

BACCALAURÉAT GÉNÉRAL

SESSION 2013

PHYSIQUE-CHIMIE

Série S

DURÉE DE L'ÉPREUVE : 3 h 30 – COEFFICIENT : 8

L'usage des calculatrices EST autorisé

Ce sujet ne nécessite pas de feuille de papier millimétré

Ce sujet comporte trois exercices présentés sur 13 pages numérotées de 1/13 à 13/13, y compris celle-ci.

La feuille annexe 2 (page 13/13) EST À RENDRE OBLIGATOIREMENT AVEC LA COPIE.

Les feuilles de l'annexe 1 (pages 11/13 et 12/13) pourront être rendues si le candidat le souhaite.

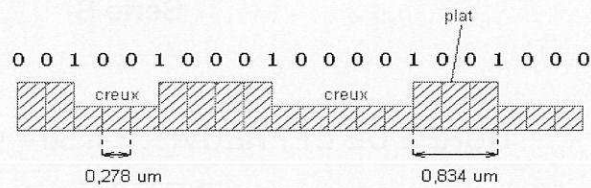
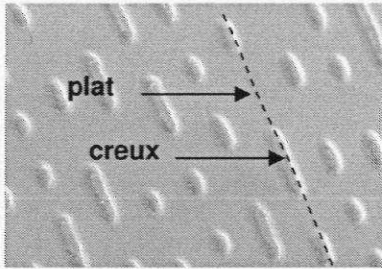
Le candidat doit traiter les trois exercices qui sont indépendants les uns des autres.

EXERCICE I. UN NOUVEAU STOCKAGE OPTIQUE : LE BLU-RAY (7,5 points)

La technique du disque LASER repose sur une méthode optique : un faisceau de lumière cohérente (LASER) vient frapper le disque en rotation. Des cavités de largeur $0,6 \mu\text{m}$, dont la longueur oscille entre $0,833 \mu\text{m}$ et $3,56 \mu\text{m}$, sont creusées à la surface réfléchissante du disque, produisant des variations binaires de l'intensité lumineuse du rayon réfléchi qui sont enregistrées par un capteur.

Plus précisément, lorsque le faisceau passe de la surface plane (plat) à une cavité (creux), il se produit des interférences et la valeur binaire 1 est attribuée. Au contraire, tant que le faisceau reste dans un creux ou sur un plat, le capteur détecte le même faisceau original et fait correspondre à cet état la valeur binaire 0.

L'information binaire peut être ensuite transformée en un signal analogique par un convertisseur.



1. Le LASER, faisceau de lumière cohérente :

La lumière émise par la source LASER provient de l'émission stimulée d'atomes excités par pompage optique. On a représenté sur le document 1 deux niveaux d'énergie d'un atome présent dans la cavité de la source LASER.

1. 1. Dans quel niveau d'énergie l'atome est-il le plus excité?

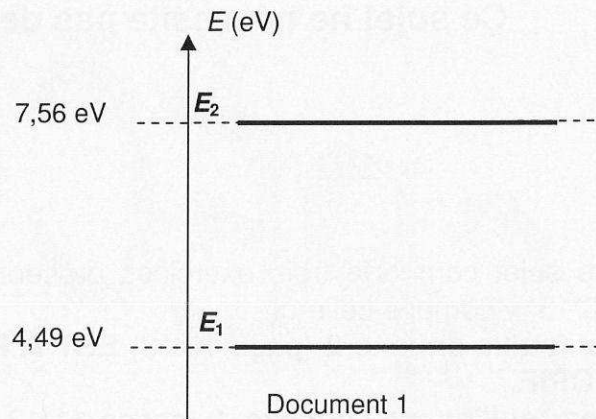
1. 2. Quelle est la valeur de la longueur d'onde de la radiation lumineuse qu'il faut envoyer sur l'atome pour provoquer une émission stimulée de cet atome ?

La relation entre la fréquence ν de la radiation lumineuse et l'énergie E du photon est $E = h \cdot \nu$

Constante de Planck : $h = 6,62 \times 10^{-34} \text{ J}\cdot\text{s}$

Célérité de la lumière : $c = 3,00 \times 10^8 \text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$

$$1 \text{ eV} = 1,60 \times 10^{-19} \text{ J}$$



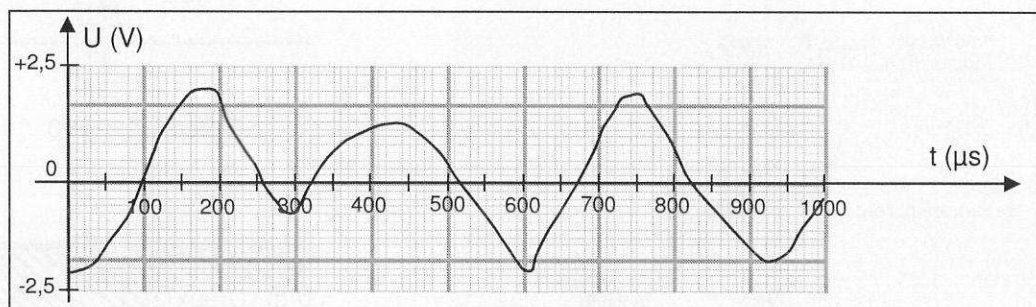
1. 3. Quelle est la longueur d'onde de la radiation émise par l'atome ?

1. 4. Donner deux caractéristiques de la lumière LASER.

2. Stockage des informations sur le disque LASER :

2.1. Pourquoi dit-on que l'information est stockée sur le disque sous forme binaire ?

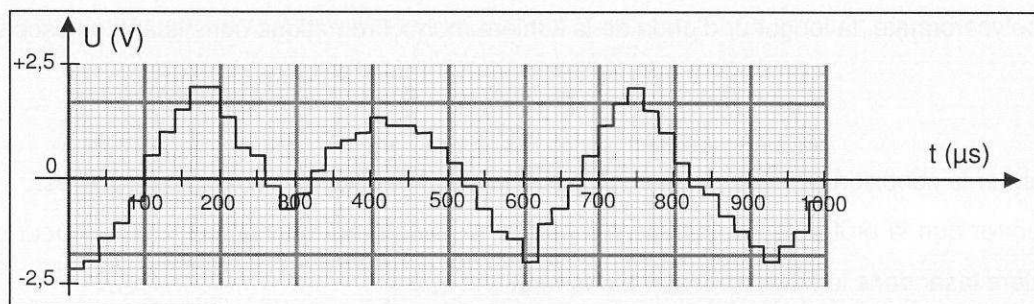
2.2. On a représenté sur le document 2, la tension issue du microphone qui a permis l'enregistrement du son sur le disque :



Cette tension forme-t-elle un signal numérique ou analogique ? Justifier la réponse.

