

**CONCOURS EXTERNE D'ASSISTANT INGENIEUR EN
INSTRUMENTATION SCIENTIFIQUE ET TECHNIQUES
EXPERIMENTALES – BAP C**

Session 2009

LUNDI 6 JUILLET 2009

EPREUVE ECRITE

Durée 3 heures – Coefficient 4

Les calculatrices ne sont pas autorisées.

Le cahier de questions contient 41 pages. Veuillez le vérifier avant le début de l'épreuve.

Consignes générales :

- Votre identité ne doit figurer que dans la partie supérieure de la copie double qui contient le sujet.
- Toute mention d'identité (nom, initiales, signature...) ou tout signe distinctif porté sur toute autre partie du sujet que vous remettrez en fin d'épreuve mènera l'annulation pure et simple.
- Vous devez répondre directement sur le sujet fourni dans les cases prévues à cet effet.
- Le candidat devra rendre l'intégralité du sujet non dégrafé dans la copie double.
- L'usage de la calculatrice n'est pas autorisé, le sujet comporte des calculs simples qui peuvent être faits de tête ou sur une feuille de brouillon.
- Le téléphone portable doit être rangé et déconnecté. Il ne devra pas être sorti ou consulté durant toute l'épreuve, même pour regarder l'heure.
- L'encre de couleur verte ou rouge est interdite.

Le sujet peut sembler long, mais il teste les compétences des diverses disciplines concernées par la BAP C.

EQ1b : Calculez V_A-V_D , V_F-V_D et V_B-V_C .

Réponse EQ1b

EQ2 : Donnez l'expression complexe de l'impédance, Z , du circuit électrique de la **figure 2**. (Avec ω_0 la pulsation de coupure)

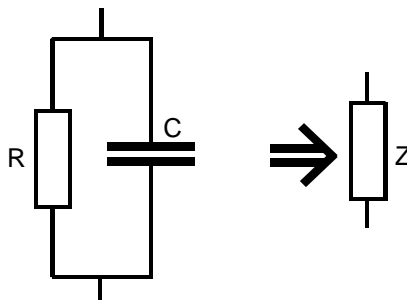


Figure 2 : circuit électrique

Réponse EQ2

EQ3 : Quelle est la fonction du montage de la **figure 3** ?

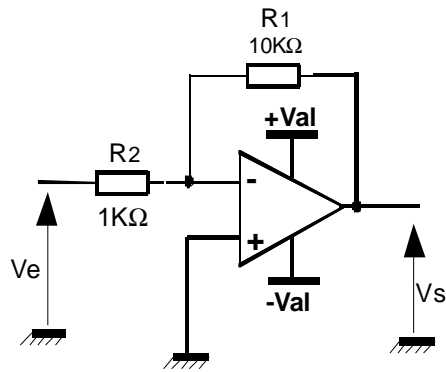


Figure 3

Réponse EQ3

EQ4 : Donnez l'expression et la valeur de l'amplification en tension, A_v , du montage de la **figure 3**. Calculez la valeur de A_v en dB. (On considère que tous les éléments sont parfaits)

Réponse EQ4

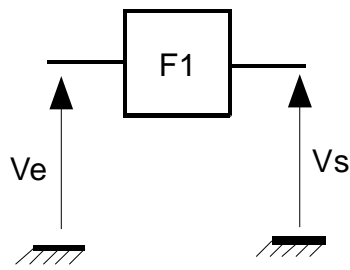


Figure 4

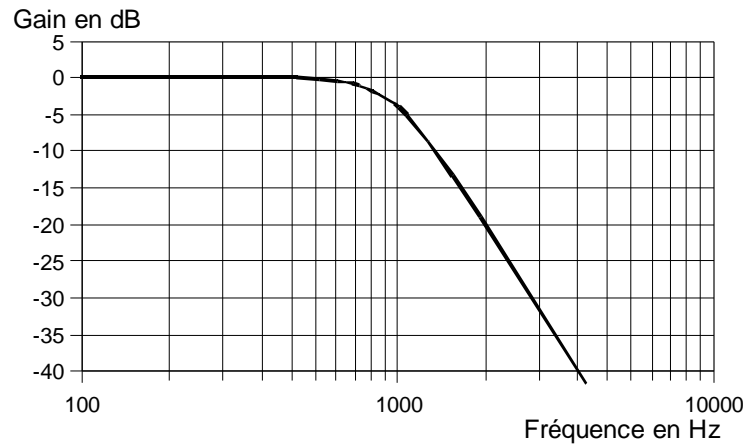


Figure 5 : module de la fonction de transfert de F1

EQ5 : soit le circuit de la **figure 4** dont le module de la fonction de transfert en tension est donné **figure 5**. Quelle est la fonction du circuit, F1, de la **figure 4** ?

Réponse EQ5

EQ6 : si l'on applique sur l'entrée V_e du circuit F1 (figure 4) une tension sinusoïdale d'amplitude 1V et de fréquence 2 kHz, quelle sera alors l'amplitude et la fréquence du signal V_s en sortie du circuit F1 ?

Réponse EQ6

EQ7 : donnez la différence qu'il y a entre une mémoire dynamique et une mémoire statique.

