



Olympiades de la chimie
Académie de Rouen
Concours régional
2006

QUESTIONNAIRE

Le thème de ce questionnaire est :

CHIMIE et HABITAT

La durée de l'épreuve est de 2,0 heures

***** ***Informations importantes*** *****

- ❖ Ce questionnaire est composé d'une succession de lectures, de questions et de petits exercices.

Il est important de traiter le maximum de questions.

Les questions et exercices sont repérés par leur numérotation chiffrées : "I.1 etc. ".

- ❖ Seule la liasse de "feuilles de réponses" devra être rendue à la fin de l'épreuve.
Vous devez l'utiliser pour y inscrire les réponses aux questions posées.

- ❖ ***Ce questionnaire sera conservé par le candidat.***

Le thème des olympiades est cette année encore chimie et habitat.

Si l'on a une petite idée de ce que peut couvrir la chimie, quelle signification donne-t-on au mot "*habitat*" ?

L'habitat est tout d'abord le milieu géographique qui réunit les conditions nécessaires à la vie d'une espèce animale ou végétale.

L'habitat, c'est aussi la manière dont l'homme aménage les lieux où il vit.

La chimie va jouer, directement et indirectement un rôle important dans l'habitat :

- Elle est présente dans les matériaux de construction, d'étanchéité et d'isolation.
- Elle intervient souvent de manière très discrète, pour rendre plus confortable les lieux choisis par l'homme pour y vivre.

L'habitat c'est aussi le développement durable avec tous les faits d'éducation qui s'y attachent ; à défaut, l'habitat devient précaire et l'habitant doit migrer vers des sites plus favorables à sa survie.

- La chimie va être utilisée pour permettre de qualifier l'habitat de salubre ou d'insalubre.

La chimie a donc une incidence quotidienne sur notre habitat, parfois négative (pollution) mais souvent positive (confort – assainissement). C'est ce que nous allons essayer de mettre en évidence au travers de ce questionnaire.

Mais en fin de compte, que faut-il à un lieu pour qu'il soit qualifié d'habitat par l'homme ?

- Tout d'abord un abri, si possible solide, sec et bien isolé.
- Des conditions favorables à la vie.
- Un peu de confort.

Pour chacun de ces items, la chimie est présente.

L'habitat et le développement durable.

La notion de développement durable est de plus en plus évoquée pour justifier certaines démarches, notamment en ce qui concerne le choix de sources d'énergie, de matériaux de construction.

Depuis quelques années, des campagnes publicitaires sont élaborées pour sensibiliser les populations à l'usage de techniques et matériaux "alternatifs".

Ce sont l'utilisation du bois comme matériaux de construction, du ciment et de ses dérivés pour le gros œuvre des bâtiments, de l'énergie électrique d'origine éolienne, des carburants d'origine agricole, de solutions techniques réduisant les gaz à effet de serre, etc. .

Les exemples sont nombreux et variés et bien souvent la chimie joue un rôle non négligeable dans ces réalisations.

Il est cependant des matériaux utilisés depuis de nombreuses années et qui présentent toutes les caractéristiques correspondant aux critères d'un développement durable.

Le bois joue, aujourd'hui encore, un rôle important dans les activités liées à l'habitat : environnement, murs, charpente, huisserie, mobilier, chauffage et même alimentation.

Il est concurrencé par d'autres matériaux tel que l'acier, les matières plastiques et l'aluminium.

Si la principale source de matières plastiques reste le pétrole, on développe chaque jour de nouvelles matières plastiques d'origine végétale bien que celles-ci restent marginales pour des raisons économiques.

Les différentes crises pétrolières et la prise de conscience de la limite des ressources pétrolières font que d'autres matériaux connaissent un renouveau bien souvent du fait de leur aptitude à être recyclé, c'est le cas de l'aluminium.

I-

II- L'aluminium

II.1. Généralités.

L'aluminium, est un métal dont les minerais sans être inépuisables sont disponibles en quantités suffisantes et qui de surcroît est 100% recyclable.

Les nombreuses qualités, tant physiques que chimiques, de l'aluminium et de ses alliages en font un matériau incontournable.

II.1.1. Les objets en aluminium sont-ils récents ?

- Sans doute car il fut découvert au :
- | | |
|---------------------------|--------------------------|
| XVI ^e siècle | <input type="checkbox"/> |
| XVII ^e siècle | <input type="checkbox"/> |
| XVIII ^e siècle | <input type="checkbox"/> |
| XIX ^e siècle | <input type="checkbox"/> |
| XX ^e siècle | <input type="checkbox"/> |

Le premier scientifique à avoir isolé l'élément aluminium est Hans Christian OERSTED, plus connu pour ses travaux sur l'électromagnétisme que pour cette découverte.

II.1.2. Mais qu'appelle-t-on "élément chimique" ?

- Un ensemble d'atomes dont les noyaux ont le même nombre de nucléons ;
- Un ensemble d'atomes dont les noyaux ont le même nombre de protons ;
- Un ensemble d'atomes dont les noyaux ont le même nombre de neutrons.
- Un ensemble d'atomes ayant des noyaux identiques ;

II.1.3. Mais pour quelle raison a-t-on nommé cet élément "aluminium" ?

Le nom aluminium a pour étymologie :

- | | |
|--------------------------|--------------------------|
| Le mot latin "Alumen" | <input type="checkbox"/> |
| Le mot anglais "Alumina" | <input type="checkbox"/> |
| Le mot latin "Alumnus" | <input type="checkbox"/> |
| Le mot arabe "Al Loumin" | <input type="checkbox"/> |

Sur la centaine d'éléments répertoriés sur terre, l'aluminium ne représente que 1,8 % en masse de la terre. Par contre, si l'on ne considère que la croûte terrestre, l'aluminium est un élément très répandu.

II.1.4. La croûte terrestre contient en pourcentage de masse :

- | | |
|--------------------|--------------------------|
| 2,5 % d'aluminium | <input type="checkbox"/> |
| 4,5 % d'aluminium | <input type="checkbox"/> |
| 8,5 % d'aluminium | <input type="checkbox"/> |
| 14,5 % d'aluminium | <input type="checkbox"/> |

II.1.5. Comment Oersted a-t-il isolé l'élément aluminium ?

- En mélangeant de la bauxite et du carbone à 1000 °C ?
- En électrolysant AlCl_3 sur une cathode de mercure ?
- En chauffant de l'argile en présence de sodium ?
- Par action du potassium (K) sur AlCl_3
- Je ne sais pas.

II.1.6. Dès sa découverte, l'utilisation de l'aluminium a connu un essor considérable du fait de ses caractéristiques tant physiques que chimiques car ce métal est :

- Très dur
- Très souple
- Inoxydable
- Très léger
- Très bon marché
- Brillant.
- Isolant

Si la métallurgie de l'aluminium fut d'abord chaotique ; en 1827 la préparation de Wöhler utilisait la réaction entre AlCl_3 et K (potassium) et le prix de l'aluminium était exorbitant.