2.3. Pour lire le disque et entendre la musique qui a été enregistrée, l'information qu'il contient doit être transformée en une tension qui alimente des haut-parleurs.

On a représenté sur le document 3, la tension envoyée par le lecteur CD aux bornes du haut-parleur qui diffère sensiblement de la précédente tension enregistrée par le microphone.



2.3.1. Déterminer la fréquence d'échantillonnage du convertisseur numérique – analogique.

2.3.2. Comment faudrait-il modifier cette fréquence d'échantillonnage pour que le signal envoyé au haut-parleur se rapproche davantage de celui délivré par le microphone enregistrateur ?

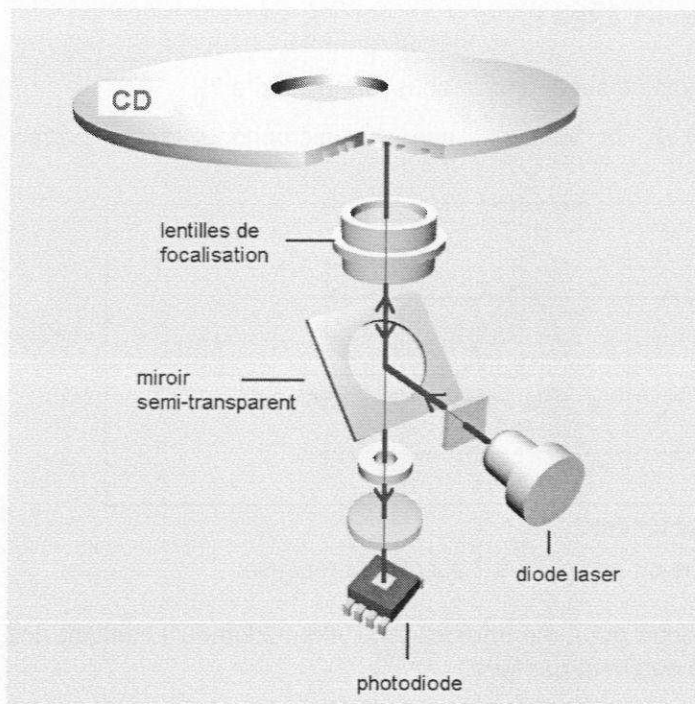
3. Lecture des informations sur le disque LASER :

Le document 4 représente le système de lecture du disque.

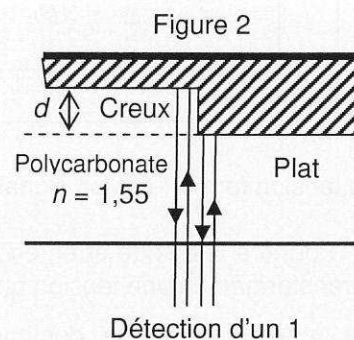
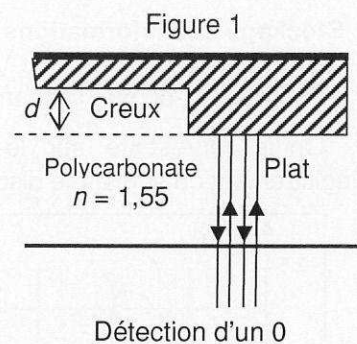
Le faisceau lumineux, constitué d'une lumière monochromatique de longueur d'onde λ_0 dans le vide est émis par la diode LASER. Il traverse une couche protectrice transparente en polycarbonate dont l'indice est $n = 1,55$, puis il est réfléchi par le disque et détecté par la photodiode.

Lors de la détection d'un 0, le faisceau est entièrement réfléchi par un plat ou par un creux (figure 1 document 4). Tous les rayons composant le faisceau ont donc parcouru le même trajet. Lors de la détection d'un 1, le faisceau laser passe d'un plat à un creux ou inversement (figure 2 document 4). Une partie du faisceau est alors réfléchi par le plat et l'autre partie par le creux. Tous les rayons composant le faisceau n'ont donc pas parcouru le même trajet.

On note ΔL la différence de parcours des deux parties du faisceau qui se superposent et interfèrent lors de leur détection.



Document 4

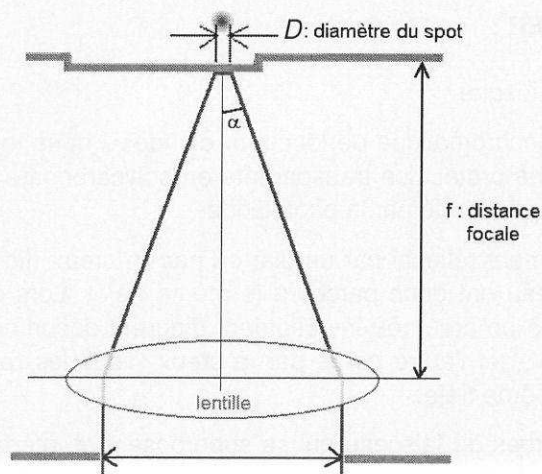


Dans le polycarbonate, la longueur d'onde de la lumière monochromatique constituant le faisceau est

$$\lambda = \frac{\lambda_0}{n}$$

- 3.1. Donner la condition que doit vérifier ΔL pour que les interférences soient destructives.
- 3.2. Montrer que la profondeur minimale d du creux s'exprime en fonction de λ , la longueur d'onde de la lumière laser dans le polycarbonate, par la relation : $d = \frac{\lambda}{4}$.
- 3.3. Calculer d pour un CD lu par un faisceau LASER de longueur d'onde dans le vide $\lambda_0 = 780 \text{ nm}$.
- 3.4. Dans quel cas le capteur reçoit-il plus de lumière (détection d'un 0 ou détection d'un 1) ? Justifier la réponse.

