

BREVET DE TECHNICIEN SUPÉRIEUR

PEINTURES ENCRE, ET ADHÉSIFS

SCIENCES PHYSIQUES

Durée : 3 h 00

Coefficient : 3

*Dès que le sujet vous est remis, assurez-vous qu'il est complet.
Ce sujet comporte : 7 pages numérotées de 1/7 à 7/7.*

La clarté des raisonnements et la qualité de la rédaction interviendront pour une part importante dans l'appréciation des copies.

CALCULATRICE AUTORISÉE

Sont autorisées toutes les calculatrices de poche, y compris les calculatrices programmables, alphanumériques ou à écran graphique à condition que leur fonctionnement soit autonome et qu'il ne soit pas fait usage d'imprimantes.

*Le candidat n'utilise qu'une seule machine sur la table. Toutefois, si celle-ci vient à connaître une défaillance, il peut la remplacer par une autre.
Afin de prévenir les risques de fraude, sont interdits les échanges de machines entre les candidats, la consultation des notices fournies par les constructeurs ainsi que les échanges d'informations par l'intermédiaire des fonctions de transmission des calculatrices.*

CHIMIE GÉNÉRALE ET MINÉRALE (20 points sur 60)
--

Le chlore

I. Atome et molécule (sur 6 points)

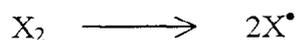
Données :

l'énergie de dissociation d'une mole de dichlore a pour valeur 238 kJ.mol^{-1} .

$E = h \frac{c}{\lambda}$ où h est la constante de Planck et c la célérité de la lumière dans le vide.

$N_A = 6,02 \times 10^{23} \text{ mol}^{-1}$; $h = 6,63 \times 10^{-34} \text{ J.s}$; $c = 3 \times 10^8 \text{ m.s}^{-1}$.

1. Donner la configuration électronique de l'atome de chlore ($_{17}\text{Cl}$) dans son état fondamental. En déduire la représentation de Lewis de la molécule de dichlore (Cl_2). Dans la classification périodique des éléments, à quelle famille appartient le chlore ?
2. Le chlore se trouve le plus souvent à l'état d'ion. Quelle est la principale source naturelle de chlore ?
3. Le chlore naturel possède deux isotopes ^{35}Cl et ^{37}Cl . Sachant que la masse atomique du chlore est de $35,5 \text{ g.mol}^{-1}$, calculer la proportion de ces deux isotopes dans le chlore naturel.
4. Pour la réaction des dihalogènes X_2 avec les non-métaux, le mécanisme est radicalaire et s'effectue en trois étapes. La première étape, dite d'initiation, consiste en la formation d'un radical halogène X^\bullet par dissociation homolytique de la liaison X-X . Cette dissociation peut se faire par élévation de température ou par action d'un rayonnement électromagnétique de longueur d'onde λ , selon la réaction d'équation :



- 4.1. Calculer l'énergie de dissociation d'une molécule de dichlore.
- 4.2. Calculer la longueur d'onde λ du rayonnement nécessaire pour rompre la liaison Cl-Cl et obtenir deux radicaux Cl^\bullet .

II. Diagramme potentiel-pH du chlore (sur 14 points)

Données :

$$E^\circ(\text{HClO}/\text{Cl}_2) = 1,595 \text{ V} \quad E^\circ(\text{Cl}_2/\text{Cl}^-) = 1,395 \text{ V}$$

$$pK_a(\text{HClO}/\text{ClO}^-) = 7,5$$

Le diagramme potentiel-pH simplifié du chlore est donné en annexe 1. Il fait intervenir les espèces Cl^- , Cl_2 , ClO^- et HClO .

1. Donner le nombre d'oxydation du chlore pour chacune des espèces listées ci-dessus.
2. En utilisant les valeurs des potentiels standard des couples redox $\text{HClO} / \text{Cl}_2$ et $\text{Cl}_2 / \text{Cl}^-$, indiquer l'espèce prépondérante pour chaque domaine du diagramme potentiel-pH du chlore (à rendre avec la copie).
3. Écrire la demi-équation correspondant au couple $\text{HClO} / \text{Cl}_2$ en milieu acide.
4. En utilisant la relation de Nernst, déterminer l'équation de la droite séparant le domaine du dichlore de celui de l'acide hypochloreux (HClO), pour $0 \leq \text{pH} \leq 3,4$.
La dilution de la solution est telle que toutes les espèces sont considérées comme étant dissoutes.

