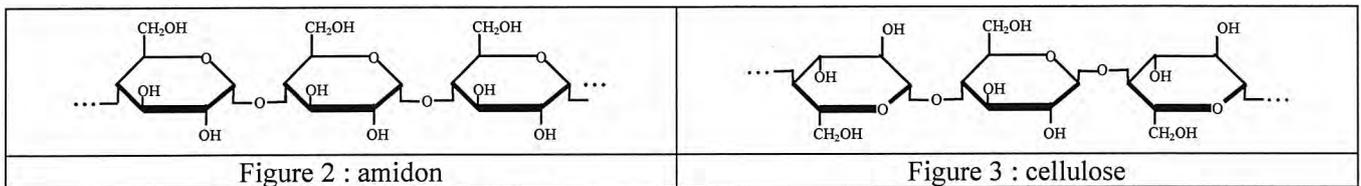
(Remarque : Certaines des données utiles à la réalisation de cette partie sont reportées, en encadré, à la fin de la partie D)

C.1. Le bois contient environ 50 % de cellulose de formule brute $(C_6H_{10}O_5)_n$ avec $3500 < n < 10000$.

C.1.1. Indiquer ce que représente « n ».

C.1.2. En supposant $n = 5000$, calculer la masse molaire, notée M , de cette macromolécule.

C.2. La cellulose et l'amidon sont des polymères tous deux formés d'une longue chaîne de molécules cycliques de glucose.

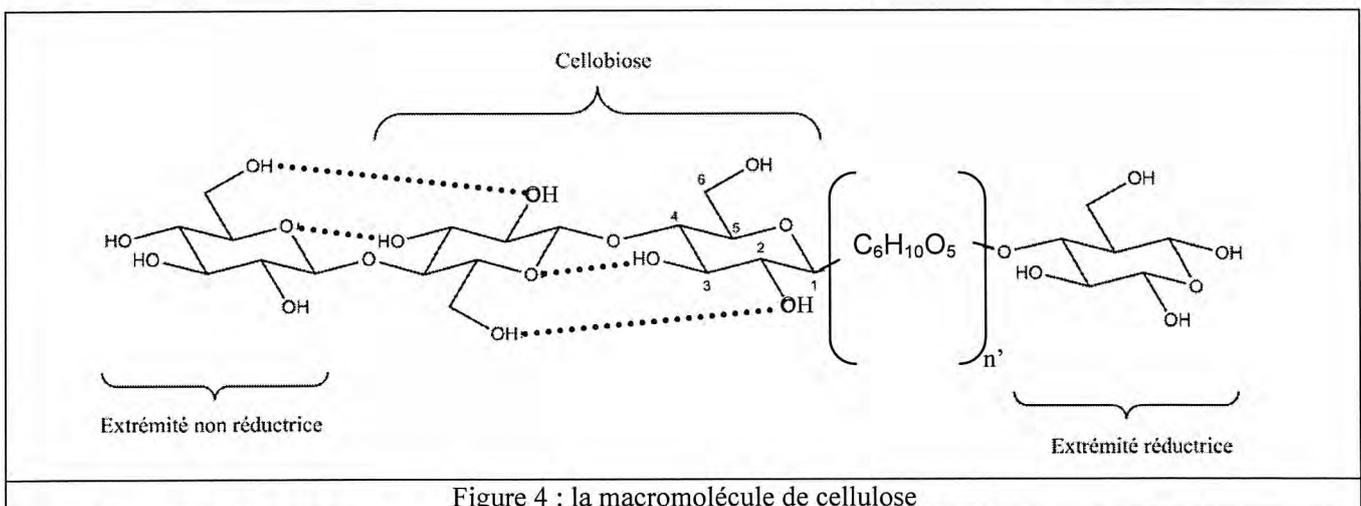


C.2.1. Le carbone 1, de la forme cyclique du glucose, est un centre d'asymétrie. Il existe donc deux stéréo-isomères de cette forme : l' α -glucose et le β -glucose.

Le β -glucose est représenté sur la figure 1 de la page 15. Représenter l' α -glucose.