Réponse EQ7

EQ8 : donnez, en face des logiciels cités dans le cadre **réponse EQ8** leur fonction et le domaine d'utilisation.

Réponse EQ8

Labview :

Matlab :

Orcad :

Excel :

Solidworks :

Spice :

Origin :

imageJ :

Automatisme

Soit l'équation booléenne suivante : $S = (\bar{A} \cdot (A + B)) + (A \cdot \bar{B})$

EQ9-1 : représentez le logigramme correspondant à cette équation en utilisant la symbolisation européenne.

Réponse EQ9-1

EQ9-2 : simplifiez cette équation et donnez le nom et le symbole de la fonction obtenue.

Réponse EQ9-1

EQ9-3 : représentez la table de vérité de cette fonction.

Réponse EQ9-3

Hygiène et sécurité

HQ1 : dans une installation électrique basse tension (220V), quel est l'élément qui permet d'assurer la protection d'une personne lorsque celle-ci touche la phase ?

Réponse HQ1

HQ2 : Quelles sont les précautions à prendre lorsque l'on manipule des fluides cryogéniques ?

Réponse HQ2

HQ3 : Citez 4 équipements de protection individuelle (EPI) :

Réponse HQ3

-
-
-
-

HQ4 : Vous êtes en phase de réglage d'un laser Nd : YAG impulsionnel de 5 ns délivrant une énergie de 200 mJ à 10 Hz.













HQ4a : En terme de réglementation sécurité des lasers, à quelle classe ce laser appartient-il ?

Réponse HQ4a

HQ4b : décrivez brièvement les règles de sécurité que vous prenez lorsque vous effectuez ce réglage ?

Réponse HQ4b

HQ5 : donnez sous chaque pictogramme du tableau réponse HQ5 sa signification

<i>Réponse HQ5</i>			
			
			
			

Métrologie

Métrologie 1 : calcul d'incertitude

On cherche à mesurer l'accélération de la pesanteur g à partir d'un pendule en utilisant la relation :

$$T = 2\pi\sqrt{L/g}$$

T est la période d'oscillation

T = 0,8s à 3% près

L la longueur du pendule

L = 15 cm à 2% près

On prendra $\pi^2 = 9,869$

MQ1a : quelle est l'erreur relative sur g ?

Réponse MQ1a

MQ1b : quelle est l'erreur absolue ?

Réponse MQ1b

MQ1c : quelle est la valeur de g (expérimental) ? Est elle compatible avec la valeur théorique attendue ?

Réponse MQ1c

Métrie 2

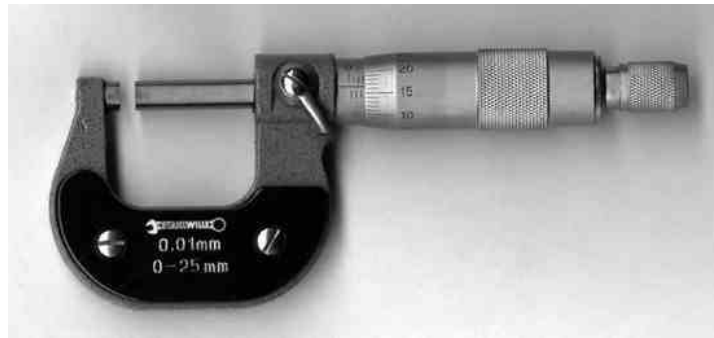


Figure 6

MQ2a : quel est l'instrument représenté sur la figure 6 et que permet-il de mesurer ?

Réponse MQ2a

MQ2b : donnez la valeur mesurée sur la figure 7 et indiquer sa précision.

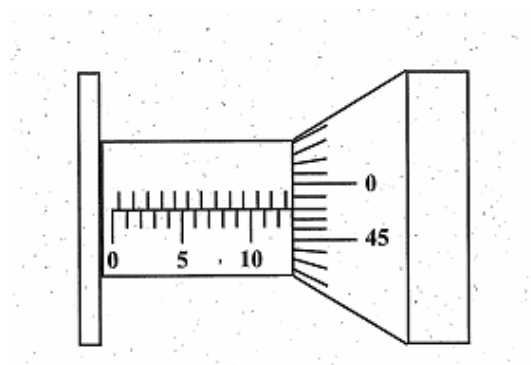


Figure 7

Réponse MQ2b

QM2C : quels sont les avantages et les inconvénients par rapport à un pied à coulisse ?

Réponse QM2c

Métrologie 3

MQ3a : dessinez le schéma de principe d'un thermocouple et expliquer le fonctionnement.

Réponse MQ3a

MQ3b : donnez deux exemples de thermocouples à base de métaux usuels ainsi que leur gamme de température.