4. Intérêt de la technologie Blu-Ray :



Document 5

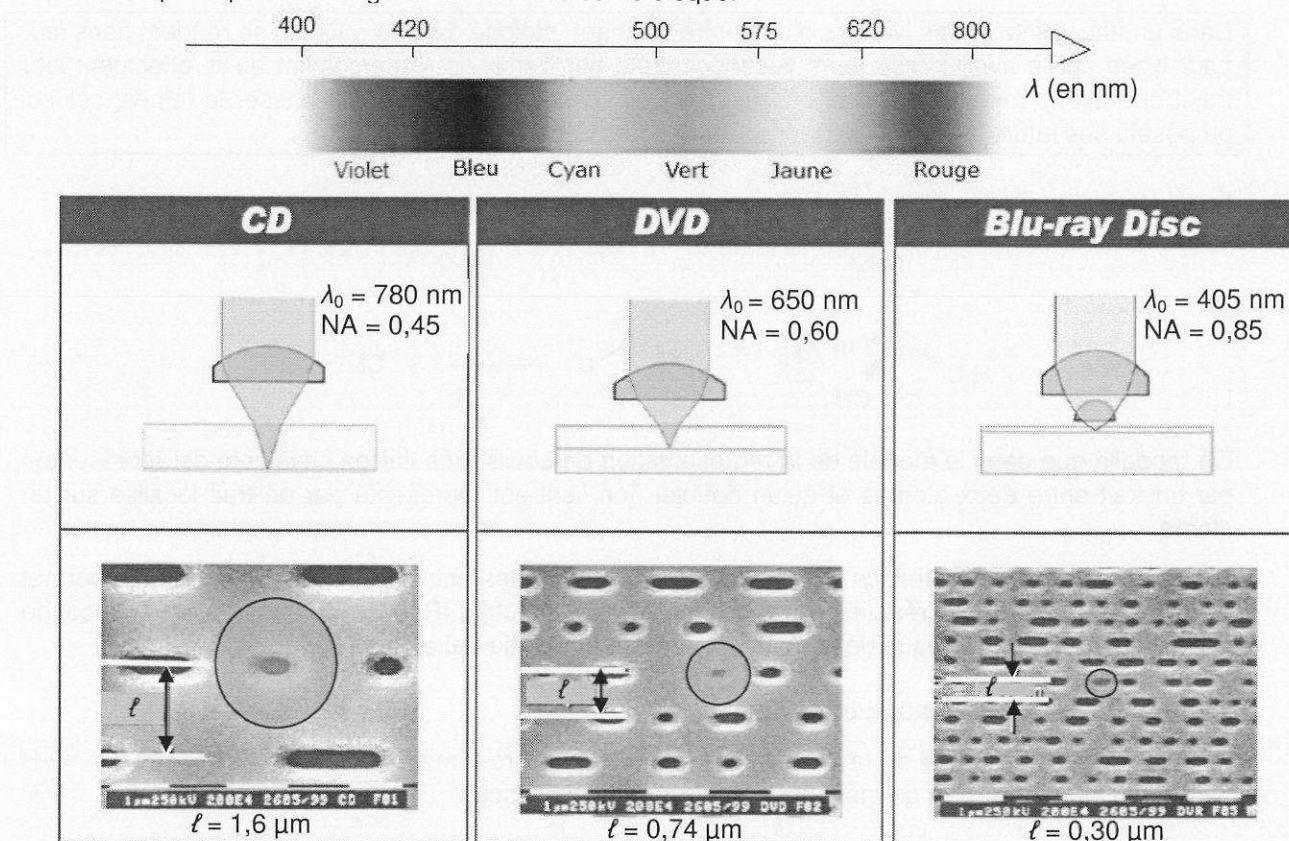
La quantité $NA = \sin \alpha$ est appelée « ouverture numérique ».

α est l'angle d'ouverture du demi-cône formé par le faisceau laser (voir document 5)

Le diamètre D du spot sur l'écran s'exprime alors par la formule :

$$D = 1,22 \cdot \frac{\lambda_0}{NA}$$

On a donné sur le document 6 les valeurs de l'ouverture numérique, de la longueur d'onde et de la distance ℓ qui sépare deux lignes de données sur le disque.



Document 6

4. 1. Justifier l'appellation « Blu-ray » en faisant référence à la longueur d'onde du faisceau Laser.
4. 2. Quel est le phénomène qui empêche d'obtenir dans chaque cas une largeur de faisceau plus faible ?
4. 3. En utilisant les données du document 6, vérifier que le diamètre D du spot dans le cas de la technologie Blu-ray est compatible avec la distance 2ℓ qui sépare trois lignes de données sur le disque.
4. 4. En argumentant votre réponse expliquer comment il est possible d'améliorer la capacité de stockage du disque sans modifier sa surface.
4. 5. Un disque blu-ray peut contenir jusqu'à 46 Gio de données, soit environ 4 heures de vidéo haute définition (HD).

Calculer le débit binaire de données numériques dans le cas de la lecture d'une vidéo HD (en Mibit/s).

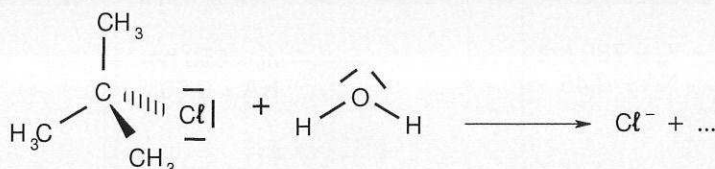
Données : 1 Gio = 2^{30} octets ; 1 octet = 8 bits ; 1 Mibit = 2^{20} bits

4. 6. La haute définition utilise des images de résolution d'au moins 720 pixels en hauteur et 900 pixels en largeur. Chaque pixel nécessite 24 bits de codage (8 par couleur primaire).
 - 4.6.1. Montrer que la taille numérique d'une image non compressée est d'environ 15 Mibit.
 - 4.6.2. Combien d'images par seconde peut-on obtenir sur l'écran de l'ordinateur avec le débit binaire calculé à la question 4.5 ?
 - 4.6.3. Pour éviter l'effet de clignotement, la projection d'une vidéo nécessite au moins 25 images par seconde. Pourquoi faut-il réduire la taille des images à l'aide d'un protocole de compression d'image ?