C.2.2. Préciser, à l'aide des figures 2 et 3, la différence entre la cellulose et l'amidon.

C.2.3. La molécule de cellulose est représentée par la répétition d'un dimère appelé « cellobiose ».



Donner, à l'aide de ce dimère, la formule semi-développée de la cellulose $(C_6H_{10}O_5)_{5000}$.

C.2.4. Cette polymérisation est-elle une polycondensation ou une polyaddition ? Justifier.

C.2.5. Justifier le caractère réducteur de l'extrémité réductrice du polymère.

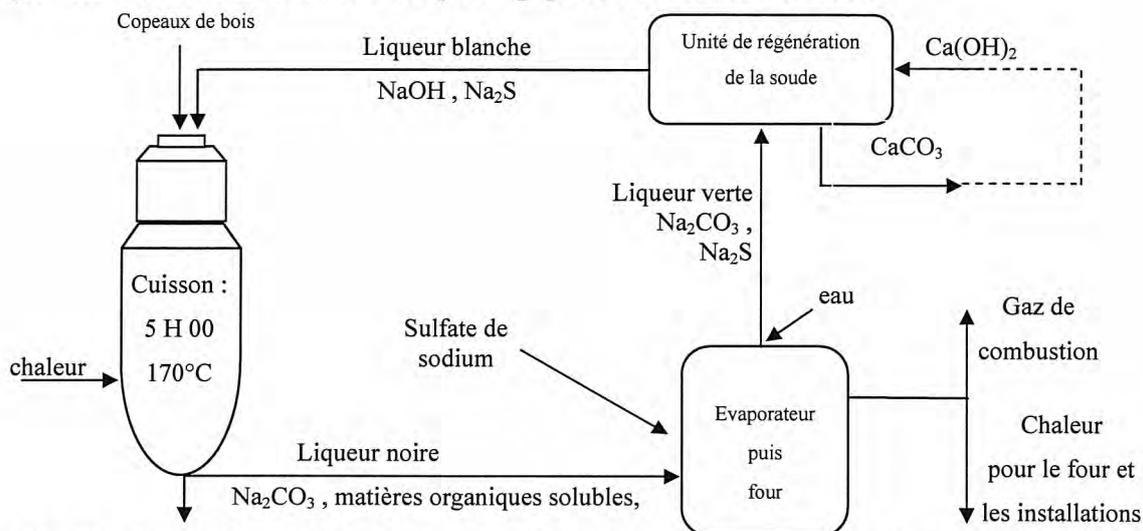
C.2.6. Sur la figure 4, les liaisons en pointillés représentent des liaisons « hydrogène ».
Préciser l'origine de cette liaison hydrogène ?

C.2.7. La cellulose permet au bois de retenir l'eau. Justifier le caractère « hydrophile » de la cellulose.

C.2.8. Le glucose est soluble dans l'eau, alors que la cellulose ne l'est pas.
Proposer une explication à ces propriétés différentes.

Partie D : Le papier, le procédé « Kraft »

La matière première du papier est la cellulose. La cellulose du bois est associée aux hémicelluloses et à la lignine qui donne une couleur marron à la pâte à papier. Il faut donc l'éliminer.



Le procédé « Kraft » est le procédé chimique le plus courant. Des copeaux de bois subissent une cuisson en milieu alcalin, par une solution de soude et de sulfure de sodium, à environ 170°C pendant 2 à 5 heures. La lignine réagit avec les différents composés soufrés pour donner des thiolignines plus facilement solubles. La pâte à papier, contenant les fibres de cellulose, est séparée du liquide de cuisson (la liqueur noire) qui est ensuite régénérée en liqueur blanche.

D.1. La liqueur blanche du procédé Kraft

Elle contient une solution d'hydroxyde de sodium (soude) et des ions sulfure.

D.1.1. Décrire la préparation en laboratoire d'un litre de solution d'hydroxyde de sodium à 150g.L⁻¹.
Indiquer les mesures de sécurité à prendre pour effectuer cette préparation.

D.1.2. L'ion sulfure est une dibase faible.