Réponse MQ3b

Unités de mesures

MQ4 : donnez la dénomination et le symbole des grandeurs suivantes dans les conventions du système international d'unités (SI)

Réponse MQ4

- Accélération
- Fréquence
- Force
- Contrainte de pression
- Inductance électrique
- Flux lumineux

MQ5 : dans le cadre de la validation de méthodes analytiques, plusieurs caractéristiques doivent être évaluées. Placer dans le tableau ci-dessous, en fonction de la définition fournie, la caractéristique qui lui correspond parmi les suivantes :

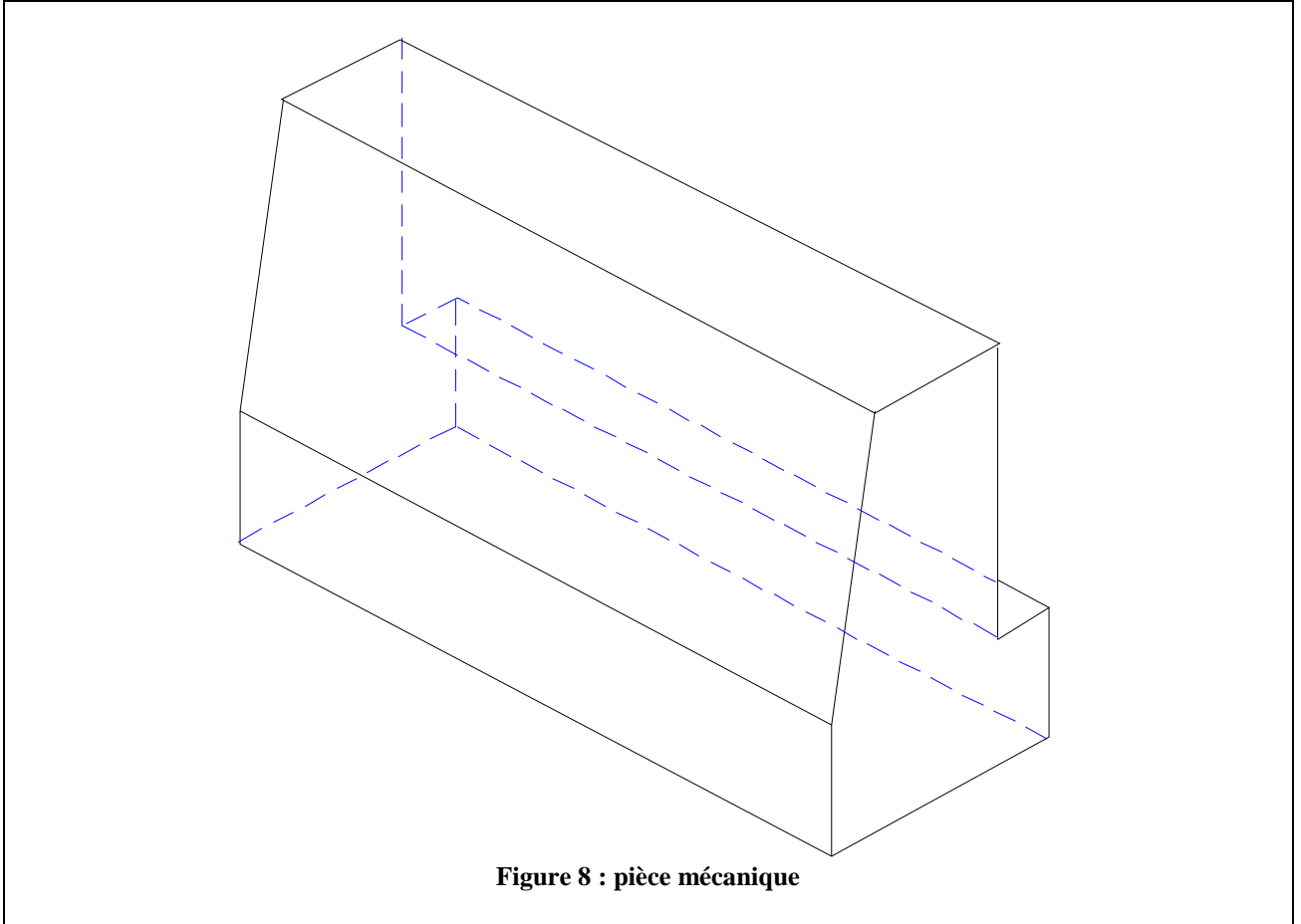
fidélité - justesse - linéarité - limite de détection - répétabilité - reproductibilité - robustesse.

Réponse MQ5

- | | |
|--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--|
| - étroitesse de l'accord entre les mesures effectuées sur des prises multiples d'un échantillon homogène | |
| - plus petite concentration de l'analyte pouvant être détectée, mais non quantifiée, avec un risque d'erreur connue | |
| - étroitesse de l'accord entre une mesure et la valeur conventionnellement vraie de l'échantillon | |
| - mesure de la fidélité lorsque les mesures sont faites par un même opérateur, sur un même instrument et dans un délai court | |
| - évaluation de l'importance des effets observés lorsqu'on fait subir de légères variations contrôlées aux conditions expérimentales | |
| - capacité à fournir des réponses proportionnelles à la concentration en analyse à doser | |
| - mesure de la fidélité lorsque n'importe quelle condition change (opérateur, instrument, délai d'exécution ...) | |

Dessin industriel et construction mécanique

DQ1: dessinez dans le cadre réponse DQ1 la vue de face, la vue de gauche et la vue de dessus de la pièce représenté figure 8.



