



OLYMPIADE FRANCOPHONE DE CHIMIE 2014¹

1^{ère} épreuve -NIVEAU I (élèves de 5^{ème})

R. CAHAY, G. DINTILHAC, J.C. DUPONT, J. FURNEMONT,
D. GRANATOROWICZ, C. HOUSSIER, S. LENOIR
V. LONNAY, L. MERCINY, M. PETIT, C. STEGEN

712 élèves de cinquième année se sont inscrits au niveau I et ont présenté la première épreuve dans leur école ; c'est 150 élèves inscrits de moins qu'en 2013 mais environ autant qu'en 2012 ; notons aussi que quelques élèves de quatrième se sont inscrits, assurant la relève ! Les résultats de 647 élèves nous sont parvenus ; c'est quarante de moins que l'année dernière. Comme en 2013, il y avait 17 questions et les copies étaient corrigées par les professeurs.

Les moyennes obtenues aux différentes questions ont été les suivantes :

| N° question | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Maximum | 5 | 6 | 10 | 5 | 6 | 5 | 4 | 4 | 7 | 4 |
| Moyenne | 2,80 | 3,34 | 4,82 | 3,43 | 3,94 | 2,57 | 3,00 | 3,43 | 5,79 | 0,97 |
| % | 56,1 | 55,7 | 48,2 | 68,5 | 65,6 | 51,4 | 75,1 | 85,7 | 82,8 | 24,2 |

| N° question | 11 | 12 | 13 | 14 | 15 | 16 | 17 | Total |
|----------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| Maximum | 6 | 5 | 8 | 8 | 6 | 5 | 6 | 100 |
| Moyenne | 3,56 | 0,91 | 5,25 | 6,25 | 3,11 | 2,24 | 4,91 | 60,32 |
| % | 59,4 | 18,2 | 65,6 | 78,1 | 51,8 | 44,7 | 81,9 | 60,3 |

La moyenne générale obtenue par les élèves ayant participé à l'épreuve a été de 60,3 %, soit une moyenne d'environ 17 % meilleure que celle obtenue en 2013 (43,6 %), proche de celle obtenue en 2012 (61,8). Les 99 élèves qui ont obtenu 77 % et plus ont été admis à la 2^{ème} épreuve. 88 d'entre eux s'y sont présentés.

L'examen des résultats appelle les commentaires suivants.

Trois questions ont obtenu une note supérieure à 80 % : Q8 / 85,7 % (notion de corps pur), Q9 / 82,9 % (équilibre ou pondération d'équations chimiques), Q17 / 81,9 % (annotation d'un schéma d'appareil). Deux questions ont obtenu une note comprise entre 80 et 70 % : Q14 / 78,1 % (lecture de graphique) et Q7 / 75,1 % (relation ions, nombre atomique, nombre d'électrons). Trois questions ont obtenu une note comprise entre 70 et 60 % : Q4 / 68,5 % (noms chimiques de minéraux), Q5 / 65,6 % (structure électronique et tableau périodique), Q13 / 65,6 % (structure atomique).

¹ Organisée par l'Association des Chimistes de l'Université de Liège (ACLg), avec le soutien de la Politique Scientifique Fédérale ; la Communauté Française de Belgique ; la Communauté Germanophone de Belgique ; la Région de Bruxelles Capitale ; les Universités francophones (Bruxelles, Liège, Mons-Hainaut) ; les Associations des Chimistes et des Sciences des Universités (ACLg : Liège ; AScBr : Bruxelles ; ACL : Louvain-la Neuve ; Didactique des Sciences : Mons-Hainaut) ; le Fonds de Formation des Employés de l'Industrie Chimique ; essencia Wallonie ; essencia Bruxelles ; Prayon S.A. ; Solvay ; les Éditions De Boeck ; Le Soir.