Le procédé Sainte-Claire Deville (chauffage de chlorure d'aluminium et de sodium, de cryolithe, de carbone et de sodium) a permis, dès 1860, de préparer industriellement l'aluminium que l'on l'appelait "l'argent tiré de l'argile" ; très rapidement l'aluminium devint accessible avec la mise au point de ce procédé.

II.1.7. En France, Napoléon III fut l'instigateur de cette promotion, il fit développer la métallurgie de l'aluminium :

- Pour faire fabriquer un blindage pour son carrosse,
- Pour faire fabriquer des sabres pour l'armée,
- Pour faire fabriquer des couverts,
- Pour faire fabriquer des équipements militaires.

La métallurgie moderne de l'aluminium naquit en 1886 lorsque le français Héroult et l'américain Hall mirent au point, indépendamment l'un de l'autre, le procédé par électrolyse ignée utilisant l'alumine dont le procédé de préparation industrielle fut mis au point par l'allemand Bayer.

Ce n'est toutefois qu'au début du XX^e siècle qu'elle se développa.

II.2.

III- La fabrication moderne de l'aluminium :

Le principal minerai utilisé en métallurgie de l'aluminium est la bauxite.

La bauxite a été décrite par Pierre Berthier en 1821.

La bauxite est un mélange d'oxydes hydratés d'aluminium, de fer, de silicium et de titane. On trouve des bauxites blanches, riches en silicium et pauvres en fer et des bauxites rouges riches en fer et pauvre en silicium.

Seules les bauxites rouges peuvent être utilisées pour la production d'aluminium.
Composition massique d'une bauxite rouge :

Al_2O_3 : 55% ; Fe_2O_3 : 25% ; SiO_2 : 4% ; TiO_2 : 3% ; H_2O : 13%

III.1.1. Mais d'où vient le nom "bauxite" ?

- | | |
|-------------------------------------|--------------------------|
| Du site des Baux de Provence | <input type="checkbox"/> |
| De la ville de Bouxwiller en Alsace | <input type="checkbox"/> |
| Du nom du prince Bocskai | <input type="checkbox"/> |
| Du grec "boxeitos" | <input type="checkbox"/> |

III.2. Minéralurgie de l'aluminium.

La première transformation du minerai ou minéralurgie va permettre d'isoler l'alumine.
Ce processus, mis au point par l'allemand Bayer, est assez long :
il comporte cinq étapes et dure plusieurs jours :

- Le broyage en poudre très fine,
- Le lessivage ou attaque à chaud de la bauxite (140 à 230°C ; 4 à 30 bar) par une solution concentrée de NaOH, opération très lente se déroulant en plusieurs étapes,
- La séparation de l'aluminate de sodium (AlO_2^- , Na^+) par filtration,
- La précipitation de l'alumine hydratée qui est une opération très longue,
- La calcination de l'alumine hydratée.

Ce processus permet d'obtenir une alumine dont la pureté avoisine 99,5% de Al_2O_3 en masse.

Quelques données : Masses molaires en $\text{g}\cdot\text{mol}^{-1}$:

Al_2O_3 : 102 ; Fe_2O_3 : 159,1 ; SiO_2 : 60,8 ; TiO_2 : 79,9 ; H_2O : 18

Les bauxites blanches dont la teneur en SiO_2 est voisine de 30% et la teneur en Fe_2O_3 de 4% sont impropres à la minéralurgie de l'alumine car en milieu très basique, il se forme un aluminosilicate de sodium insoluble de composition : $(3\text{Al}_2\text{O}_3, 3\text{Na}_2\text{O}, 5\text{SiO}_2, 5\text{H}_2\text{O})$.
Par contre, les bauxites blanches servent à la fabrication de ciments spéciaux, d'abrasifs et de produits réfractaires.

Pour comprendre et illustrer les différentes étapes de la minéralurgie, remémorons nous quelques expériences d'identification d'ions par action d'une solution d'hydroxyde de sodium (NaOH).

Pour toutes ces expériences, nous utilisons des solutions de concentration molaire apportée égale à $0,1 \text{ mol.L}^{-1}$

III.2.1. Les solutions d'hydroxyde de sodium sont :

- Des solutions acides
- Des solutions amphotères
- Des solutions basiques
- Des solutions de soude

III.2.2. Brönsted définit le concept de basicité en phase aqueuse en déclarant qu'une base est :

- Une entité chimique pouvant libérer un proton (H^+)
- Une entité chimique réagissant avec tous les acides
- Une entité chimique pouvant capter un proton (H^+)
- Une entité chimique réagissant avec l'eau pour donner H_3O^+ .

III.2.3. Réaction des ions Fe^{3+} en solution avec l'hydroxyde de sodium :

Cette réaction donne un précipité de couleur rouille insoluble dans un excès de solution de NaOH.

III.2.3.1. Quelle est la nature du précipité ?

.....

III.2.3.2. Ecrire l'équation de réaction de précipitation.

.....

III.2.4. La silice, SiO_2 , est soluble dans les solutions concentrées et chaudes de NaOH.

La transformation est assez lente.

III.2.4.1. Ecrire l'équation de réaction entre la silice et les ions $\text{HO}^-_{\text{aqueux}}$.

.....

- III.2.5.** Le dioxyde de titane TiO_2 est insoluble dans les solutions de NaOH.
III.2.6. Réaction d'une solution d'ions Al^{3+} avec une solution de NaOH.

Lorsque l'on ajoute progressivement une solution de NaOH à une solution contenant des ions Al^{3+} , on observe d'abord la formation d'un trouble qui va en s'épaississant et que l'on identifie comme étant un précipité d'hydroxyde d'aluminium ; si l'on continue à ajouter une solution concentrée de NaOH, le précipité est solubilisé.

III.2.6.1. Sous quelle forme trouve t'on l'aluminium en milieu très basique ?

- Al^{3+}
 $\text{Al}(\text{OH})_3$
 AlO_2^-
 $\text{Al}(\text{OH})_4^-$

III.2.6.2. Ecrire l'équation de réaction de précipitation d'hydroxyde d'aluminium

.....

III.2.6.3. Ecrire l'équation de dissolution du précipité dans un excès de solution de NaOH.

.....

III.2.6.4. La réaction de solubilisation de l'alumine (Al_2O_3) dans une solution de NaOH est :

- Une réaction d'oxydation
Une réaction de réduction
Une réaction acido-basique
Une réaction d'amphotérisation

III.3. Réalisation expérimentale de la minéralurgie – Etude du procédé.

Réalisons maintenant un mélange correspondant à la composition d'une bauxite rouge :

Dans un mortier on broie finement :

5,5 g de Al_2O_3 ; 2,5 g de Fe_2O_3 ; 0,4 g de SiO_2 ; 0,3 g de TiO_2 ; 1,3mL de H_2O .