D.1.2.1. Écrire l'équation modélisant sa réaction avec l'eau. On fera intervenir les deux couples acide-base H₂S/HS⁻ et HS⁻/S²⁻.

D.1.2.2. Exprimer la constante d'équilibre K de cette réaction en fonction des concentrations des espèces présentes en solution.

D.1.2.3. Calculer K (à 25°C).

D.1.2.4. Tracer le diagramme de prédominance des espèces en fonction du pH. On se placera à 25°C.

D.1.2.5. Lors de l'exploitation du procédé industriel, un échantillon de liqueur blanche est prélevé. La température de l'échantillon est ramenée à 25°C. Le pH est mesuré à 13,5.

Calculer le rapport $\frac{[S^{2-}]}{[H_2S]}$. Ce résultat est-il en accord avec le diagramme de prédominance tracé à la question précédente ? Justifier.

D.2. La liqueur noire du procédé Kraft

Cette liqueur est d'abord concentrée dans des évaporateurs, reçoit un apport de sulfate de sodium, puis est calcinée.

D.2.1. Donner le nombre d'oxydation du soufre dans les ions sulfate SO_4^{2-} et sulfure S^{2-} .

Préciser l'oxydant et le réducteur du couple Redox constitué par ces deux espèces.

D.2.2. Lors du procédé industriel, le sulfure est régénéré par réaction des ions sulfate avec le carbone.

Cette réaction produit un dégagement de dioxyde de carbone.

Écrire l'équation de cette réaction.

D.3. La liqueur verte du procédé Kraft

Elle contient essentiellement du carbonate de sodium (Na_2CO_3) et du sulfure de sodium (Na_2S).

Pour régénérer la soude, et éliminer les ions carbonate de la liqueur verte, on ajoute de l'hydroxyde de calcium ($\text{Ca}(\text{OH})_2$).

D.3.1. Écrire la réaction de précipitation du carbonate de calcium (CaCO_3).

D.3.2. Calculer la concentration molaire en $[\text{Ca}^{2+}]$ dans une solution saturée en CaCO_3 .

D.3.3. Lors du procédé industriel, 100m^3 de liqueur verte, contenant 90 g.L^{-1} de carbonate de sodium, sont traités quotidiennement par ajout d'hydroxyde de calcium.

Les ions calcium ainsi introduits permettent la précipitation du carbonate de calcium. Calculer la masse d'hydroxyde de calcium à introduire chaque jour.

D.3.4. Le carbonate de calcium récupéré est envoyé dans un four à chaux pour être calciné. La chaux vive (CaO) obtenue est alors immergée dans un grand volume d'eau pour former l'hydroxyde de calcium selon la réaction : $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}(\text{OH})_2$

Calculer l'enthalpie de cette réaction. Cette réaction dégage-t-elle de la chaleur ?

Justifier.

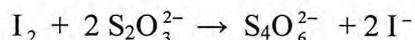
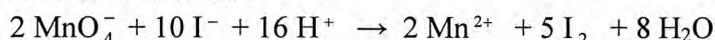
D.4. Indice Kappa d'une pâte à papier

La pâte contient encore un peu de lignine. En vue d'optimiser les opérations de blanchiment du papier, on mesure la quantité de la lignine restante. On détermine alors l'indice Kappa qui caractérise la blancheur de la pâte.

Le mode opératoire consiste à oxyder la lignine restante par un excès d'oxydant puissant : les ions permanganate en milieu acide.

Les ions permanganate restants sont dosés (dosage en retour) par iodométrie.

Les réactions mises en jeu sont les suivantes :



Protocole opératoire :

- étape 1 : on recouvre la pâte avec un volume $V_1 = 100\text{mL}$ de permanganate acidifié à $c_1 = 0,020\text{ mol/L}$;
- étape 2 : on laisse le temps de la réaction. On note c_2 la concentration du permanganate après la réaction, le volume n'ayant pas changé par ailleurs ;
- étape 3 : on ajoute, à la solution précédente, 25mL d'iodure de potassium de concentration $c_3 = 0,50\text{ mol/L}$;
- étape 4 : on réalise le dosage du diiode formé par le thiosulfate de sodium de concentration $c_4 = 0,20\text{ mol/L}$.