Exercice II : CHIMIE ORGANIQUE RELATIVISTE (7,5 points)

Dans un futur lointain, des lycéens d'un centre étranger, éloigné dans la galaxie, se rendent dans leur futur lycée après avoir passé leurs vacances d'été sur Terre. Ils s'aperçoivent qu'ils effectuent leur trajet en navette avec leur nouvel enseignant de sciences physiques. Pour passer le temps, celui-ci propose à ses futurs élèves de s'avancer sur le cours de terminale S.

Ils s'intéressent à la réaction chimique entre l'eau et le 2-chloro-2-méthylpropane :



On rappelle que dans le modèle de la représentation de Lewis, une liaison covalente est représentée par un trait entre deux atomes et qu'un doublet non liant est représenté par un trait localisé sur un atome.

Les trois parties de cet exercice sont largement indépendantes entre elles. La première partie permet de trouver la nature de la réaction après une analyse de spectres IR et de RMN du proton, la seconde partie est une étude cinétique de la réaction, la troisième partie traite de relativité restreinte.

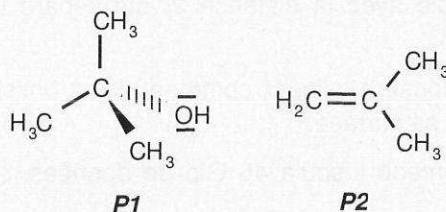
1. Etude de la transformation chimique

1.1. Préciser les polarités de la liaison C-Cl dans le 2-chloro-2-méthylpropane et des liaisons O-H dans l'eau, en utilisant les données d'électronégativité ci-dessous :

$$\chi(H) = 2,20 ; \chi(C) = 2,55 ; \chi(Cl) = 3,16 ; \chi(O) = 3,44.$$

1.2. À l'aide des formules de Lewis de l'eau et du 2-chloro-2-méthylpropane données précédemment, identifier les sites donneurs et accepteurs d'électrons pouvant être mis en jeu dans cette réaction.

1.3. La réaction chimique entre l'eau et le 2-chloro-2-méthylpropane peut conduire à deux produits par une substitution ou une élimination. Attribuer à chaque molécule représentée ci-dessous, le type de réaction, en le justifiant.



Afin de connaître le produit de réaction formé, **P1** ou **P2**, ses spectres IR et de RMN du proton sont effectués.

1.4. À partir du spectre IR fourni sur **le document 1 de l'annexe 1 page 11/13**, indiquer la présence ou l'absence de chaque groupe caractéristique mentionné dans le tableau ci-dessous.

| Groupe | O - H ⁽¹⁾ | C - H ⁽²⁾ | C - H ⁽³⁾ | C = C |
|-----------------------------------|----------------------|----------------------|----------------------|------------|
| Nombre d'onde (cm ⁻¹) | 3200 -3400 | 3000-3100 | 2810-3000 | 1620 -1680 |

⁽¹⁾ Alcool avec liaisons H

⁽²⁾ C lié à une double liaison

⁽³⁾ C ayant quatre liaisons covalentes simples

1.5. Identifier le produit de réaction **P1** ou **P2** à partir du spectre de RMN du proton fourni en **document 2 de l'annexe 1 page 11/13** et en utilisant éventuellement les résultats de la question 1.4.

| Proton | C = CH ₂ | C – O - H | CH ₃ - C = C | CH ₃ – C - O |
|-------------------------------------|---------------------|--------------------------|-------------------------|-------------------------|
| Déplacement chimique δ (ppm) | 4,5 à 6 | 0,7 à 5,5 ⁽¹⁾ | 1,6 | 1,15 à 1,3 |

⁽¹⁾ La position du signal dépend fortement du solvant et de la concentration.

1.6. A partir des réponses aux questions 1.3 et 1.5, donner la nature de la réaction étudiée.

1.7. Justifier qualitativement que cette réaction puisse être suivie par conductimétrie.

2. Etude de la cinétique de la réaction

Deux mélanges eau / acétone sont étudiés à différentes températures. L'eau est ici en large excès, elle intervient donc comme solvant et comme réactif. Les conditions opératoires sont résumées dans le tableau ci-dessous :

| | Eau | Acétone | 2-chloro-2-méthylpropane | Température (°C) |
|---------------------------|------|---------|--------------------------|------------------|
| Expérience A ₁ | 30 g | 20 g | 1,0 mL | 25 |
| Expérience A ₂ | 30 g | 20 g | 1,0 mL | 30 |
| Expérience A ₃ | 30 g | 20 g | 1,0 mL | 40 |
| Expérience B | 25 g | 25 g | 1,0 mL | 40 |

Le mélange eau / acétone est introduit dans un bécher de 100 mL qui est placé dans un bain thermostaté. Lorsque la température à l'intérieur du bécher est stabilisée à la valeur désirée, une sonde conductimétrique est introduite puis 1,0 mL de 2-chloro-2-méthylpropane est versé dans le milieu réactionnel sous agitation. Au bout de quelques secondes, l'agitation est stoppée puis la conductivité de la solution est suivie au cours du temps à l'aide d'un système informatisé. La durée d'acquisition est de 20 minutes pour chaque étude.

On suppose que :

$$\sigma(t) = K.x(t)$$

$\sigma(t)$ représente la conductivité de la solution à un instant donné à laquelle a été retranchée la conductivité initiale de la solution, K est une constante qui va dépendre du mélange considéré et de la température et $x(t)$ représente l'avancement de la réaction à un instant donné. Les graphes, placés **sur l'annexe 1 page 12/13 (documents 3 et 4)**, représentent $\sigma(t)$ en fonction du temps pour différentes conditions expérimentales.

2.1. En comparant les expériences A₁, A₂ et A₃ et en justifiant brièvement, indiquer l'influence de la température sur la vitesse de la réaction.