Cinq questions ont obtenu une note comprise entre 60 et 50 % : Q11 / 59,4 % (quantité de matière, concentration), Q1 / 56,1 % (éléments chimiques et leurs applications), Q2 / 55,7 % (phrases à compléter), Q15 / 51,8 % (usages d'instruments chimiques) et Q6 / 51,4 % (structures de Lewis). Deux questions ont obtenu une note comprise entre 50 et 40 % : Q3 / 48,2 % (formules chimiques, nomenclature, masses molaires, quantités de matière) et Q16 / 44,7 % (équations chimiques avec l'acide chlorhydrique). Deux questions ont obtenu un très mauvais score : Q10 / 24,2 % (calcul du nombre de molécules) et Q12 / 18,2 % (concentration).

Les faibles résultats obtenus pour les questions Q10 et Q12 nous interpellent ; pourquoi les élèves ne parviennent-ils pas à calculer le nombre de molécules dans une goutte d'eau ? Aurait-il fallu donner la masse volumique de l'eau ?

Pourquoi ne parviennent-ils pas à calculer une concentration en ions SO_4^{2-} alors qu'on fournit la masse d'alun, le volume d'eau dans lequel on la dissout et la formule chimique de l'alun ?

On trouvera l'histogramme des résultats sur le site www.olympiades.be

Nous remercions chaleureusement les professeurs qui ont corrigé cette épreuve, contribuant cette année encore au succès de l'Olympiade de chimie.

QUESTIONS

QUESTION I (5 points)

Associer les éléments suivants avec leur application pratique :

| Na | Zn | Ti | C | Si | Pb | Li | Al | Cu | W |
|----|----|----|---|----|----|----|----|----|---|
| | | | | | | | | | |

- | | |
|---------------------------------|---------------------------------|
| a) batteries de GSM | f) mastic silicone |
| b) mines de crayon | g) corniches, gouttières |
| c) éclairage routier | h) batteries de voiture |
| d) canettes | i) outils de coupe et de forage |
| e) broches, prothèses médicales | k) câbles électriques |

QUESTION II (6 points)

Compléter les phrases suivantes :

Mendeleïev était un chimiste de nationalité qui publia, au siècle une classification des éléments. Les éléments étaient classés par ordre de atomique croissante et, comme aujourd'hui, étaient rangés par colonnes appelées et par lignes appelées On constate que sur une ligne, le rayon atomique quand on se déplace vers la droite. Dans une même colonne, le rayon atomique quand on descend dans le tableau.

Dans une même, les éléments ont des propriétés chimiques semblables.

Les éléments halogènes forment des molécules diatomiques. A température ambiante et pression normale, le Cl_2 est sous forme (état physique), le Br_2 est sous forme (état physique) et le I_2 est sous forme (état physique)

QUESTION III (10 points)

Compléter le tableau suivant :

| Formule | Nom | Masse molaire (g/mol) | Nombre de moles | Masse (g) | Nombre de molécules |
|---------------------------------|------------------------|-----------------------|-----------------|-----------|-----------------------|
| HNO ₃ | | | 0,500 | | |
| | hydroxyde de magnésium | | | 2,92 | |
| SO ₃ | | | 200 | | |
| | nitrite de calcium | | | 661 | |
| K ₂ HPO ₄ | | | | | 6,02.10 ¹⁹ |

QUESTION IV (5 points)

Donner le nom chimique des minéraux suivants :

- a) le cinabre (HgS) Réponse :
 b) le corindon (Al₂O₃) Réponse :
 c) l'aragonite (CaCO₃) Réponse :
 d) le gypse (CaSO₄.2H₂O) Réponse :
 e) le quartz (SiO₂) Réponse :

QUESTION V (6 points)

Répondre par VRAI ou par FAUX (Entourer la bonne réponse)

- a) Les halogènes sont situés dans la dernière colonne du tableau périodique : VRAI / FAUX
 b) Un ion halogénure possède la même structure électronique que le gaz noble situé sur la même ligne : VRAI / FAUX
 c) Les alcalins sont situés dans la première colonne du tableau périodique : VRAI / FAUX
 d) Un ion alcalin possède la même structure électronique que le gaz noble situé sur la même ligne : VRAI / FAUX
 e) Tous les gaz nobles possèdent une couche électronique externe comportant 8 électrons : VRAI / FAUX
 f) Les gaz nobles sont dangereux à manipuler car ils sont inflammables : VRAI / FAUX