Données :

La concentration totale en chlore a pour valeur $C_0 = 0,9 \text{ mol.L}^{-1}$ et est telle que :

$$C_0 = 2[\text{Cl}_2] + [\text{HClO}]$$

On admettra qu'à la frontière entre les domaines du dichlore et de l'acide hypochloreux, les concentrations sont telles que :

$$2[\text{Cl}_2] = [\text{HClO}]$$

5. À une solution contenant des ions hypochlorite ClO^- , on ajoute de l'acide chlorhydrique. Lorsque le pH devient inférieur à 3, il apparaît des bulles dans la solution. Il se forme un produit gazeux très toxique.
 - 5.1. Les espèces ion hypochlorite et ion chlorure sont susceptibles de réagir lorsque le pH devient inférieur à 3. Justifier cette affirmation en utilisant le diagramme potentiel-pH.
 - 5.2. Écrire l'équation de la réaction.
 - 5.3. Identifiez le produit gazeux très toxique mentionné.
 - 5.4. L'ion hypochlorite⁻ est l'agent actif de l'eau de Javel qui contient en plus des ions chlorure. Parmi les autres produits ménagers, on indique que ceux qui sont utilisés comme détartrants sont acides.
Quelle précaution doit-on prendre pour éviter toute intoxication lorsqu'on dispose à domicile d'eau de javel et de détartrant ? Pourquoi ?

CHIMIE ORGANIQUE ET MACROMOLÉCULAIRE (16 points sur 60)

I. Chimie organique : Synthèse d'un colorant (sur 7 points)

Le rouge de méthyle est un colorant utilisé comme indicateur coloré dans les dosages acido-basiques. Une suite de réactions permet de le préparer à partir du toluène (méthylbenzène).

1. Nitration du toluène

Une mononitration du toluène par l'acide nitrique (HNO_3) permet d'obtenir 2 composés isomères A et A' que l'on sépare.

1.1. Écrire l'équation bilan de la réaction chimique en précisant les conditions expérimentales.

1.2. Nommer les composés A et A'.

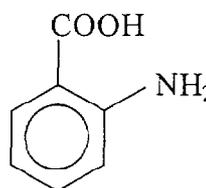
2. L'isomère ortho obtenu est oxydé par une solution de dichromate de sodium ($\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7$) acidifiée par un ajout d'acide sulfurique.

On obtient le composé B.

2-1. Donner les deux couples redox mis en jeu dans cette réaction.

2-2. Nommer le composé B obtenu.

3. Le composé B est réduit, on obtient le composé C de formule :
Nommer le composé C.



4. Le composé C est soumis, en présence d'acide chlorhydrique, à l'action du nitrite de sodium (NaNO_2). On obtient le composé D.

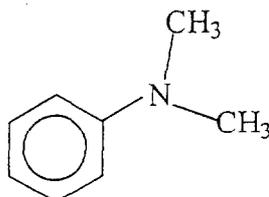
4.1. Écrire l'équation bilan de la réaction chimique.

4.2. Quel nom donne-t-on à ce type de réaction ?

4.3. Quelle condition expérimentale particulière doit-on respecter ?

5. Une réaction de copulation entre le composé D et la N,N-diméthylaniline permet d'obtenir le rouge de méthyle.

La formule de la N,N-diméthylaniline est :



Donner la formule du rouge de méthyle

II. Chimie des polymères (sur 9 points)

1. Les polymères polyacides acryliques sont utilisés comme agents épaississants.

1.1. Représenter le motif d'un polyacide acrylique.

1.2. Quel type de polymérisation permet de le synthétiser ?

1.3. Nommer les étapes de cette polymérisation.

1.4. Lors du passage par la température de transition vitreuse les propriétés mécaniques d'un polymère sont modifiées. De quelle façon ?

2. Après avoir synthétisé un polymère et avant de l'utiliser, on contrôle ses caractéristiques. On mesure, par exemple, sa masse moléculaire moyenne viscosimétrique par analyse viscosimétrique :

Un échantillon du polymère est dissous dans un solvant. Sa viscosité est déduite de la mesure la durée d'écoulement de solutions de concentrations différentes pour une même température.

Les résultats des mesures sont rassemblés dans le tableau de l'annexe 2 (à rendre avec la copie).

2.1. Compléter le tableau en calculant, pour chaque solution de polymère, sa viscosité spécifique (ou indice de viscosité) η_s (en $\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$).