2.2. En comparant les expériences A₃ et B, indiquer l'influence de la proportion eau / acétone sur la vitesse de la réaction chimique. Justifier la réponse.

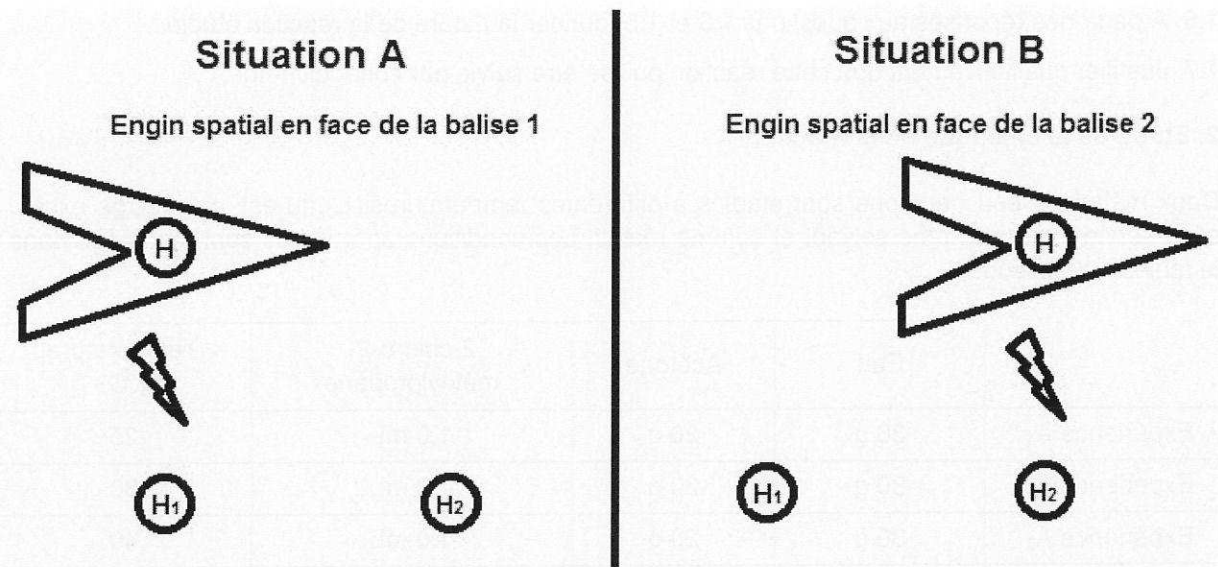
2.3. Définir le temps de demi-réaction.

2.4. Donner la valeur du temps de demi-réaction dans le cas de l'expérience A₃.

3. Cinétique relativiste

On imagine que la réaction est réalisée dans la navette spatiale s'éloignant à une vitesse de $v = 0,80.c$ de la Terre où c représente la vitesse de la lumière dans le vide.

Les élèves enregistrent un temps de demi-réaction de 1000 s dans la navette. Un observateur terrestre peut aussi en déduire une mesure du temps de demi-réaction à l'aide d'un dispositif embarqué dans l'engin qui va envoyer un signal lumineux à deux balises fixes par rapport à la Terre, placées dans l'espace, et munies de deux horloges H_1 et H_2 synchronisées. Un premier signal est envoyé au début de la réaction et un second lorsque le temps de demi-réaction est atteint. L'horloge H est fixe par rapport à la navette.



- 3.1. Définir la notion de temps propre.
- 3.2. Indiquer les deux référentiels étudiés ici.
- 3.3. Donner les noms de Δt_m et de Δt_p dans la relation $\Delta t_m = \gamma \Delta t_p$.
- 3.4. Dans quels référentiels sont déterminés respectivement Δt_m et Δt_p ?
- 3.5. Quel est le nombre suffisant d'horloge(s) qu'il faut utiliser pour mesurer la durée Δt_p ?
- 3.6. Sachant que $\frac{1}{\gamma^2} = 1 - \frac{v^2}{c^2}$, calculer γ , puis la durée inconnue.
- 3.7. Comparer Δt_m et Δt_p . Commenter.
- 3.8. Citer une expérience réaliste qui permet d'observer ce phénomène.

Exercice III : ÉTUDE DE LA FABRICATION D'UN PONTON EN MILIEU MARIN (5 points)



Vous faites partie d'un laboratoire d'ingénierie qui doit étudier la conception d'un ponton. En marine, le ponton (ou embarcadère) permet l'embarquement ou le débarquement de passagers et l'amarrage des bateaux. L'image, ci-contre, montre un ponton en construction.

D'après <http://www.parc-marais-poitevin.fr/>

Cet exercice porte sur la corrosion de piliers métalliques partiellement immergés en eau de mer. Vous devez, pour cela, lire attentivement l'ensemble des documents proposés, répondre à des questions à choix multiples sur l'annexe 2 à rendre avec la copie puis résoudre le problème posé à l'aide d'une rédaction d'au minimum 20 lignes.

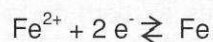
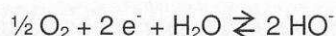
Document 1

L'acier est un alliage métallique utilisé dans les domaines de la construction mécanique. L'acier est constitué d'au moins deux éléments, le fer, très majoritaire, et le carbone, dans des proportions comprises entre 0,02 % et 2 % en masse. C'est essentiellement la teneur en carbone qui confère à l'alliage les propriétés du métal qu'on appelle « acier ».

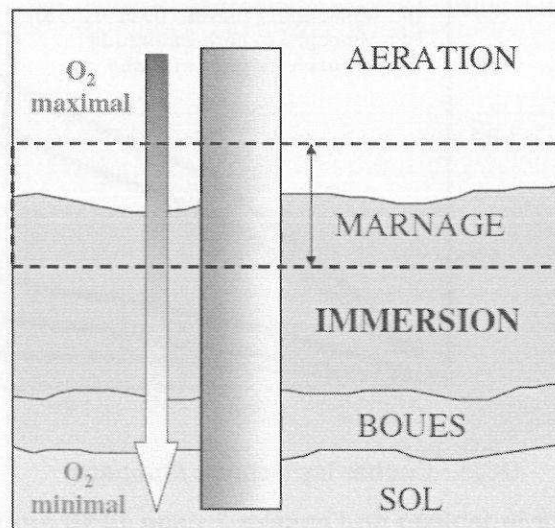
Pour l'acier, la corrosion se traduit par la formation de rouille. Ce produit composé d'oxydes plus ou moins hydratés ne se forme qu'en présence de dioxygène et d'eau à température ordinaire. Cette corrosion est dite aqueuse, et c'est la forme la plus fréquemment rencontrée en construction métallique.