Réponse DQ1

Mécanique

L'équipement présenté sur les photos ci-dessous est destiné au traitement de miroirs de télescope de diamètre 2,5 m par polissage ionique (étape de polissage ultime).

Le volume de l'enceinte est de 28 m³. Le canon à ions est installé à l'extrémité du robot cinq axes. En fonction d'une cartographie des défauts présents sur le miroir, ce dernier stationne plus ou moins longtemps sur un point X pour éroder plus ou moins le miroir, de façon à obtenir un état de surface parfait (rugosité de l'ordre du nm).

La reproductibilité et la précision du positionnement de l'ensemble supportant la source ionique sont les clés de la réussite de l'équipement



Figure 9 : Usineur ionique



Figure 10 : Canon et robot cinq axes

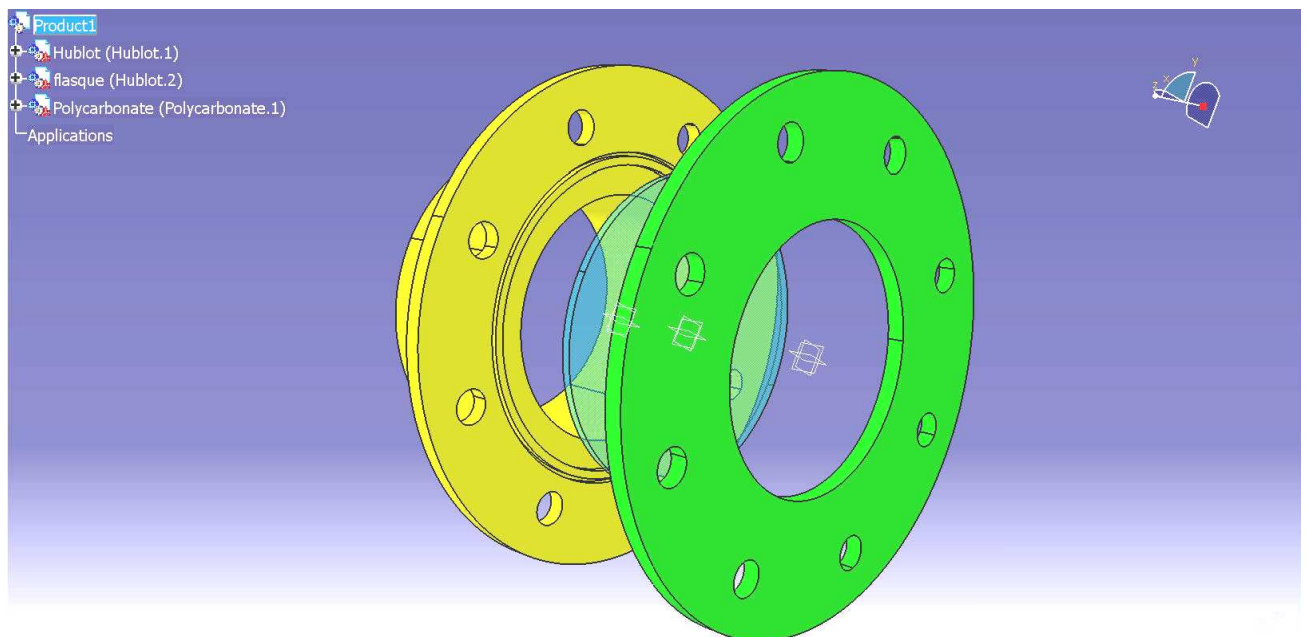


Figure 11 : hublot usineur ionique

On se propose d'équiper l'usineur ionique d'un hublot de contrôle visuel sur l'enceinte, représenté par le plan d'ensemble figure 11.

DQ2-1 : les pièces métalliques de cet ensemble sont en 42CD4. Que signifie 42CD4 ?

Réponse DQ2-1

DQ2-2 : dans la désignation normalisée 42CD4 à quoi sert l'élément C ?

Réponse DQ2-2

DQ2-3 : quel genre de joints doit-on utiliser pour assurer l'étanchéité de cet ensemble, représenté figure 11, sachant que les boulons de la bride ne débouchent pas dans l'enceinte ?

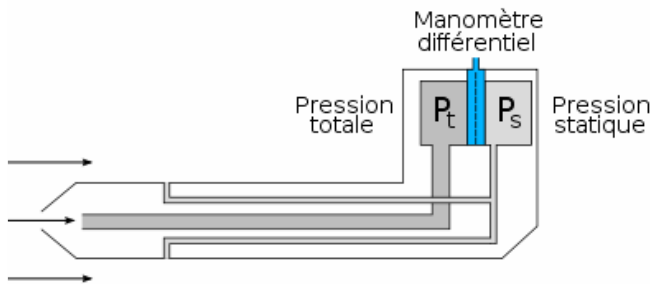
Réponse DQ2-3

Mécanique des fluides

Un tube de Pitot-statique ou tube de Prandtl (ou antenne de Prandtl) est constitué de deux tubes coulés concentriques dont les orifices, en communication avec le fluide dont on veut mesurer la vitesse, sont disposés de façon particulière :

- Le tube extérieur s'ouvre perpendiculairement à l'écoulement du fluide. La pression à l'intérieur de ce tube est donc égale à la pression ambiante ou **pression statique** ;
- Le tube intérieur est parallèle à l'écoulement du fluide, et est ouvert en son bout, face au flux. La pression à l'intérieur de celui-ci est donc la pression totale, **somme de la pression statique et de la pression dynamique**.