III.3.1. Qu'est ce qui donne sa couleur à la bauxite rouge ?

.....
III.3.2. Pour quelle raison, le mélange préparé n'est il pas vraiment de la bauxite ?

- La structure cristalline n'est pas celle de la bauxite
- Le mélange n'est pas homogène
- La poudre est trop fine
- La vraie bauxite est une roche
- La composition ne contient pas d'impureté

On ajoute à ce mélange 20 mL de solution concentrée de NaOH que l'on porte à ébullition puis on laisse pendant 24 heures à température ambiante dans un récipient en polyéthylène.

III.3.3. Pour quelle raison transfère t on le mélange dans un récipient en polyéthylène ?

.....

On filtre le mélange réactionnel.

III.3.4. Quels composés chimiques sont présents dans le filtrat ?

- La silice
- Les ions silicate
- Les ions Al^{3+}
- Les ions aluminate
- Les ions Fe^{3+}

Le filtrat est ensuite dilué puis neutralisé jusqu'à pH = 6,0. On observe un précipité blanc que l'on isole.

La masse de précipité, séché à 120°C, est égale à 7,80 g

III.3.5. Quelle est la nature du précipité ?

- Al_2O_3
- $Al(OH)_3$
- $Fe(OH)_3$
- $(3Al_2O_3, 3Na_2O, 5SiO_2, 5H_2O)$

Le précipité est alors chauffé dans un four à 500°C pendant plusieurs heures, au refroidissement on obtient 5,10 g d'alumine.

III.3.6. Sachant qu'il n'y a pas eu de perte suite à une erreur de manipulation, justifier la perte de 0,40 g d'alumine.

.....

III.3.7. Calcul du rendement de la préparation :

Zone de
rédaction

Le rendement de la préparation est égal à :

Industriellement : on ne neutralise pas la solution d'ion aluminate, on refroidit la solution saturée basique ce qui a pour effet de faire précipiter l'alumine hydratée que l'on isole par filtration, la liqueur refroidie est ensuite réutilisée pour traiter la bauxite ou éventuellement pour préparer la cryolithe.

L'alumine hydratée est alors calcinée pour obtenir l'alumine Al_2O_3 qui sera utilisée pour la métallurgie de l'aluminium.

III.4.

IV- Métallurgie de l'aluminium

IV.1.1. Alumine et cryolithe

Transformer l'alumine en aluminium n'est pas chose aisée, l'affinité de l'aluminium pour l'oxygène est très forte.

IV.1.1.1. Mais alors pour quelle raison l'aluminium ne se corrode t'il pas comme le fer ?

- L'aluminium est passivé par l'air,
- L'aluminium est un métal inoxydable,
- L'aluminium est recouvert d'une couche étanche d'alumine,
- L'aluminium est recouvert de carbonate.

Pour produire de l'aluminium, il faut réduire l'alumine. Toutefois l'alumine ne peut être réduite par les réducteurs classiques de la pyrométallurgie (C, CO), il est cependant possible de réaliser une réduction chimique en utilisant un métal plus réducteur que l'aluminium tel que le sodium ou le potassium.

Ce procédé peu rentable, utilisé à la fin du XIX^e siècle, n'a connu qu'un développement industriel éphémère.

La fabrication industrielle de l'aluminium n'a vu son essor qu'au début du XX^e siècle avec la mise au point du procédé d'électrolyse ignée de l'alumine.

Pour cela il a fallu résoudre deux problèmes essentiels : La fusion de l'alumine.

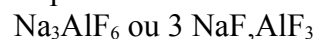
L'électrolyse des sels fondus.

IV.1.1.2. Comment qualifie-t-on les composés qui, comme l'alumine, fondent à des températures très élevée (~ 2000°C) ?

- Ce sont des fusibles
- Ce sont des réfractaires
- Ce sont des fondants
- Ce sont des infusibles

Pour abaisser la température de fusion de l'alumine, on utilise un bain de cryolithe fondue.

La cryolithe est un fluorure de sodium et d'aluminium de composition :



La cryolithe est préparée par action de l'acide fluorhydrique sur une solution basique d'alumine. La cryolithe étant insoluble dans l'eau elle est recueillie par filtration.

IV.1.1.3. Ecrire l'équation de réaction intervenant en phase aqueuse entre Na^+ , AlO_2^- , HO^- et HF lors de la fabrication de la cryolithe.

.....

IV.1.2. L'acide fluorhydrique :

L'acide fluorhydrique est préparé par action de l'acide sulfurique (H_2SO_4) sur le fluorure de calcium (CaF_2), un des fluorures le plus répandu sur terre.

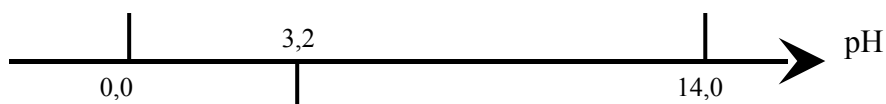
L'acide sulfurique est un acide qualifié de "fort" en solution dans l'eau.
Pour cette étude, nous admettrons que les deux protons de H_2SO_4 sont équivalents.

IV.1.2.1.Quelle est l'espèce acido-basique réactive produite par l'acide sulfurique lors de sa mise en solution dans l'eau ?

- H^+
- SO_4^{2-}
- HO^-
- H_2O
- H_3O^+

Le pK_A de l'acide fluorhydrique est égal à 3,2.

IV.1.2.2. Compléter le diagramme de prédominance d'espèces acido-basiques ci-dessous en plaçant dans les différents domaines les espèces chimiques que l'on doit y trouver.



IV.1.2.3.Ecrire l'équation de réaction entre l'acide sulfurique et le fluorure de calcium

.....

IV.1.3.

V- Retour à l'électrolyse de l'alumine.

La quantité d'alumine solubilisée dans un bain de cryolithe fondue correspond à environ 8% de la masse totale.

On y ajoute aussi de petites quantités de fluorure de calcium et d'aluminium pour diverses raisons (masse volumique, abaissement du point de fusion.).

Le bain d'électrolyse est liquide à 950°C, et à cette température, sa masse volumique est égale à 2150 kg.m⁻³.

La masse volumique de l'aluminium fondu($\theta_{eb.} = 660^\circ\text{C}$) étant plus élevée(~ 2500 kg.m⁻³), il se rassemble au fond de la cuve d'électrolyse.

La chaleur nécessaire pour maintenir le bain d'électrolyse à l'état fondu est principalement fournie par le passage de l'électricité dans le bain fondu.

La chaleur dégagée lors de la réaction du carbone des électrodes avec le dioxygène formé lors de l'électrolyse participe aussi au chauffage du bain d'électrolyse

V.1.1.1. Comment justifiez vous le fait que le passage de l'électricité dans le bain fondu serve à le maintenir chaud ?