La corrosion est un phénomène électrochimique : cela signifie qu'il se crée des piles à la surface de l'acier, dans lesquelles une des électrodes, l'anode, se consomme au bénéfice de l'autre, la cathode, qui reste intacte. L'électrolyte est constitué par l'eau, plus ou moins conductrice et oxygénée.

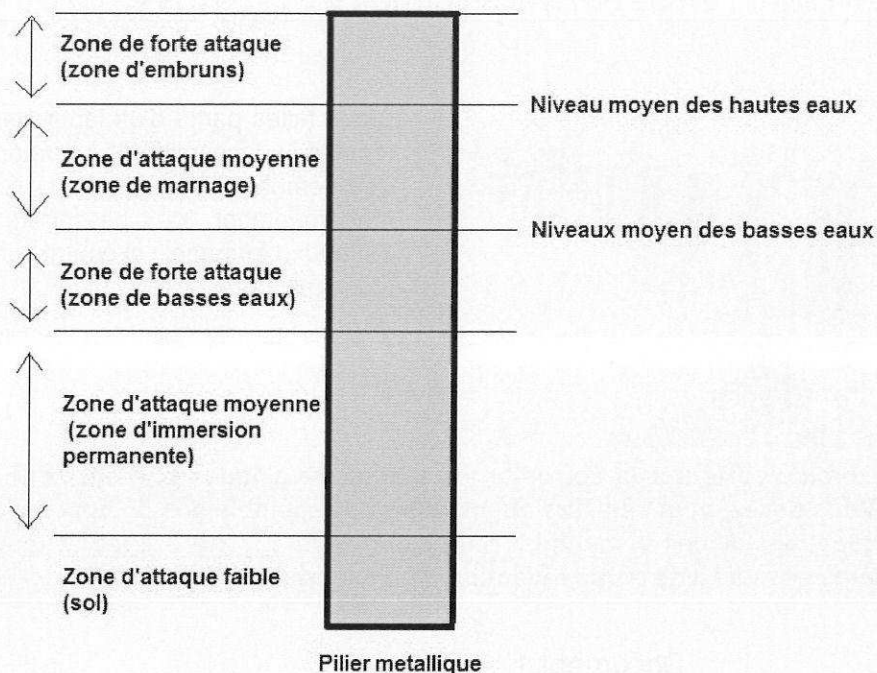
Les deux demi-équations mises en jeu dans le phénomène de corrosion sont :