FQ1 : Retrouvez à partir de la formulation de Bernoulli, l'expression de la vitesse fonction de la pression totale et de la pression statique.



$$\frac{v^2}{2.g} + z + \frac{p}{\rho.g} = \text{constante}$$

où :

- p est la pression en un point (en Pa ou N/m²)
- ρ est la masse volumique en un point (en kg/m³)
- v est la vitesse du fluide en un point (en m/s)
- g est l'accélération de la pesanteur (en N/kg ou m/s²)
- z est l'altitude (en m)

Figure 12 : schéma de principe et équation de Bernoulli

Réponse FQ1 :

FQ2 : Sachant qu'un avion de ligne vole à une altitude de 10000 m et à une vitesse de 900 km/h (soit 250 m/s) ; que la pression statique à cette altitude est de 265 hPa, pour une température de -50°C ($\rho=1.6 \text{ kg/m}^3$), calculez la pression totale mesurée lors de ce vol. Utilisez la formulation de la figure 13.

$$\frac{1}{2}\rho v^2 + p_s = 0 + p_t \Rightarrow v^2 = \frac{2(p_t - p_s)}{\rho}$$

v = vitesse

p_s = pression statique

p_t = pression totale

ρ = masse volumique du fluide

Figure 13

Réponse FQ2 :

Acquisition de données

AQI : Proposez les cartes d'acquisition les plus appropriées pour acquérir les données provenant de quatre capteurs différents : jauge de contrainte d'une balance aérodynamique ; sonde de température ; sonde de Prandtl ; microphones. Justifiez vos réponses.

NI 9201, NI 921x, NI 9221, NI 923x

- Signal conditioning for high voltage (± 60 V), thermocouples, RTDs, accelerometers, microphones, strain gages, current inputs
- Advanced features such as smart TEDS sensor capability, antialiasing filters, open-thermocouple detection
- ± 80 mV, ± 10 V, or ± 60 V analog input ranges
- 12-, 16-, or 24-bit (delta-sigma) resolution
- Up to 800 kS/s multiplexed or up to 100 kS/s simultaneous-sampling analog-to-digital converter (ADC)
- Up to 32 channels per module
- Up to 2,300 V_{rms} isolation (withstand), up to 250 V_{rms} isolation (continuous)
- NIST-traceable calibration certificate for guaranteed accuracy



Model	CompactRIO	NI CompactDAQ	Signal Type	Channels	Resolution (bits)	Max Sampling Rate (S/s)	Signal Input Ranges	Simultaneous Sampling	Antialiasing Filters	Isolation	Connector Options
NI 9201	✓	✓	Voltage	8	12	500 k	± 10 V	–	–	✓	Screw Terminal, D-Sub
NI 9203	✓	✓	Current	8	16	200 k	± 20 mA, 0 to 20 mA	–	–	✓	Screw Terminal
NI 9205	✓	✓	Voltage	32 SE/16 DI	16	250 k	± 10 , ± 5 , ± 1 , ± 0.2 V	–	–	✓	Spring Terminal, D-Sub
NI 9206	✓	✓	CAT I Isolated Voltage	16 DI	16	250 k	± 10 , ± 5 , ± 1 , ± 0.2 V	–	–	✓	Spring Terminal
NI 9211	✓	✓	Thermocouple	4	24	15	± 80 mV	–	✓	✓	Screw Terminal
NI 9215	✓	✓	Voltage	4	16	100 k/ch	± 10 V	✓	–	✓	Screw Terminal, BNC
NI 9217	✓	✓	RTD	4	24	400	0 to 400 Ω	–	✓	✓	Screw Terminal
NI 9221	✓	✓	Voltage	8	12	800 k	± 60 V	–	–	✓	Screw Terminal, D-Sub
NI 9233	✓	✓	IEPE	4	24	50 k/ch	± 5 V	✓	✓	–	BNC
NI 9237	✓	✓	Bridge	4	24	50 k/ch	± 250 mV	✓	✓	✓	RJ45

Table 1. C-Series Analog Input Modules Selection Guide

Figure 14 : cartes d'acquisitions avec leurs spécificités

Réponse AQI :

Jauge de contrainte d'une balance aérodynamique : NI

Sonde de température : NI

Sonde de Prandtl : NI

Microphones : NI

AQ2 : Vous devez acquérir le signal provenant de six capteurs, proposez **quatre critères de sélection** qui permettront de faire le choix d'une carte d'acquisition.

Réponse AQ2 :

1/

2/

3/

4/

Thermodynamique

TQ1 : Donnez la relation liant l'unité de mesure degré Celsius (symbole [°C]) à l'unité de mesure Kelvin (symbole [K]).

Réponse TQ1 :

TQ2 : Donnez, à la pression atmosphérique, la température en Kelvin [K] :

Réponse TQ2 :

D'ébullition de l'eau :

De fonte de la glace :

D'ébullition de l'azote liquide :

D'ébullition de l'hélium liquide :

TQ3 : Comment varie la température d'ébullition d'un liquide (par exemple de l'eau) en fonction de la pression ?