QUESTION VI (5 points)

Dessiner la structure de Lewis des composés suivants :

| Substance | Représentation de Lewis |
|--------------------------------|-------------------------|
| CCl ₄ | |
| NH ₃ | |
| SO ₂ | |
| NaCl | |
| H ₃ PO ₄ | |

QUESTION VII (4 points)

Entourer la bonne réponse. Dans une solution ionique, l'analyse chimique montre la présence d'ions de nombre atomique 12 et contenant 10 électrons au total. Il pourrait s'agir d'une solution aqueuse

- a) de sulfate d'ammonium
 b) de nitrate de magnésium
 c) d'hydroxyde de sodium
 d) de fluorure de manganèse(II)

QUESTION VIII (4 points)

Parmi les échantillons suivants, quel est celui qui correspond à un corps pur ?

Entourer la bonne réponse.

- a) un lingot de zinc
- b) une motte de beurre
- c) un litre d'eau minérale
- d) l'air respiré au sommet du Mont-Blanc

QUESTION IX (7 points)

Equilibrer (pondérer) les équations suivantes :

- a) $\text{NH}_3 + \text{O}_2 \rightarrow \text{NO} + \text{H}_2\text{O}$
- b) $\text{CO} + \text{Fe}_3\text{O}_4 \rightarrow \text{CO}_2 + \text{FeO}$
- c) $\text{Cu}_2\text{S} + \text{Cu}_2\text{O} \rightarrow \text{Cu} + \text{SO}_2$
- d) $\text{CH}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + \text{H}_2$
- e) $\text{H}_2\text{SO}_4 + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{H}_3\text{O}^+ + \text{SO}_4^{2-}$
- f) $\text{Fe} + \text{HCl} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + \text{Cl}^- + \text{H}_2$
- g) $\text{Ag}^+ + \text{PO}_4^{3-} \rightarrow \text{Ag}_3\text{PO}_4$

QUESTION X (4 points)

La goutte est une unité de volume correspondant à 0,0500 mL.

Calculer le nombre de molécules d'eau contenue dans une goutte d'eau pure.

Réponse :

QUESTION XI (6 points)

Une personne doit absorber 75,0 mg de vitamine C ($\text{C}_6\text{H}_8\text{O}_6$) par jour.

- a) Quelle est la quantité de vitamine C (en mol) correspondante ?

Réponse :

- b) Le jus de fruit qu'elle boit le matin au déjeuner contient de la vitamine C à une concentration de $2,00 \cdot 10^{-3}$ mol/L. Quel volume de jus de fruit cette personne doit-elle boire le matin pour absorber sa quantité quotidienne de vitamine C ?

Réponse :

QUESTION XII (5 points)

Le sulfate d'aluminium forme avec le sulfate de potassium un sel double dont la formule peut être représentée par $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot \text{K}_2\text{SO}_4 \cdot 24\text{H}_2\text{O}$ qu'on appelle "alun de potassium". La concentration en ions SO_4^{2-} dans une solution obtenue en dissolvant 47,4 grammes de sulfate d'aluminium et de potassium hydraté dans 2 litres d'eau désionisée est environ de (Entourer la bonne réponse) :

- a) 0,0250 mol/L b) 0,0500 mol/L c) 0,100 mol/L d) 0,200 mol/L e) 0,500 mol/L

QUESTION XIII (8 points)

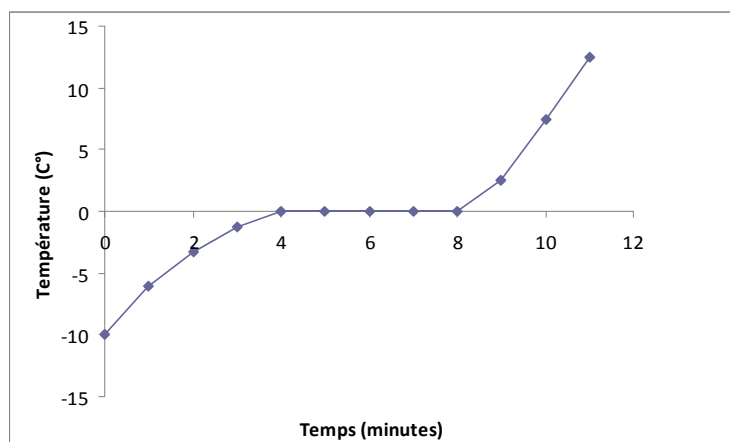
Compléter le tableau suivant :