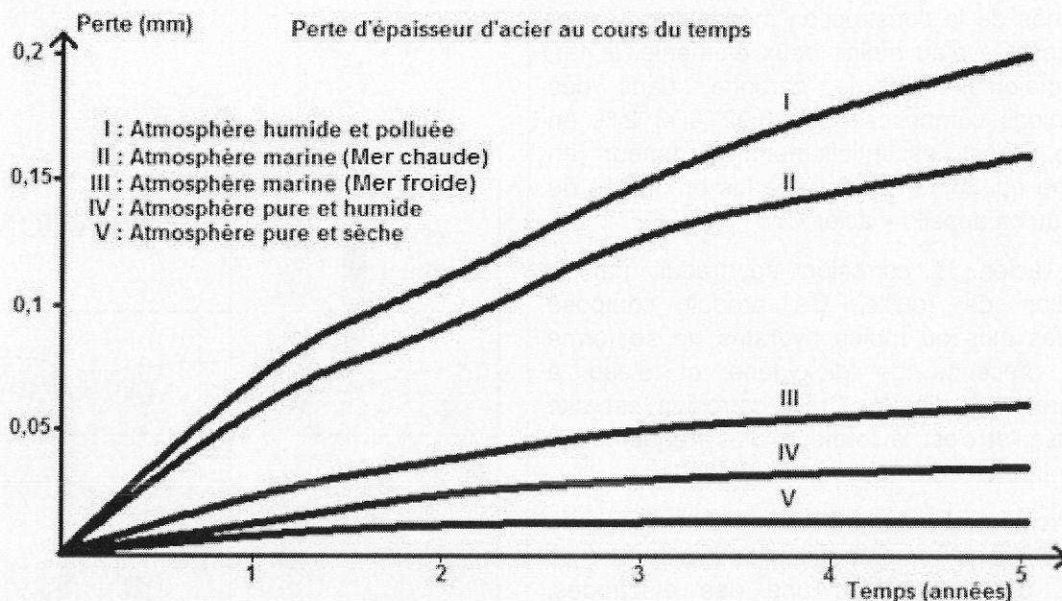
Document 2



Document 3



Document 4



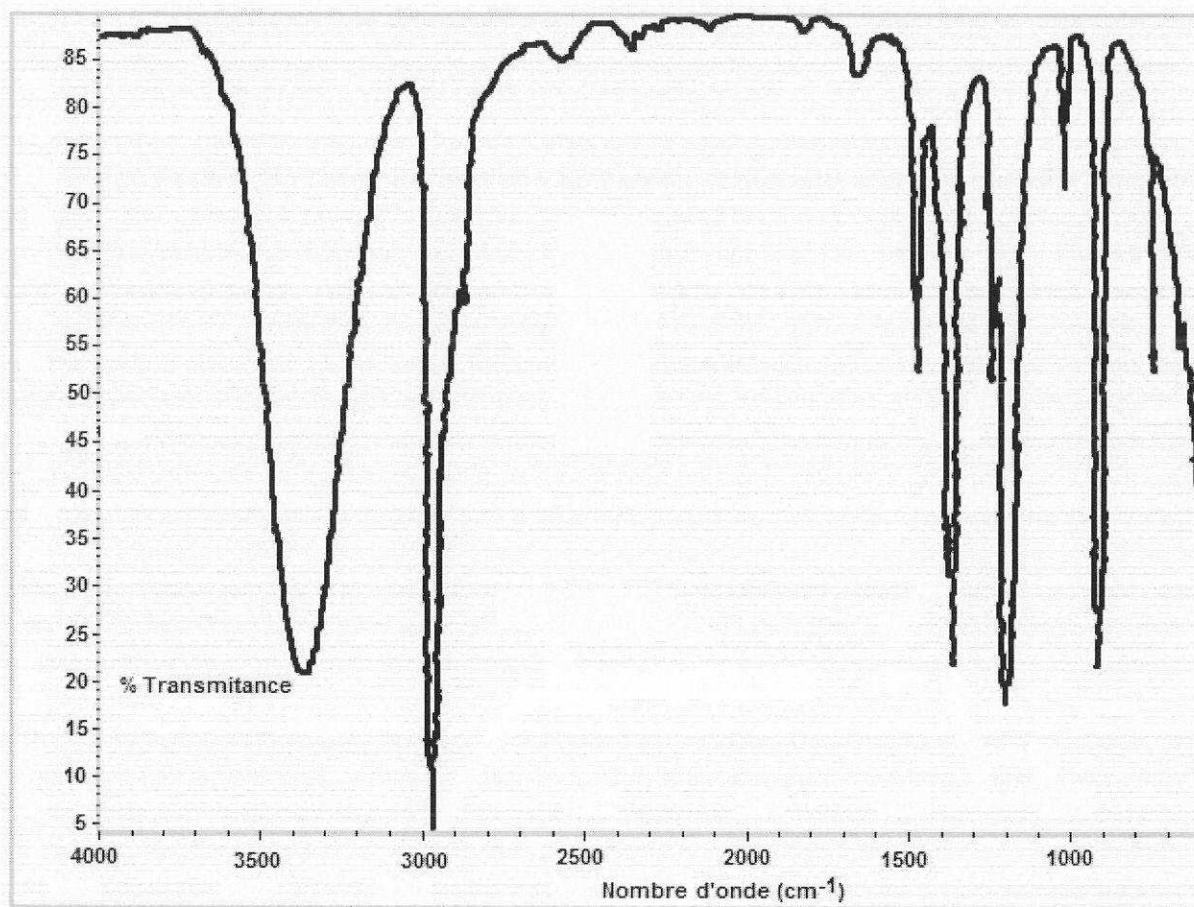
1. QCM : Cocher les bonnes réponses

Sur le tableau de l'annexe 2 page 13/13 à rendre avec la copie, cocher les bonnes réponses en précisant à chaque fois le numéro du document utilisé pour répondre à la question. Chaque bonne réponse amène des points. Une mauvaise réponse ne conduit pas à un retrait de points.

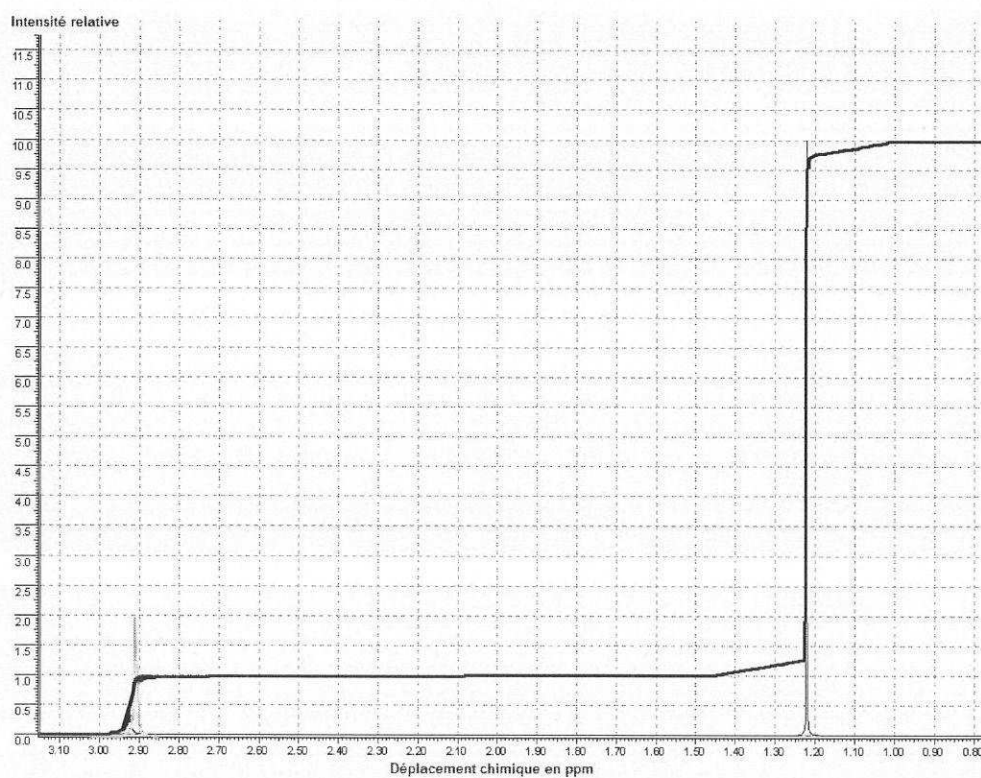
2. Question de synthèse :

À partir des documents fournis et de vos connaissances personnelles, donner, en justifiant votre réponse, les caractéristiques de la corrosion des piliers métalliques au bord de la mer et proposer ensuite des pistes pour augmenter la durée de vie du ponton. Prendre soin, pour cela, d'utiliser la totalité des documents proposés, d'apporter une solution au problème posé en veillant à structurer les informations recueillies, d'adopter un jugement critique argumenté et de rédiger un document d'au minimum 20 lignes dans un français correct.