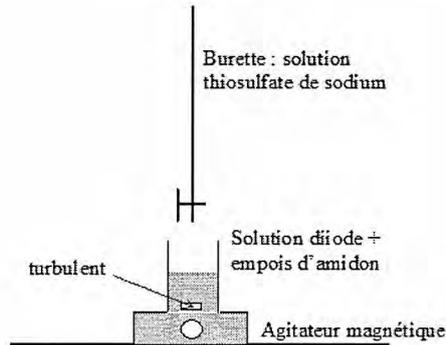
Dans le cadre de l'étude menée sur le bois, le professeur souhaite faire déterminer par ses élèves l'indice Kappa d'une pâte à papier. Un morceau de pâte est fourni par une entreprise proche du lycée.

Préparation de la séance de travaux pratiques

Sur chaque poste de travail, les élèves disposent :

- d'un bécher contenant 3g de pâte ;
- d'un volume $V_1=100$ mL de permanganate acidifié à $c_1=0,020$ mol/L (on notera c_2 la concentration inconnue de permanganate de potassium restant dans la solution de 100mL) ;
- d'une bouteille de 1L d'iodure de potassium de concentration $c_3 = 0,50$ mol/L ;
- d'une bouteille de 1L de thiosulfate de sodium de concentration $c_4 = 0,20$ mol/L ;
- d'un flacon d'empois d'amidon ;
- de la verrerie et de l'appareillage nécessaires.

Le schéma ci-dessous est extrait du document élaboré par le professeur pour ses élèves.



D.4.1. Indiquer les précautions de sécurité à prendre (protection individuelle).

D.4.2. Au cours de la séance, le professeur évalue la préparation de la burette en vue du dosage. Indiquer les actions successives que doivent réaliser les élèves sous le regard du professeur.

D.4.3. Indiquer le rôle de l'empois d'amidon.

D.4.4. Indiquer pourquoi le permanganate de potassium doit être acidifié.

D.4.5. Calculer la quantité minimale d'iodure de potassium, notée V_{min} , à mettre en solution.

D.4.6. Le volume de thiosulfate équivalent V_{eq} est égal à 24mL.

Calculer :

- le nombre de moles, notée n_{I_2} , de diiode en solution à la fin de l'étape 3 ;
- le nombre de moles d'ions permanganate, noté n_2 , présents dans le bécher à la fin de l'étape 2 ;
- la concentration c_2 .

D.4.7. Calculer le nombre de moles, n_0 , d'ions permanganate ayant réagi avec la lignine de la pâte.

D.4.8. L'indice Kappa se détermine à l'aide de la relation suivante :

$$\text{Indice Kappa} = 2 \times \frac{(50 - V_{eq})}{\text{masse de pâte}}$$

(V_{eq} en mL ; *masse* en g).

Calculer l'indice Kappa de l'échantillon de pâte testé.

Pour information :

L'indice Kappa détermine la nature du traitement à appliquer à la pâte en vue de son blanchiment.

Si l'indice Kappa est supérieur à 12, la séquence de blanchiment de la pâte sera ECF (Exempt de Chlore Élémentaire). Cette séquence utilise du dioxyde de chlore néfaste à l'environnement.

Si l'indice Kappa est inférieur à 12, la séquence de blanchiment de la pâte sera TCF (Totalemment Exempt de Chlore). Elle utilise le peroxyde d'hydrogène et l'ozone, et ne rejette pas de chlore dans les effluents.

Données :

Toutes les données thermodynamiques sont données à 25°C.

Constante d'équilibre de l'eau $K_e = 10^{-14}$

Couples	H_2S/HS^-	$pK_{a1} = 6,9$
	HS^-/S^{2-}	$pK_{a2} = 12,0$

Enthalpies de formation	CaO (s) :	-635,5 kJ/mol
	H ₂ O (liquide) :	-285,8 kJ/mol
	Ca(OH) ₂ (s) :	-986,6 kJ/mol

Masses molaires atomiques	H :	1,0 g/mol
	C :	12,0 g/mol
	O :	16,0 g/mol
	Na :	23,0 g/mol
	Ca :	40,1 g/mol

$pK_s (CaCO_3) = 8,3$

Partie E : Les colles à bois

E.1. Il existe deux grands types de colle : les colles thermoplastiques et les colles thermodurcissables.