Réponse TQ3 :

Chimie

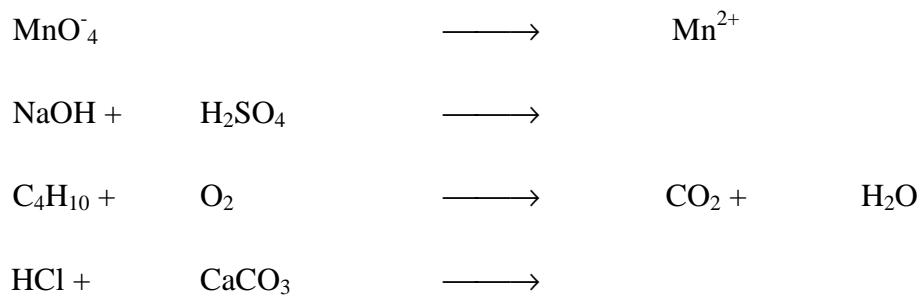
CQ1 : Donnez les noms usuels des molécules suivantes :

Réponse CQ1 :

- KMnO_4 :
- H_2O_2 :
- NaOH :
- CO :
- C_6H_6 :

CQ2 : Ajustez les réactions suivantes :

Réponse CQ2 :



CQ3 : qu'est-ce qu'une salle blanche ?

Réponse CQ3 :

CQ4 : citez 2 paramètres à maîtriser dans une salle blanche :

Réponse CQ4 :

-

-

CQ5 : Les 3 composés de la figure 15 sont mélangés en solution dans un solvant organique. Comment les séparer par extraction liquide-liquide ?

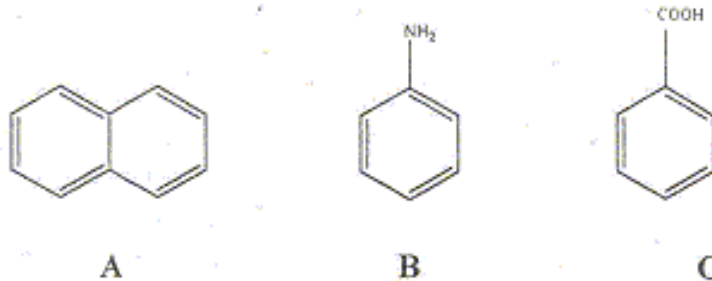


Figure 15

Réponse CQ5

CQ6 : Résonance magnétique nucléaire

Pour quelle raison les composés analysés en RMN du proton sont-ils solubilisés dans des solvants deutérés ?

Réponse CQ6

CQ7 : citez 5 noyaux pouvant être étudiés en RMN

Réponse CQ7

CQ8 : Production industrielle du cadmium.

Le cadmium est un métal dont les utilisations sont aujourd'hui multiples : il est utilisé dans les colorants, entre dans la composition de nombreux alliages à bas point de fusion, mais il est principalement utilisé dans les revêtements anticorrosion et les électrodes des accumulateurs électriques. Il n'existe pas à l'état natif et la rareté de son minerai fait qu'il est préparé indirectement à partir de minerais de zinc dans lesquels il est présent.

On se propose d'étudier ici la phase finale de cette production, qui est l'électrolyse d'une solution de sulfate de cadmium ($\text{Cd}^{2+} + \text{SO}_4^{2-}$) et d'acide sulfurique. L'électrolyse est réalisée à l'aide d'électrodes d'aluminium, la tension aux bornes du générateur est de 3V et avec un courant d'intensité I de 20 kA. On supposera dans tout le problème que les électrodes et les ions sulfates ne participent pas aux différentes transformations physico-chimiques.

CQ8-1 : précisez les différentes espèces chimiques présentes dans la solution.

Réponse CQ8-1

CQ8-2 : faites le schéma de l'électrolyseur en indiquant le nom des électrodes, le sens du courant électrique et les sens de déplacement des ions.

Réponse CQ8-2

CQ8-3 : sur quelle électrode le cadmium se dépose-t-il ? Écrire alors l'équation de la réaction à cette électrode.

Réponse CQ8-3

On observe un dégagement gazeux à la surface de l'autre électrode. On donne les couples :

$\text{Cd}^{2+} / \text{Cd(s)}$; $\text{H}^+ / \text{H}_2(\text{g})$; $\text{O}_2(\text{g}) / \text{H}_2\text{O}(\text{l})$.

CQ8-4 : en considérant les différents couples redox donnés, déterminez la nature du gaz formé.

Réponse CQ8-4

CQ8-5 : donnez l'équation de la réaction à cette électrode.

Réponse CQ8-5

CQ8-6 : donnez l'équation bilan de la réaction d'électrolyse.

Réponse CQ8-6

CQ8-7 : donner l'expression littérale de la quantité d'électricité Q transportée dans l'électrolyseur au bout de d'un temps t de fonctionnement. Calculez Q en coulombs pour $t = 10$ heures.

Réponse CQ8-7

On rappelle que la charge électrique F d'une mole d'électrons vaut 96500 C.