On donne :

$$\eta_s = (t - t_0) / (t_0 \times C)$$

t (en s) est le temps d'écoulement pour une solution de concentration C (en $\text{g} \cdot \text{cm}^{-3}$),
 t_0 représente le temps d'écoulement (en s) du solvant pur, ici $t_0 = 120,0$ s.

2.2. Tracer la courbe $\eta_s = f(C)$ sur l'annexe 2 et en déduire la viscosité intrinsèque (ou indice limite de viscosité) $[\eta]$ de l'échantillon étudié.

On rappelle que la viscosité spécifique est la limite vers laquelle tend la viscosité intrinsèque lorsque la concentration tend vers zéro.

2.3. La viscosité intrinsèque $[\eta]$ d'une solution de polymère suit la relation empirique

$$[\eta] = K \times (\overline{M}_v)^\alpha \quad \text{Relation de Mark - Houwink}$$

K et α sont des constantes relatives au couple solvant - polymère,
 \overline{M}_v est la masse molaire moyenne viscosimétrique .

Avec $[\eta]$ exprimé en $\text{cm}^3 \cdot \text{g}^{-1}$ et \overline{M}_v exprimé en $\text{g} \cdot \text{mol}^{-1}$, on prend :

$$K = 6,31 \times 10^{-3} \text{ et } \alpha = 0,80$$

Calculer la masse molaire moyenne viscosimétrique de ce polymère.

PHYSIQUE (24 points sur 60)

I. Thermodynamique (9 points)

Données :

Masse molaire de l'eau : $18 \text{ g} \cdot \text{mol}^{-1}$

Masse volumique de l'eau liquide : $\rho = 1000 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$

Chaleur latente de fusion de la glace à 0°C : $L_{\text{fus}} = 334 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$

Chaleur latente de vaporisation de l'eau (100°C) : $L_{\text{vap}} = 2260 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1}$

Chaleur massique de l'eau solide ou liquide : $c = 4,18 \text{ kJ} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{K}^{-1}$

On chauffe sous la pression atmosphérique, en utilisant une plaque chauffante, de l'eau contenue dans un récipient cylindrique.

L'eau est initialement sous forme de glace à -5°C et doit être chauffée jusqu'à 90°C .

Le volume de l'eau est $V = 36,0 \text{ cm}^3$ lorsqu'elle est liquide.

1. Représenter l'allure de l'évolution de la température de l'eau avec le temps.
2. Calculer la valeur de l'énergie reçue par l'eau.
3. Lister les différents modes de transfert de la chaleur.
4. Quel est le mode majoritaire de transfert de la chaleur dans l'eau liquide que l'on chauffe ?

II. Étude d'une installation électrique (15 points)

L'installation électrique d'un laboratoire reliée au réseau E.D.F. (230 / 400V – 50 Hz) comporte :

- un système d'éclairage constitué de 3 lampes identiques (100W - 220V),
- un moteur asynchrone triphasé qui permet la ventilation du local.

On lit les renseignements suivants sur la plaque signalétique du moteur :

puissance absorbée : 2,00 kW ; facteur de puissance : 0,80 ; 4 pôles ; glissement : 2 %.