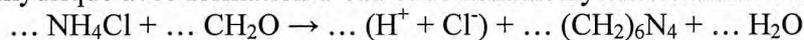
E.1.1. Donner une définition du terme «thermoplastique».

E.1.2. Donner une définition du terme «thermodurcissable».

E.1.3. Décrire la principale différence entre ces deux types de colle.

E.2. La rapidité de prise d'une colle dépend de plusieurs paramètres, notamment de la qualité du durcisseur employé. En effet le degré de polymérisation de la colle dépend de ce durcisseur. Par exemple pour les colles de type « urée-formol » (famille des thermodurcissables), la vitesse de prise est extrêmement sensible aux variations de pH, la vitesse augmentant très rapidement avec la diminution du pH.

En général, les durcisseurs sont des substances se décomposant en acide. Ainsi, le chlorure d'ammonium libère de l'acide chlorhydrique avec formation d'eau et de hexaméthylènetétramine selon la réaction :



La courbe de l'annexe 2 représente l'évolution de la concentration en ions H_3O^+ au cours du temps. Cette évolution influe directement sur le pH de la solution donc sur la vitesse de prise de la colle. La réaction est ici réalisée à une température de $\theta_1 = 20^\circ\text{C}$.

Le volume réactionnel est supposé constant lors de la réaction.

E.2.1. Recopier et équilibrer l'équation-bilan ci-dessus.

E.2.2. Déterminer graphiquement à l'aide de l'annexe 2, la valeur numérique de la vitesse volumique $v_i(t_1)$ de formation des ions H_3O^+ à l'instant $t_1 = 4$ min.

E.3. Un des facteurs caractérisant la cinétique d'une réaction chimique est le temps de demi-réaction. On supposera que la concentration en ions H_3O^+ est initialement négligeable et peut être assimilée à 0 mol.L^{-1} à $t = 0\text{s}$.

E.3.1. Donner la définition du temps de demi-réaction.

E.3.2. Déterminer la valeur $t_{1/2}$ du temps de demi-réaction à l'aide de l'annexe 2. Le résultat sera exprimé en minute et arrondi à la minute la plus proche.

E.4. Sur le graphique donné en annexe 3, on représente l'évolution de la même réaction réalisée à trois températures différentes $\theta_1 = 20^\circ\text{C}$, θ_2 et θ_3 . Les concentrations des réactifs restent inchangées.

Quelle courbe (G_2 ou G_3) correspond à la réaction réalisée à une température supérieure à 20°C ? Justifier votre réponse.

E.5. Modélisation de la cinétique de réaction

La température vaut $\theta_1 = 20^\circ\text{C}$. L'évolution de la concentration en ions H_3O^+ au cours du temps peut se modéliser par une relation du type : $[\text{H}_3\text{O}^+](t) = A(1 - e^{-kt})$.

Dans cette expression, A et k sont des constantes et t est le temps exprimé en minutes. La concentration des ions H_3O^+ est exprimée en mol.L^{-1} .

E.5.1. Que représente la constante A et quelle est son unité ?

E.5.2. Quelle est l'unité de la constante k ?

E.5.3. Déterminer les valeurs numériques de A et de k , à l'aide de la courbe représentative de l'évolution de la concentration en ions H_3O^+ au cours du temps, donnée en annexe 3.

E.5.4. D'après le graphique de l'annexe 3, la température influence-t-elle la constante A ? Justifier votre réponse.

E.5.5. D'après le graphique de l'annexe 3, la température influence-t-elle la constante k ? Justifier votre réponse.

E.5.6. A partir de la valeur de k déterminée à la question E.5.3 et de la fonction $[H_3O^+](t)$, retrouver la valeur du temps de demi-réaction $t_{1/2}$. Le résultat sera exprimé en minute et arrondi à la minute la plus proche.