Car les électrons sont freinés dans le bain fondu

Car il y a dissipation d'énergie par effet Joule

Car la réaction associée à l'électrolyse libère de l'énergie

Le passage de l'électricité n'est pas responsable de l'échauffement

Mais que se passe-t-il dans la cellule d'électrolyse ?

Les différentes espèces chimiques sont à l'état fondu.

L'alumine et la cryolithe réagissent pour donner : $\text{Na}_3\text{AlF}_6 + \text{Al}_2\text{O}_3 \rightleftharpoons 3 \text{NaAlOF}_2$

La cryolithe se dissocie pour donner : $\text{Na}_3\text{AlF}_6 \rightleftharpoons \text{NaAlF}_4 + 2 \text{NaF}$

A 850°C, à l'état fondu, Na F se dissocie : $\text{NaF} \rightleftharpoons \text{Na}^+ + \text{F}^-$

ainsi que NaAlF_4 : $\text{NaAlF}_4 \rightleftharpoons \text{Na}^+ + \text{AlF}_4^-$

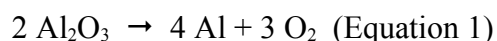
et $\text{NaAlOF}_2 \rightleftharpoons \text{Na}^+ + \text{AlOF}_2^-$

Le mélange fondu est donc très complexe.

D'après les études menées, les réactions aux électrodes seraient :



V.1.1.2. Montrer que en combinant ces équations de réaction, on peut ramener l'écriture de l'équation de réaction d'électrolyse à :



Zone de
rédaction

Sachant que à la température du bain fondu le dioxygène produit à l'électrode ② brûle le carbone des électrodes pour donner du CO_2 ,

V.1.1.3. Montrer que le phénomène global correspond à la réduction de l'alumine par le carbone.

Zone de
rédaction

Note : Pour produire 1 tonne d'aluminium, on consomme environ 500 kg de carbone.

V.1.1.4. Lors d'une électrolyse, la réaction globale est :

- Une réaction de dissociation
- Une réaction acidobasique
- Une réaction d'oxydoréduction
- Une réaction de complexation
- Une réaction d'électrocutation

V.1.1.5. Quel type de réaction à quelle électrode ?

A l'électrode ① on peut observer une réaction de

car →

A l'électrode ② on peut observer une réaction de

car →

V.1.1.6.

VI- Quel nom donne t on à ces électrodes ?

L'électrode ① est une car

L'électrode ② est une car

VI.1.1.1. Mais au fait, quelle est l'électrode négative ? L'électrode positive ?

L'électrode ① est car

L'électrode ② est car

VI.1.2. Etude énergétique

ou : Quel est le rendement de cette électrolyse ?

VI.1.2.1. Les unités

VI.1.2.1.a. Quelle est l'unité (S.I.) de puissance électrique ?

VI.1.2.1.b. Quelle est l'unité (S.I.) d'énergie ?

VI.1.2.1.c. Quelle relation lie ces deux grandeurs ?

Un ensemble d'électrolyseur appelé "cuve d'électrolyse" est alimenté par un générateur de tension de 4,2 Volt continu.

L'intensité du courant est de 100.000 Ampère.

La densité de courant à l'électrode est de 1,0 Ampère par cm^2 .

Sachant que l'électrode ① est formée par une surface importante de carbone recouverte d'aluminium fondu, ce sont les électrodes ② qui limitent la densité de courant.

Chacune des électrodes ② est formée d'un barreau de carbone de section $0,5 \times 0,5 \text{ m}^2$.

VI.1.2.2. Combien d'électrodes ② sont nécessaires pour alimenter cette cuve d'électrolyse ?

Zone de
rédaction

La tension appliquée entre les électrodes est égale à 4,2 Volt. Elle se répartit comme suit :

Tension effective d'électrolyse : 1,70 Volt.

Chutes de tension : Dans le bain : 1,50 Volt

A l'électrode ① : 0,40 Volt

A l'électrode ② : 0,45 Volt

Pertes en ligne : 0,15 Volt.

VI.1.2.3. Calcul de la puissance électrique fournie :

VI.1.2.3.a. Quelle est la définition de la puissance électrique ?

Quantité d'électricité par unité de temps.

Energie utilisée pour produire 100 kg d'aluminium.

Quantité d'énergie par unité de temps.

Travail fourni par l'électrolyseur par unité de temps.

VI.1.2.3.b. Comment calcule t-on la puissance électrique ?

$P = R \times I$

$P = U \times I$

$P = R \times I^2 \times t$

$P = U \times I^2$

VI.1.2.3.c. Calculer la puissance électrique totale fournie à la cuve d'électrolyse étudiée.

Zone de
rédaction

VI.1.2.3.d. Calculer la quantité d'énergie électrique totale fournie en une journée à la cuve d'électrolyse étudiée.:

Zone de
rédaction

VI.1.2.4. Sachant qu'une telle cuve d'électrolyse peut fabriquer 725 kg d'aluminium en 24 h, on se propose de calculer le rendement de l'électrolyse.

VI.1.2.4.a. Rappeler la valeur de la charge d'une mole d'électrons :

$6,02 \times 10^{23}$ Coulomb par mole

96486 Coulomb par mole

$1,6 \times 10^{19}$ Coulomb par mole

8,32 Coulomb par mole

VI.1.2.4.b. Quel nom donne t on à la charge portée par une mole d'électrons ?

La charge portée par une mole d'électrons est

Calcul du rendement électrique : Quotient de la quantité d'électricité nécessaire pour fabriquer une mole d'aluminium par la quantité d'électricité fournie:

VI.1.2.4.c. Lors de l'électrolyse, combien de moles d'électrons sont échangées dans l'électrolyseur pour préparer une mole d'aluminium ?

Une

Deux

Trois

Six

VI.1.2.4.d. Calculer la quantité d'électricité nécessaire pour fabriquer 725 kg d'aluminium.

Donnée : $M_{Al} = 27,0 \text{ g.mol}^{-1}$

Zone de rédaction

pour fabriquer 725 kg d'aluminium il faut :

VI.1.2.4.e. Quelle quantité d'électricité a été fournie à l'électrolyseur ?

Zone de rédaction

La quantité d'électricité fournie à l'électrolyseur en une journée est :

VI.1.2.4.f. Calcul du rendement électrique de la fabrication de l'aluminium.

Zone de rédaction

Calcul du rendement énergétique de l'électrolyse de l'aluminium.

On rappelle que le produit d'une charge électrique par une tension a la dimension d'une énergie.

(L'électron Volt est une unité d'énergie utilisée à l'échelle atomique.)

VI.1.2.4.g. Calculer l'énergie utilisée pour la seule opération d'électrolyse de l'alumine.