CQ8-8 : exprimez littéralement le nombre de moles d'électrons n_e qui se sont déplacées dans le circuit pendant le temps t en fonction de Q et F .

Réponse CQ8-8

CQ8-9 : que vaut le nombre de moles de cadmium formées n_{Cd} en fonction de n_e ?

Réponse CQ8-9

Données : Masse molaire du cadmium $M = 112,4$ g/mol.

CQ8-10 : exprimez littéralement la masse de cadmium formée m_{Cd} en fonction de I , t , F et M .

Réponse CQ8-10

CQ8-11 : Application numérique : en justifiant votre choix, déterminez parmi les trois valeurs proposées la masse de cadmium formée : 419 kg ; 838 g ; 838 kg.

Réponse CQ8-11

CQ9 : Le principal composant de l'huile essentielle de clous de girofle est l'eugénoL, représenté figure 16.

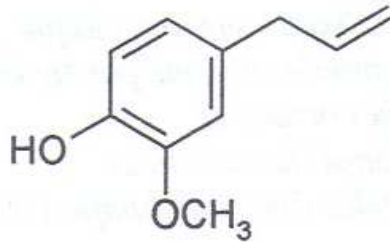


Figure 16

CQ9-1 : quels sont les groupements fonctionnels cités ci-dessous présents dans la molécule d'eugénoL (barrer les groupements absents de cette molécule) ?

Réponse CQ9-1

- a) Alcool
- b) Amide
- c) alcène
- d) acide carboxylique

CQ9-2 : donnez la formule brute de l'eugénoL

Réponse CQ9-2

Matériaux – Techniques de caractérisation

MatQ1 : donnez la terminologie française des abréviations suivantes :

Réponse MatQ1

- GC :
- HPLC :
- NMR :
- TGA :
- ICP :
- MS :
- FTIR :
- XRD :

MatQ2 : citez 4 techniques permettant de caractériser les propriétés physico-chimiques des matériaux. Précisez pour chacune l'information transmise.

Réponse MatQ2

MatQ3 : quelle est la nature du rayonnement X ?

Réponse MatQ3

MatQ4 : donnez 2 autres rayonnements de même nature que les rayons X

Réponse MatQ4

MatQ5 : décrivez le principe de fonctionnement d'un tube à rayons X (faites un schéma).

Réponse MatQ5

Optique

Laser

On dispose d'un laser Nd : YAG dont la cavité est représentée sur le schéma figure 17.

Ses caractéristiques sont les suivantes :

Il émet à une longueur d'onde de 1064nm, des impulsions de 10ns et avec un taux de répétition de 20Hz, pour une puissance moyenne de sortie de 3 Watts.

OQ1-1 : que veut dire l'acronyme L.A.S.E.R (en anglais et en français) ?

Réponse OQ1-1

OQ1-2 : il existe 4 catégories de laser, pouvez vous les citer et donnez un exemple pour chaque catégorie ?

Réponse OQ1-2

OQ1-3 : identifiez les différents éléments qui constituent cette cavité laser en les nommant (les éléments à identifier sont numérotés).

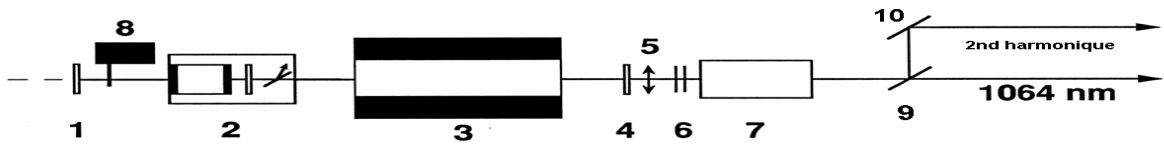


Figure 17 : constitution d'une cavité laser.

Réponse OQ1-3

OQ1-4 : Calculer l'énergie par impulsion et la puissance crête.

Réponse OQ1-4

OQ1-5 : On génère la seconde harmonique grâce à un cristal doubleur. Quelle sera la longueur d'onde générée par le cristal doubleur ?

Réponse OQ1-5

OQ1-6 : comment séparer l'harmonique du fondamental ?

Réponse OQ1-6

Fibre optique

Une fibre optique cylindrique, d'axe Oz, est constituée d'un cœur transparent homogène et isotrope, d'indice de réfraction n_1 , entouré d'une gaine transparente, homogène et isotrope elle aussi, d'indice n_2 inférieur à n_1 .

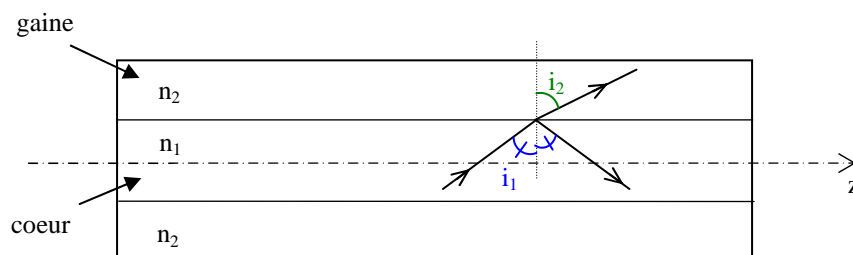


Figure 18 : fibre optique.