Nom : <i>(Suivi, s'il y a lieu, du nom d'épouse)</i>	<input type="text"/>																							
Prénom :	<input type="text"/>																							
N° d'inscription :	<input type="text"/>								Né(e) le :	<input type="text"/>		/	<input type="text"/>		/	<input type="text"/>								

(Le numéro est celui qui figure sur la convocation ou la feuille d'émargement)

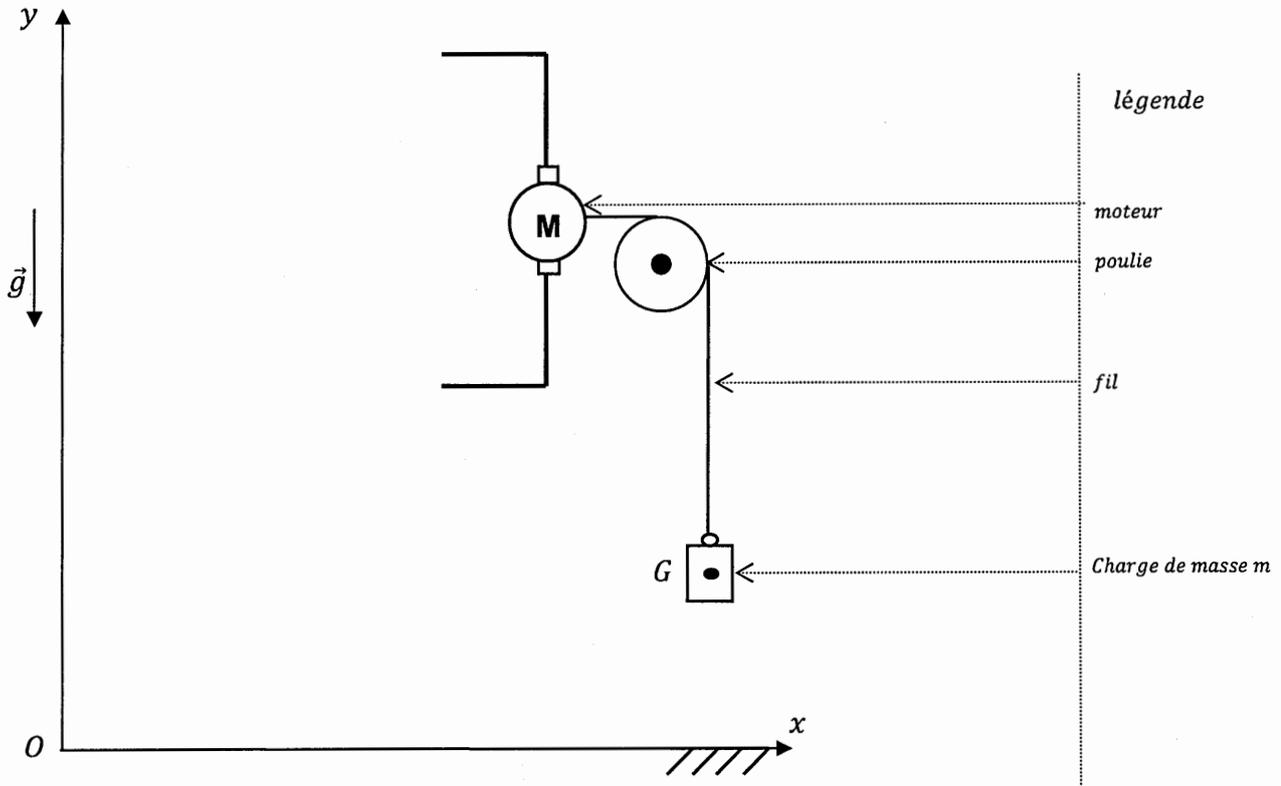
<input type="checkbox"/>	Concours	<input type="text"/>	Section/Option	<input type="text"/>	Epreuve	<input type="text"/>	Matière	<input type="text"/>
--------------------------	-----------------	----------------------	-----------------------	----------------------	----------------	----------------------	----------------	----------------------