Zone de rédaction

L'électrolyse à nécessité J

VI.1.2.4.h. En déduire le rendement énergétique de l'électrolyse

Zone de rédaction

VI.1.2.4.i. Comparer le rendement électrique et le rendement énergétique de l'électrolyse et conclure.

Zone de rédaction

.....

.....

.....

.....

On peut en conclure que la production de l'aluminium est un processus coûteux, d'autant plus qu'il est indispensable de veiller à la protection de l'environnement ce qui augmente notablement les coûts.

Par chance, l'aluminium est l'un des matériaux issu de la chimie qui est recyclable à 100% sans nécessiter des coûts de traitement exorbitant.

VII-

VIII-Les polymères du XXI^e siècle.

L'aluminium ne peut à lui seul résoudre tous les problèmes de construction, les matières plastiques jouent un rôle important dans le confort de notre habitat.

Par exemple : les huisseries en aluminium isolent très peu du froid, car l'aluminium est un très bon conducteur de la chaleur et de l'électricité. Pour éviter des déperditions de chaleur trop importantes, on habille un cadre en matière plastique isolante avec de l'aluminium, l'ensemble isole l'intérieur des habitations du froid tout en ayant les avantages de l'aluminium : aspect et rigidité.

La principale source de matière plastique provient des produits de transformation du pétrole.

Or les ressources en pétrole n'étant pas intarissables, l'homme cherche donc à produire des matières plastiques à partir de matière première renouvelable.

VIII.1. Du plastique à partir du colza !¹

Parmi les matières premières renouvelables, le colza occupe une place de plus en plus importante.

VIII.1.1. Quelle autre utilisation du colza connaissez-vous ?

.....

VIII.1.2. Le colza (*brassica napus*) est :

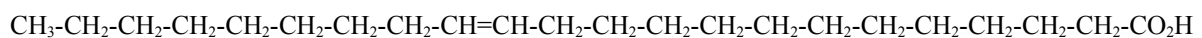
- Un chou
- Une plante
- Une graminée
- Un arbuste

VIII.1.3. Le colza est cultivé pour :

- Ses fruits
- Son feuillage
- Sa fleur
- Ses racines

Des graines du colza on tire une huile riche en acide érucique.

L'acide érucique est une des formes de l'acide docos-13-énoïque représenté ci-dessous.



Que l'on peut écrire : $\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_7\text{-CH=CH-(CH}_2\text{)}_{11}\text{-CO}_2\text{H}$

VIII.1.4.

¹ D'après H.J. Nieschlag et coll. *Ind. Eng. Prod. Res. Dev.*, 1977, **16**, 106

IX- L'acide docos-13-énoïque

IX.1.1.1. Nommer les groupes caractéristiques portés par la molécule d'acide érucique?

..... ;

IX.1.1.2. Donner la formule brute de l'acide érucique.

L'acide docos-13-énoïque peut-être représenté sous deux formes différentes, l'une d'elles est l'acide érucique.

IX.1.1.3. Justifier cette affirmation.

.....

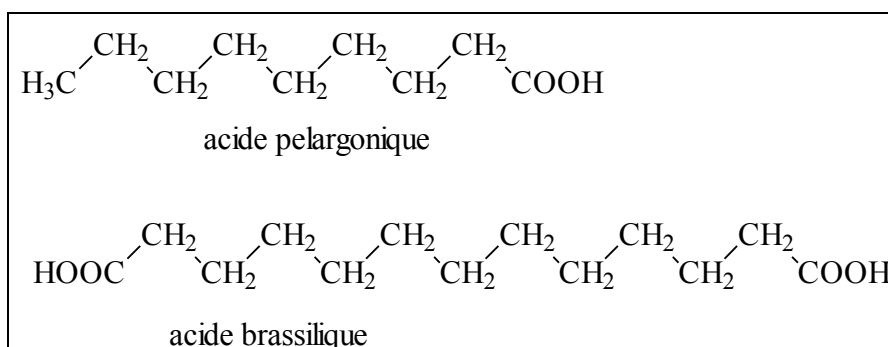
IX.1.1.4. Comment nomme t'on ce type d'isomérisation.

.....

Que faut-il ajouter au nom de l'acide docos-13-énoïque pour différencier les deux molécules ?

IX.1.1.5. Faire un schéma montrant clairement les deux configurations et le nom qui leur est associé.

IX.1.2. L'acide érucique subit une transformation qui conduit à l'obtention d'acide pélagronique et d'acide brassilique représentés ci-dessous.



IX.1.2.1. Donner le nom en nomenclature systématique de l'acide pélagonique.

.....

IX.1.2.2. Quel nom donne t'on à ce type de réaction ?

Réaction de réduction

Réaction de neutralisation

Réaction d'estérification

Réaction d'oxydation

Pour réaliser cette transformation il est possible d'utiliser l'ozone.

IX.1.2.3. Représenter une molécule d'ozone.

ozone

IX.1.2.4. Cette molécule est-elle :

Linéaire ?

triangulaire ?

pyramidale ?

coudée ?

Mais il est préférable d'utiliser l'eau oxygénée (H₂O₂) en milieu acide pour réaliser cette transformation.

IX.1.2.5. En quelle molécule l'eau oxygénée va t'elle être transformée?

H₂O

O₂

OH⁻

H₃O⁺

IX.1.2.6. Vous allez écrire l'équation de réaction pour l'acide pent-3-énoïque.



IX.1.2.6.a. Equilibrer les demi équations d'oxydation réduction suivantes :

H₂O₂ = et

CH₃-CH=CH-CH₂-COOH + = CH₃COOH + HOOC-CH₂-COOH +

IX.1.2.6.b. Puis complétez l'équation de réaction :

CH₃-CH=CH-CH₂-COOH + H₂O₂ →

IX.1.3.

X- Transformation de l'acide brassilique :

La moitié de l'acide brassilique est amené à réagir avec un excès d'ammoniac (NH₃).

X.1.1.1. Ecrire l'équation de la réaction.



X.1.1.2. S'agit-il d'une réaction :

- D'oxydoréduction ?
- Acide-base ?
- D'estérification ?
- De saponification ?

Le produit de cette réaction est ensuite déshydraté puis hydrogéné, on obtient le composé ci dessous.



X.1.1.3. Nommer le groupe caractéristique porté par ce composé :

.....

On fait réagir ce composé avec l'autre partie d'acide brassilique.

On obtient des macromolécules linéaires par condensation d'un groupe caractéristique "acide carboxylique" avec un groupe caractéristique "-NH₂".

Cette macromolécule est commercialisée sous l'appellation Nylon® 13-13.

X.1.1.4. Quel groupe caractéristique se forme lors de la réaction de "polymérisation".

- Ester
- Carbonate
- Amide
- Uréthane

X.1.1.5. A quelle famille de matières plastiques appartient le Nylon® 13-13 ?

.....

X.1.1.6. Représenter la maille de cette macromolécule.