OQ2-1 : que signifient les termes homogène, isotrope ? Le cœur est-il plus ou moins réfringent ?

Réponse OQ2-1

OQ2-2 : montrez que la lumière ne peut se propager à l'intérieur de la fibre que si l'angle d'incidence i est supérieur à un angle i_0 que l'on déterminera en fonction de n_1 et n_2 .

Réponse OQ2-2

OQ2-3 : la face d'entrée de la fibre est plane et normale à Oz. On désigne par θ l'angle que fait le rayon incident dans l'air avec la normale à la face d'entrée. Déterminez, en fonction des indices, l'angle d'acceptance θ_0 correspondant à i_0 .

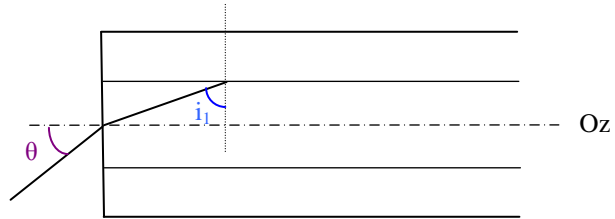


Figure 19

Réponse OQ2-3

Optique

Un fin pinceau lumineux arrive sur un dioptre plan séparant l'eau de l'air. On donne $n_{\text{eau}}=1,33$. On représente les rayons observés sur la figure ci-dessous:

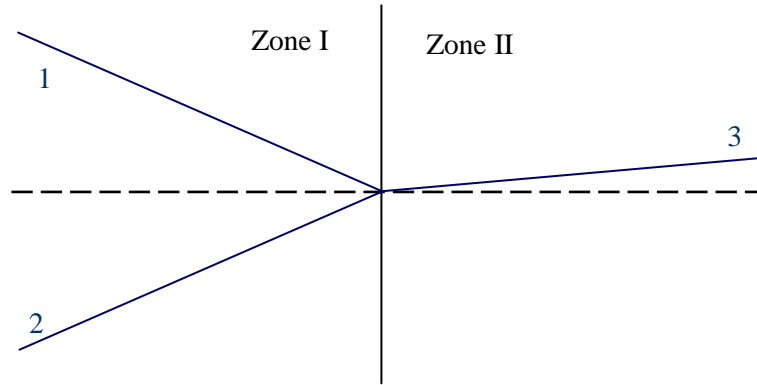


Figure 20

En justifiant vos réponses :

OQ3-1 : identifiez les différents rayons de la figure 20

Réponse OQ3-1

OQ3-2 : indiquez le sens de propagation de la lumière.

Réponse OQ3-2

OQ3-3 : dans quelle zone l'eau se trouve-t-elle ?

Réponse OQ3-3

OQ3-4 : calculez l'angle limite de réfraction.

Réponse OQ3-4

Microscopie et techniques du vide

VQ1 : dans le domaine de la microscopie électronique, que signifient en anglais et en français les 2 sigles : EELS et EDS

Réponse VQ1

VQ2 : avec un TEM, quel mode d'observation et avec l'application de quelle formule, peut-on obtenir des informations sur la structure d'un cristal.

Réponse VQ2

VQ3 : en microscopies électroniques, des méthodes de préparation sont propres aux échantillons biologiques, pourquoi et quelle(s) particularité(s) ont ces objets qui impose(nt) ces traitements.

Réponse VQ3

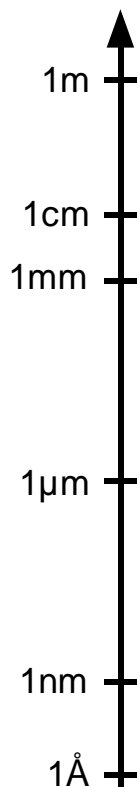
VQ4 : on voudrait faire avec un MEB l'analyse semi-quantitative d'un alliage métallique. Quelle est l'étape ultime nécessaire à la préparation de l'échantillon.

Réponse VQ4

VQ5 : sur l'échelle donnée dans le cadre réponse VQ5, situez les différentes techniques de microscopie que vous connaissez, selon la taille de l'objet à étudier.

Réponse VQ5

Taille de l'objet à étudier



VQ6 : à quelles gammes de pression correspondent un vide primaire ? un vide secondaire ? Citez un ou deux types de pompes que vous connaissez dans ces deux gammes de vide. Quel vide est requis pour le bon fonctionnement a) d'un microscope électronique en transmission ?
b) d'un microscope électronique à balayage ?

Réponse VQ6

Vide primaire :

Vide secondaire :

Types de pompes pour le vide primaire :

Types de pompes pour le vide secondaire :

Vide requis pour un microscope électronique en transmission :

Vide requis pour un microscope électronique à balayage :

VQ7 : quel montage proposez vous pour arriver à une qualité de vide de l'ordre de 10^{-7} Pa?

Réponse VQ7

VQ8 : quelles interactions électron-matière permettent d'obtenir un signal en
a) microscopie électronique à balayage,
b) microscopie électronique en transmission ?

Réponse VQ8

a)

b)