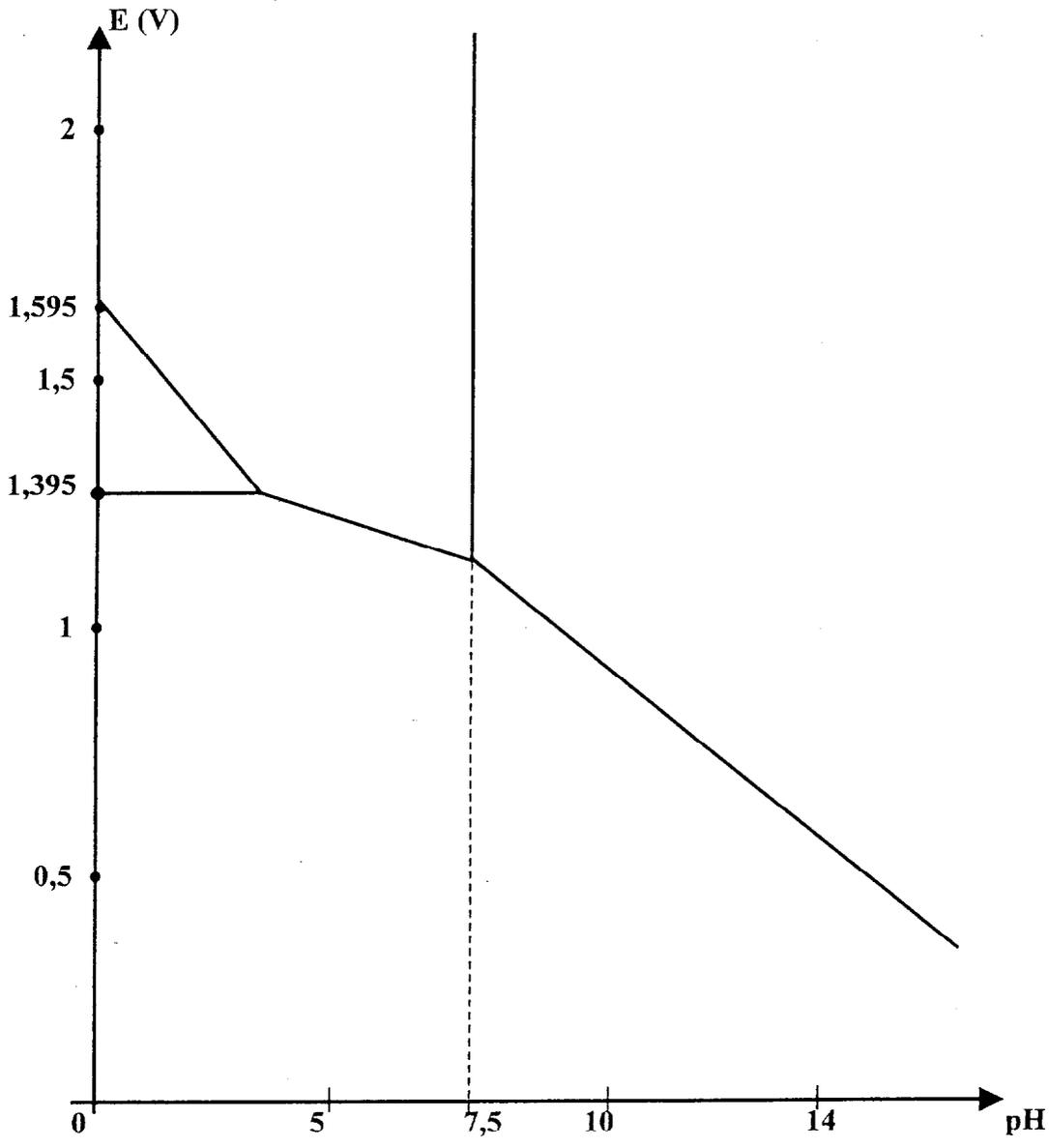
1. Indiquer le couplage à utiliser pour les lampes qui constituent le système d'éclairage.
2. Calculer, pour l'ensemble des lampes, la puissance active, la puissance réactive et la puissance apparente.
3. Quelles sont les valeurs des puissances actives, réactives et apparentes du moteur ?
4. Quelles sont les valeurs des puissances actives, réactives et apparentes de l'installation ?
5. Calculer la valeur efficace de l'intensité du courant en ligne et le facteur de puissance de l'installation.
6. On désire relever à 0,95 le facteur de puissance de l'installation. On utilise pour cela trois condensateurs de même capacité montés en triangle. Quelle est la valeur de la capacité C de chacun de ces condensateurs ?

Examen ou concours : _____ Série* : _____
Spécialité/option : _____
Repère de l'épreuve : _____
Épreuve/sous-épreuve : _____
(Préciser, s'il y a lieu, le sujet choisi)

Numérotez chaque page (dans le cadre en bas de la page) et placez les feuilles intercalaires dans le bon sens.

ANNEXE 1 à rendre avec la copie

PNPHY



Spécialité/option : _____
 Repère de l'épreuve : _____
 Épreuve/sous-épreuve : _____
 (Préciser, s'il y a lieu, le sujet choisi)

Numérotez chaque page (dans le cadre en bas de la page) et placez les feuilles intercalaires dans le bon sens.

ANNEXE 2 à rendre avec la copie

PNPHY

Concentration C (en g / cm ³)	0,25x10 ⁻³	0,50x10 ⁻³	0,75x10 ⁻³	1,00x10 ⁻³
Temps d'écoulement t (en s)	122,5	126,7	132,4	140
$\eta_s = (t - t_0) / (t_0 \times C)$				

On rappelle que $t_0 = 120,0$ s