X.1.1.7. Pour quelle raison nomme t'on cette macromolécule **Nylon® 13-13** ?

.....

Le colza n'est pas la seule plantes fournissant des matières premières utilisées par l'industrie des matières plastiques. Certaines de ces matières premières n'ont pas encore pu être copiée par le chimiste de manière satisfaisante.

C'est le cas de l'acide 11-aminoundécanoïque produit à partir de l'huile de ricin.

Le ricin.

Le ricin est une plante de la famille des euphorbiacées donnant de jolies graines non comestibles et toxiques.

De ces graines on extrait par pression à froid l'huile de ricin qui est composée essentiellement de triglycérides ricinoléïques.

X.1.2. L'huile de ricin est utilisée en pharmacie pour son action : Laxative

Vomitif

Purgative

Diurétique

Euphorisante

X.1.3. Un triglycéride est : Un acide gras

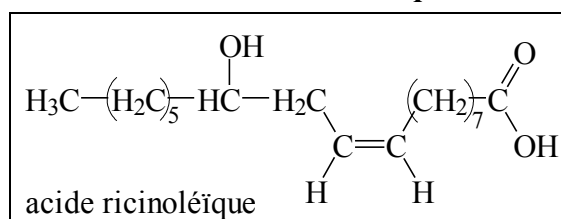
Un sucre

Un triester

Un dérivé du glycérol

L'huile de ricin est importée en grande quantité des pays tropicaux par un grand producteur de matières plastiques.

Dans un premier temps l'huile de ricin est soumise à l'action du méthanol pour isoler l'ester méthylique de l'acide ricinoléïque.



X.1.4. Quelle est la configuration de la double liaison "C=C" de cette molécule ?

La double liaison "C=C" a la configuration

X.1.5. Quel est l'indice de position_(a) de l'atome de carbone portant la fonction alcool ?

Cet atome de carbone a pour indice de position le N°

(a) : numéro d'ordre sur la chaîne carbonée.

X.1.6. Quelle particularité possède cet atome de carbone ?

- Il est dissymétrique
- Il est pentagonal
- Il est énolisable
- Il est asymétrique

X.1.7. Quelle conséquence cela peut-il avoir pour la molécule d'acide ricinoléique ?

- Elle est facilement réduite
- Elle peut dévier le plan de polarisation de la lumière
- Elle n'est pas liposoluble
- Elle existe sous la forme d'un couple d'énantiomères

Sachant que l'acide gras saturé correspondant porte le nom d'acide octadécanoïque.

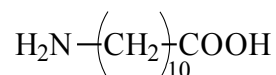
X.1.8. Quel est le nom de l'acide ricinoléique en nomenclature systématique ?

.....

X.1.9. Représenter et nommer l'ester méthylique de l'acide ricinoléique obtenu lors de la réaction de l'acide ricinoléique avec le méthanol.

.....

L'ester méthylique de l'acide ricinoléique est alors soumis à une coupure oxydante de la chaîne carbonée suivie d'une réaction d'amination qui donne de l'acide 11-aminoundécanoïque :



X.1.10. Pour quelle raison cet acide aminé existe-t-il sous la forme de sel ?

- C'est un chlorure d'acyle
- Sa fonction acide réagit avec sa fonction basique
- Il est très soluble dans l'eau
- C'est un bon électrolyte

L'acide 11-aminoundécanoïque est polymérisé en une matière plastique qui porte le nom de Rilsan®

L'habitat mérite un peu de confort pour être supportable et même un peu de luxe.

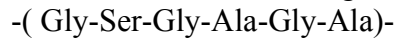
Les textiles utilisés pour décorer les intérieurs jouent un rôle non négligeable.

Beaucoup sont aujourd'hui synthétiques mais la nature fournit des fibres naturelles comme la laine, le coton et la soie.

X.2. La soie

La fibroïne, protéine de la soie, produite par le ver à soie *Bombyx mori*, est constituée de macromolécules (ou chaînes) agglomérées en feuillets " β antiparallèles".

La structure primaire des fibroïnes consiste en une longue chaîne dont le motif est :



X.2.1. Que représentent les abréviations utilisées : Gly ; Ser ; Ala ?

Des acides α -aminés

Les protéines

Des triglycérides

Des atomes

X.2.2. Connaissez vous les noms qui se cachent derrière ces abréviations ?

a- Gly

b- Ala

c- Ser

Les macromolécules constituant la soie sont reliées entre elles. Elles forment ainsi des structures à deux dimensions que l'on nomme "feuillets β ".

Les structures secondaires des protéines les plus communes, l'hélice α et le feuillet β ont été proposées par Linus Pauling (Prix Nobel en 1954) et Robert Corey.

Voici les représentations des conformations des feuillets β de protéines.



A Structure du feuillet β parallèle

B Structure du feuillet β antiparallèle



X.2.3.

XI- Quelle est la conformation de la fibroïne de la soie ? A
 B

XI.1.1. Que représentent les pointillés figurant sur les schémas ?

XI.1.2. Comment sont placés ces différents pointillés ?

	droit	Perpendiculaire à la chaîne latérale	penché	Régulièrement espacés	L'espace est alternativement large et étroit
A					
B					

Les protéines sont des macromolécules formées par un enchaînement d'acides α -aminés
 La soie est fabriquée à partir de trois acides α -aminés :Gly, Ala, Ser.

XI.1.3. Attribuer à chaque molécule la bonne formule :

Formule / Molécule	$\text{CH}_3-\text{CH}(\text{COOH})-\text{NH}_2$	$\text{NH}_2-\text{CH}_2-\text{COOH}$	$\text{HO}-\text{H}_2\text{C}-\text{CH}(\text{COOH})-\text{NH}_2$
Sérine			
Alanine			
Glycine			

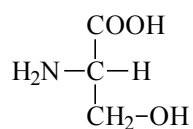
XI.1.4. Quelle est la nature chimique de la liaison formée entre les acides α -aminés ?

A pH = 7, les acides α -aminés sont sous forme ionique, par exemple : $^+\text{NH}_3-\text{CH}_2-\text{COO}^-$

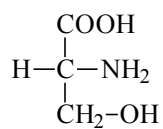
XI.1.5. Quel nom donne-t-on à ces composés ?

- Zwitterion
- Catanion
- Amphion
- Di-ion

Voici la représentation de Fischer de la molécule de sérine :



L-sérine

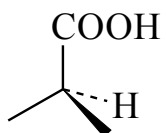


D-sérine

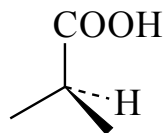
XI.1.6. Comment appelle-t-on ce couple de molécules ?

Ce sont des

XI.1.7. Compléter les représentations de Cram de la L-sérine et de la D-sérine.



L-sérine



D-sérine

XI.1.8. Pourquoi dit-on que la soie est un polyamide ?