| Ions | Z | e ⁻ | n° | p ⁺ | A |
|------------------|----|----------------|----|----------------|----|
| K ⁺ | 19 | | | | 39 |
| F ⁻ | | | | 9 | 19 |
| S ²⁻ | | | 16 | | |
| Ca ²⁺ | | | 20 | | |

QUESTION XIV (8 points)

Un chimiste a mesuré, à pression normale, l'évolution au cours du temps de la température d'un échantillon d'eau pure.

Ses résultats sont présentés dans le graphique ci-dessous :



- Au cours de cette expérience, on a assisté à une (Entourer la bonne réponse) :
Solidification - Fusion
- Quel est l'état physique de l'échantillon pour $t = 2$ minutes ?
Réponse :
- Quel est l'état physique de l'échantillon pour $t = 6$ minutes ?
Réponse :
- Quel est l'état physique de l'échantillon pour $t = 10$ minutes ?
Réponse :

QUESTION XV (6 points)

Choisir parmi les instruments de chimie ci-dessous, le plus approprié pour les usages suivants (Compléter le tableau) :

- Prélever un volume précis d'une solution
- Effectuer un titrage
- Ajouter un volume approximatif d'une solution
- Séparer deux liquides non miscibles
- Préparer un volume précis de solution
- Stocker ou manipuler un volume très approximatif de liquide

| | | | | | |
|--|--|--|--|--|--|
| | | | | | |
| | | | | | |

QUESTION XVI (5 points)

L'acide chlorhydrique :

Ecrire les équations pondérées (équilibrées) correspondant aux réactions décrites.

L'acide chlorhydrique a été découvert au voisinage de l'an 800 par l'alchimiste perse Jabir Ibn Hayyan, qui l'obtint en mélangeant du chlorure de sodium et de l'acide sulfurique en solution.

a) Equation :

Au Moyen Âge, les alchimistes européens connaissaient l'acide chlorhydrique sous le nom d'esprit de sel ou *acidum salis*. La vapeur, le chlorure d'hydrogène, était appelée gaz acide marin. L'ancien nom acide muriatique possède la même origine (muriatique signifie "appartenant au sel ou à l'eau de mer"), et le nom est parfois encore utilisé.

Le chlorure d'hydrogène gazeux est synthétisé par réaction entre le dichlore gazeux et le le dihydrogène gazeux. La réaction a lieu dans un brûleur à une température de 2500 °C ; les deux gaz, exempts d'humidité, sont acheminés dans une chambre de combustion où ils réagissent en formant une flamme jaune verdâtre.

b) Equation :

Une autre voie de synthèse du chlorure d'hydrogène consiste en sa coproduction lors de la formation de composés organiques chlorés. Le chlorure d'hydrogène devient alors un sous-produit du procédé comme par exemple lors de la réaction entre le méthane et le dichlore pour former du chloroforme (CHCl₃)

c) Equation :

Le chlorure d'hydrogène est utilisé pour le décapage des aciers avant leur traitement de surface. Le but est d'éliminer l'oxyde de fer (III) recouvrant les aciers par réaction avec le chlorure d'hydrogène. On produit alors du chlorure de fer (III) en solution aqueuse.

d) Equation :