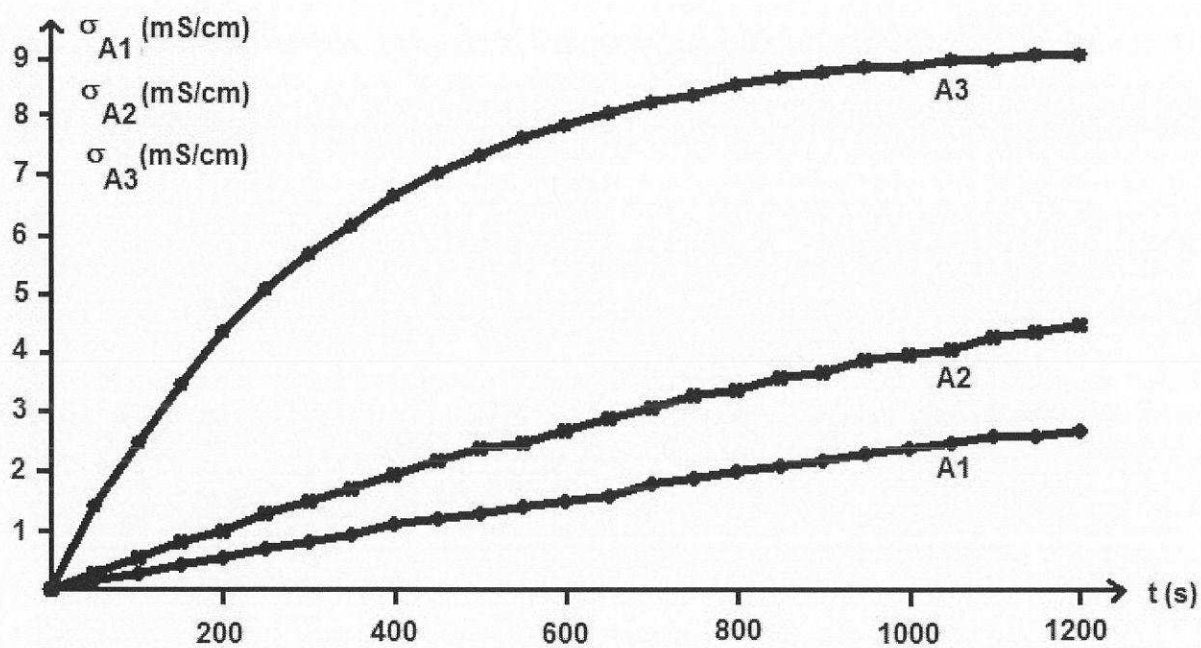
ANNEXE 1 A RENDRE EVENTUELLEMENT AVEC LA COPIE



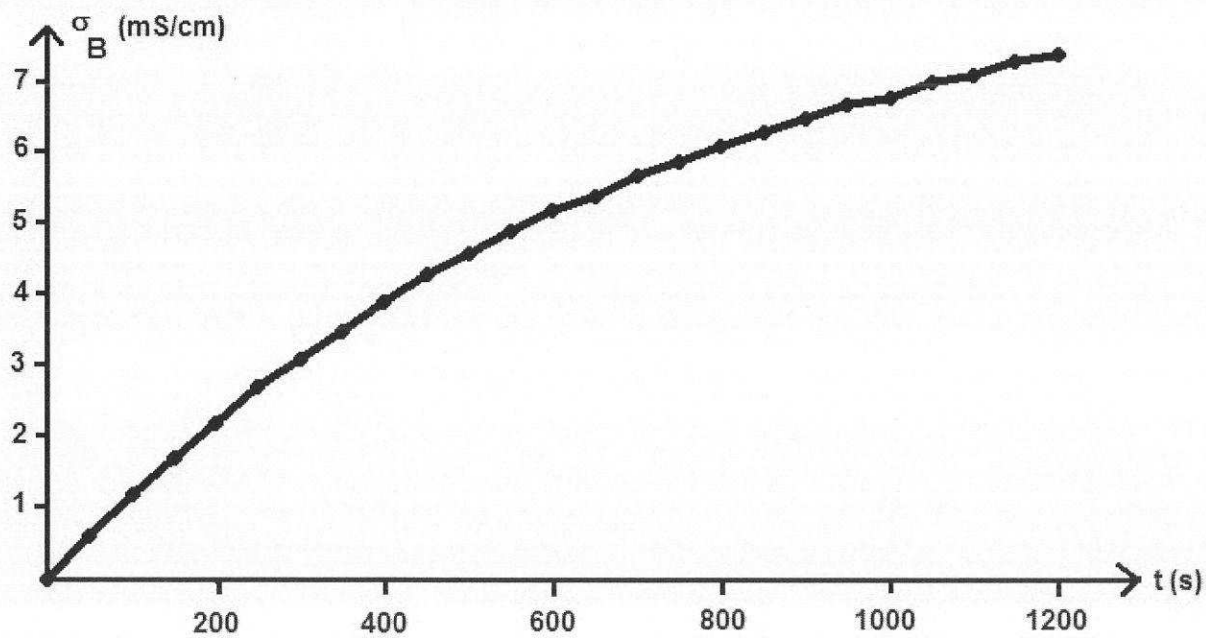
Document 1



Document 2



Document 3



Document 4

ANNEXE 2 A RENDRE AVEC LA COPIE

QCM

| Questions | Réponses | Documents |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------|-----------|
| 1. La corrosion des piliers métalliques est la même sur toute leur hauteur. | Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> | |
| 2. La quantité de dioxygène est identique sur toute la hauteur du pilier métallique. | Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> | |
| 3. La corrosion est la plus importante à la base du pilier métallique. | Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> | |
| 4. La température moyenne a une influence sur la perte d'épaisseur d'acier au cours du temps. | Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> | |
| 5. L'équation d'oxydoréduction associée à la corrosion humide peut être écrite : $\text{Fe}_{(s)} + \text{H}_2\text{O}_{(l)} \rightarrow 2 \text{HO}^-_{(aq)} + \text{Fe}^{2+}_{(aq)}$ | Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> | |
| 6. Un pilier métallique perd 0,2 mm d'épaisseur au bout de 5 ans en présence d'une atmosphère humide et polluée. | Oui <input type="checkbox"/> Non <input type="checkbox"/> | |