.....

XII-

XIII-Les produits d'entretien :

Quoique l'on dise, quoique l'on fasse, nous en utilisons des quantités de plus en plus importantes.

Il faut tout désinfecter, tout nettoyer mais à quel prix et surtout au prix de quels dangers !

L'an dernier, une partie du QCM des Olympiades de la Chimie avait pour sujet l'eau, nous savons donc pour quelle raison l'eau des nappes phréatiques peut être calcaire et quelles en sont les conséquences pour notre vie quotidienne à savoir les dépôts de tartre.

Aujourd'hui, l'industrie chimique nous propose des solutions pour pallier à ces inconvénients : l'application d'un produit détartrant, de préférence sous forme de gel car ils adhèrent mieux aux surfaces entartrées.

Nombre de ces produits sont des solutions colorées d'acide chlorhydrique (HCl) ou d'acide phosphorique (H₃PO₄) auxquelles sont ajoutées, dans les quantités prescrites par la loi, divers agents tensioactifs et autres molécules.

Je vous propose d'analyser l'un de ces produits dont nous tairons la marque.

XIII.1. L'échantillonnage !

Premier problème : les produits en question sont visqueux, normal ce sont des gels.

XIII.1.1. Comment prélever avec précision une quantité connue de l'un de ces produits ?

J'utilise une pipette jaugée

J'utilise une éprouvette graduée

J'utilise une pipette graduée

J'utilise une balance de précision

XIII.1.2. Justifier votre choix en précisant la (ou les) condition(s) expérimentale(s) indispensable(s).

.....
.....

Pour notre expérience nous allons doser par pH-métrie une quantité mesurée de détartrant.

XIII.2. Etalonnage du pH-mètre.

Pour étalonner un pH-mètre vous utilisez des solutions tampon.

Mais quelles propriétés ont ces solutions tampons ? Et pourquoi ?

XIII.2.1.

XIV-Solution tampon, étude préliminaire. Réaction entre l'acide éthanoïque et l'eau :

XIV.1.1.1. Ecrire l'équation de réaction entre l'acide éthanoïque solvaté et l'eau.

.....

XIV.1.1.2. Donner l'expression du quotient de réaction associé à cette équation de réaction

.....

- XIV.1.1.3.** Quelle est la dimension du quotient de réaction ?
- $\text{mol}^2.\text{L}^{-2}$
 - mol/L
 - sans dimension
 - L/mol
 - $\text{L}^2.\text{mol}^{-2}$

XIV.1.1.4. Pour quelle raison H_2O n'apparaît-il pas dans le quotient de réaction ?

.....

XIV.1.1.5. Lorsque le mélange "eau - acide éthanoïque" est à l'équilibre, quel nom donne-t-on au quotient de réaction ?

.....

XIV.1.2. Préparation d'une solution tampon :

On réalise un mélange équimolaire d'acide éthanoïque et d'éthanoate de sodium dans l'eau. Soit n le nombre de moles d'acide éthanoïque et n le nombre de moles d'éthanoate de sodium que l'on dissout dans l'eau pour obtenir un volume V Litre de solution.

XIV.1.2.1. Recopier l'équation de réaction entre l'acide éthanoïque solvaté et l'eau et compléter le tableau d'avancement ci-dessous :

Etat	Avancement	Quantités de matière en mole
Initial	0 mol.	
Final	x_f mol.	

XIV.1.2.2. Donner l'expression du quotient de réaction à l'état final (Q_{rf}) en fonction de x_f , n et V .

Lorsque l'on transforme cette expression pour faire apparaître le taux final de réaction (τ),

XIV.1.2.3. Laquelle des expressions suivantes va-t-on obtenir ?

On pose : $\frac{n}{V} = C$

$$Q_{rf} = \frac{(1-\tau) \times \tau}{(1+\tau) \times C} \quad \square$$

$$Q_{rf} = \frac{(1+\tau) \times \tau}{(1-\tau) \times C} \quad \square$$

$$Q_{rf} = \frac{(1-\tau) \times \tau}{(1+\tau)} \times C \quad \square$$

$$Q_{rf} = \frac{(1+\tau) \times \tau}{(1-\tau)} \times C \quad \square$$

Sachant que la constante d'acidité de l'acide éthanóïque a pour valeur $1,8 \times 10^{-5}$, et que C est égale à $1,0 \text{ mol.L}^{-1}$,

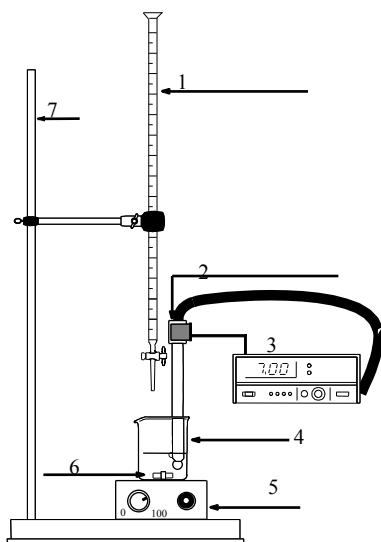
- XIV.1.2.4.** Quelle est la valeur de τ ?
- $\approx 1.10^{10}$
 - $\approx 1.10^5$
 - ≈ 1
 - $\approx 1.10^{-5}$
 - $\approx 1.10^{-10}$

XIV.1.2.5. Compte tenu de ce résultat, quelles propriétés caractérisent les solutions tampon ?

- Leur pH a valeur administrative.
- Leur pH ne varie pratiquement pas avec la dilution.
- Leur pH varie peu en présence d'un peu d'acide provenant d'une réaction.
- Leur pH varie peu en présence d'un peu de base provenant d'une réaction.
- Les solutions tampon peuvent éponger de grandes quantités de liquide.

XIV.2. Le dosage :

Pour doser le détartrant, on réalise le montage ci-dessous :



XIV.2.1. Nommer les éléments numérotés;

- 1 :
-
- 2 :
-
- 3 :
-
- 4 :
-

5 :

6 :

7 :