GFE MSP 2

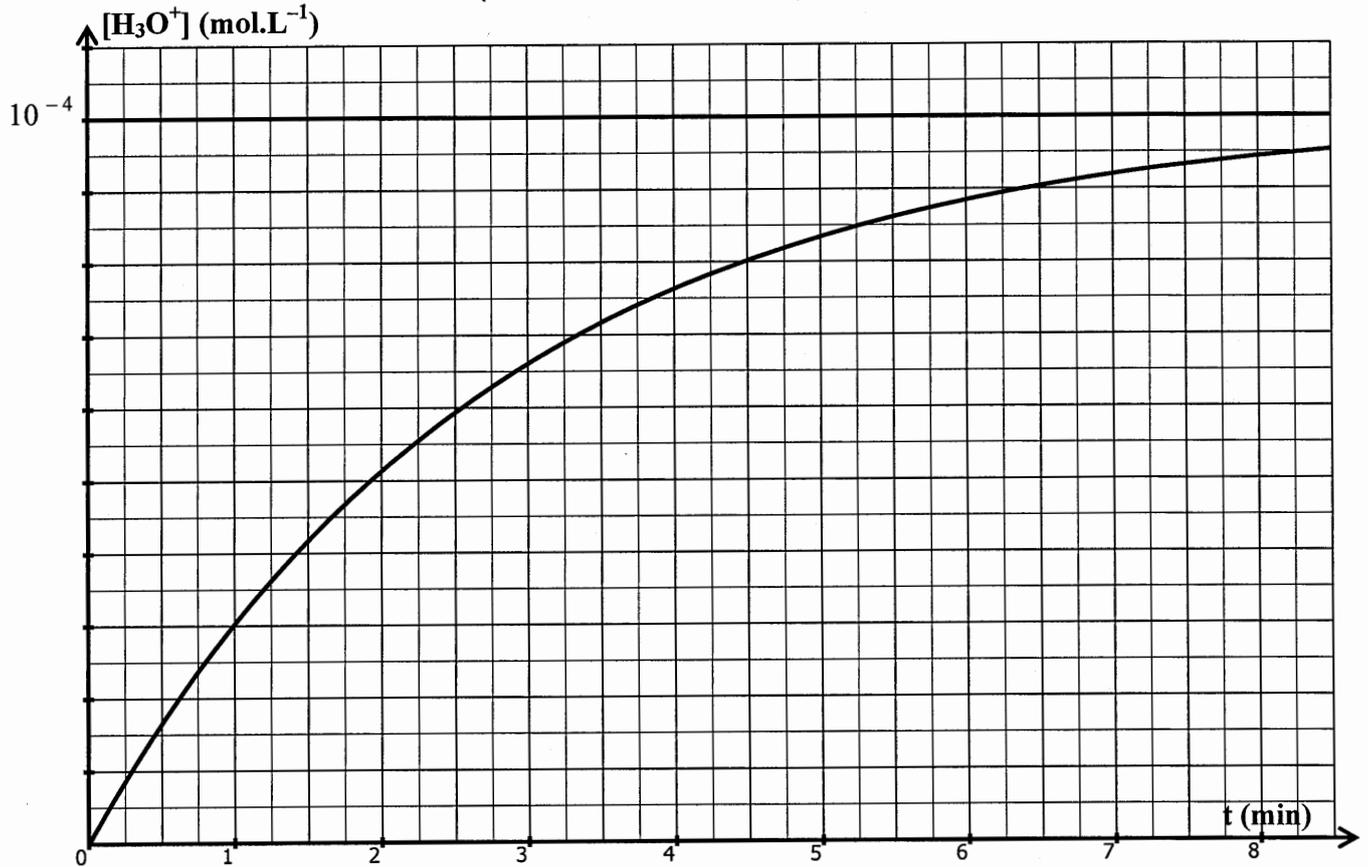
ANNEXES 1, 2 et 3

**ANNEXE 1 – Physique –
(à rendre avec la copie)**

Schéma :



ANNEXE 2 – Chimie – Partie E
(à rendre avec la copie)



ANNEXE 3 – Chimie – Partie E