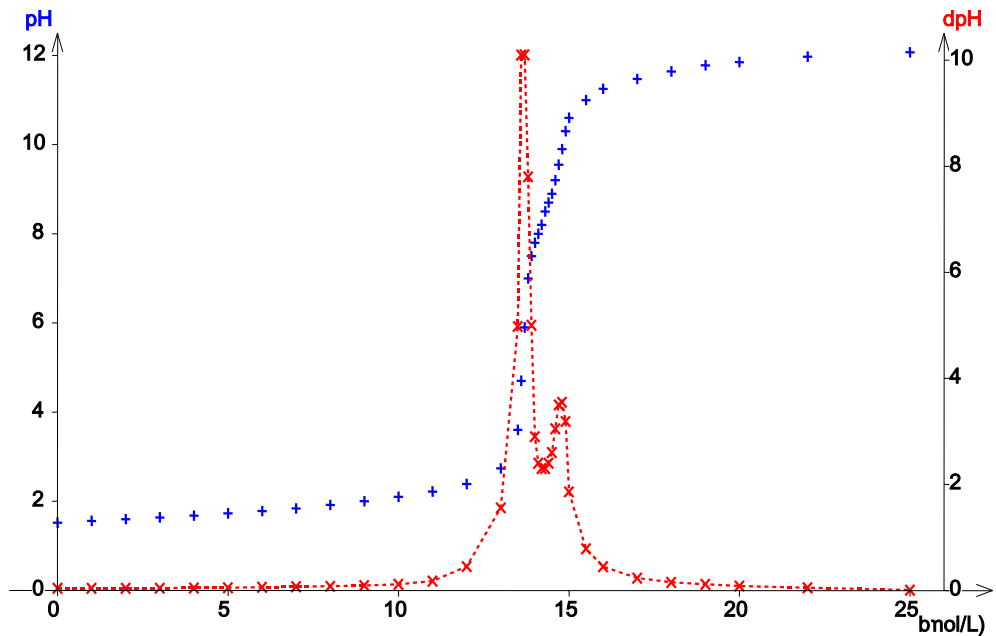
Réalisation du dosage :

Vb	pH
mol/L	
0,0	1,52
1,0	1,56
2,0	1,6
3,0	1,64
4,0	1,68
5,0	1,73
6,0	1,78
7,0	1,84
8,0	1,92
9,0	2,00
10,0	2,10
11,0	2,22
12,0	2,39
13,0	2,74
13,5	3,60
13,6	4,70
13,7	5,90
13,8	7,00
13,9	7,50
14,0	7,80
14,1	8,00
14,2	8,20
14,3	8,50
14,4	8,70
14,5	8,90
14,6	9,20
14,7	9,55
14,8	9,90
14,9	10,30
15,0	10,60
15,5	11,00
16,0	11,25
17,0	11,47
18,0	11,64
19,0	11,78
20,0	11,85
22,0	11,97
25,0	12,07

On pèse, dans un récipient propre et sec, 0,580 g de détartrant.
Le récipient est placé sur le poste de dosage.
On y ajoute une quantité suffisante d'eau.

La solution d'hydroxyde de sodium utilisée a une concentration molaire égale à 0,100 mol/L.

Les résultats sont notés ci-contre et la courbe pH-métrique est tracée ci-dessous.



L'analyse de la courbe de dosage montre que le saut de pH à l'équivalence peut être interprété comme étant composé de deux parties.

Première partie : jusqu'à pH = 7,0 avec un volume équivalent égal à 13,67 mL

Seconde partie : après pH = 7,0 avec un volume équivalent à 14,74 mL

XIV.2.2. Quel indice permet d'affirmer qu'il y a deux équivalences distinctes sur la courbe de dosage ?

.....

Composants :
Aqua
Hydrochloric acid
PEG-2-oléamine
Cetearth-2
Benzalkonium chloride
Alkyl Ethylbenzalkonium
Alcohol
Perfume
Colourant

Pour tenter d'élucider ce mystère, nous avons consulté le site Internet du fabricant sur lequel nous avons trouvé la composition du produit dosé :

Extrait d'un dictionnaire de chimie :

XIV.2.3. Quels sont les constituants qui sont susceptibles

Benzalkonium chloride : Mixture of alkyldiméthylammonium chloride and benzyldiméthylammonium chloride, generally in aqueous solution. Used as an antiseptic detergent and preservative.

a- Lors du premier saut de pH :

Justifier votre réponse :

.....

b- Lors du second saut de pH :

Justifier votre réponse :

.....

XIV.2.4. Calculer la quantité de matière de HCl contenue dans l'échantillon dosé.

$n_{\text{HCl}} = \dots\dots\dots$

XIV.2.5. En déduire le pourcentage massique en HCl du détartrant étudié.

$M_{\text{HCl}} = 36,46 \text{ g/mol}$.

$\% m_{\text{HCl}} = \dots\dots\dots$

Une fiole jaugée de 50,00 mL est tarée sur une balance de précision puis remplie soigneusement jusqu'au trait de jauge avec le détartrant.

La masse de détartrant utilisé est égale à 50,802 g.

XIV.2.6. Calculer la concentration molaire en HCl du détartrant étudié :

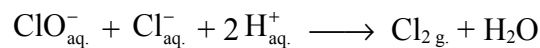
$C_{\text{HCl}} = \dots\dots\dots$

XIV.3. Pourquoi faut-il éviter de mélanger les détartrants acides et l'eau de javel ?

L'eau de javel est une solution basique d'ion chlorure et d'ion hypochlorite.
Le principe actif de l'eau de javel est l'ion hypochlorite.

- XIV.3.1.** Quel est la formule de l'ion hypochlorite ? Cl⁻
 ClO⁻
 ClO₂
 ClO₃⁻
 ClO₄⁻

Lorsque l'on acidifie une eau de javel, on observe un dégagement de dichlore :



Cette réaction, est une réaction d'oxydation réduction.

- XIV.3.2.** Quels sont les deux couples redox intervenant dans cette réaction ?

.....

- XIV.3.3.** Ecrire les deux demi équations de réaction.

.....

.....

- XIV.3.4.** Quel nom particulier porte ce type de réaction d'oxydation ?

- Une transmutation.
- Une dismutation.
- Une permutation.
- Une amphotérisation.

XIV.4. Titre d'une solution d'eau de javel.

Les directives européennes ont modifié l'affichage de l'eau de javel. Auparavant, les français utilisaient le degré chlorométrique °Cl. Cette expression du titre en ion hypochlorite est maintenant remplacée par la teneur en chlore actif.

- XIV.4.1.** La teneur en chlore actif est :

- Le pourcentage en masse de Cl₂ potentiel de la solution.
- La concentration massique en ClO⁻ de la solution.
- Le volume de Cl₂ dégagé par 1 litre de solution.

La concentration molaire en ClO^- de la solution.

XIV.4.2. Petit exercice :

Une personne entreprend de nettoyer une cuvette de WC fortement entartrée, pour cela elle commence par déposer sur le tartre une quantité importante du gel détartrant que vous venez de doser.

Pour désinfecter la cuvette, cette personne ajoute ensuite l'équivalent de 150 mL d'eau de javel préparée en diluant 3 fois le contenu d'un berlingot dont la teneur en chlore actif est égale à 9,6 %.

Quel volume maximal de dichlore peut se dégager dans les conditions d'expérience ?

Données : Masse volumique de l'eau de javel à 9,6 % de chlore actif : 1,20 kg/L.
Dans les conditions d'expérience, le volume molaire des gaz est de 24,5 L.
 $M_{\text{Cl}_2} = 70,9 \text{ g/mol}$

Volume maximal de dichlore =