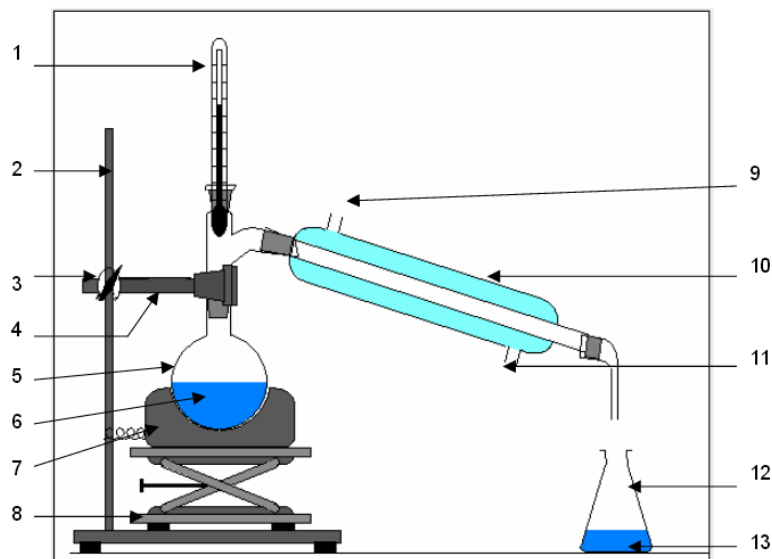
Le chlorure d'hydrogène intervient également dans la fabrication du chlorure de calcium, sel utilisé pour le "déverglage" des chaussées. Pour ce faire, on fait réagir une solution concentrée de chlorure d'hydrogène avec de la pierre calcaire. Le dioxyde de carbone produit lors de cette réaction présente une grande pureté et peut donc être utilisé dans l'industrie pharmaceutique ou dans l'industrie alimentaire, par exemple pour la production de boissons gazeuses.

e) Equation :

QUESTION XVII (6 points)

L'écorce d'orange contient dans ses cellules des composés organiques odorants comme le limonène. Ces composés peuvent être extraits efficacement par hydrodistillation.

Pour réaliser cette opération, on introduit un mélange d'écorce d'orange et d'eau dans un ballon que l'on place sur un chauffe-ballon électrique. Sous l'action de la chaleur, les cellules éclatent et libèrent des composés organiques volatils. La vapeur d'eau formée entraîne les composés organiques à l'état gazeux vers le réfrigérant. La condensation de ce mélange gazeux provoque sa séparation en deux phases liquides: une phase organique, huileuse et très odorante, appelée "huile essentielle", contenant la majorité des composés odorants et une phase aqueuse, odorante, appelée "eaux aromatiques", qui n'en contient que très peu.



Annoter le schéma de l'expérience décrite. Compléter le tableau.

| support élévateur | entrée d'eau | noix | erlenmeyer | thermomètre | distillat | statif |
|-------------------|--------------|--------------------|------------|----------------|-------------|--------|
| 8 | | | | | | |
| réfrigérant | sortie d'eau | mélange eau+écorce | pince | chauffe-ballon | ballon rodé | |
| | | | | | | |

REPONSES

QUESTION I (10 x 0,5 point)

| | | | | | | | | | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| Na | Zn | Ti | C | Si | Pb | Li | Al | Cu | W |
| c) | g) | e) | b) | f) | h) | a) | d) | k) | i) |

QUESTION II (12 x 0,5 point)

Mendeleïev était un chimiste de nationalité **russe** qui publia, au **19^{ème}** siècle une classification **périodique** des éléments. Les éléments étaient classés par ordre de **masse** atomique croissante et comme aujourd'hui, étaient rangés par colonnes appelées **familles** et par lignes appelées **périodes**. On constate que sur une ligne, le rayon atomique **diminue** quand on se déplace vers la droite. Dans une même colonne, le rayon atomique **augmente** quand on descend dans le tableau.

Dans une même **famille (colonne)**, les éléments ont des propriétés chimiques semblables. Les éléments halogènes forment des molécules diatomiques. A température ambiante et pression normale, le Cl₂ est sous forme (état physique) **gazeuse**, le Br₂ est sous forme (état physique) **liquide** et le I₂ est sous forme (état physique) **solide**.

QUESTION III (5 x 2 points)

| Formule | Nom | Masse molaire (g/mol) | Nombre de moles | Masse (g) | Nombre de molécules |
|-----------------------------------|---|------------------------|-----------------------------|---|-----------------------------|
| HNO ₃ | nitrate d'hydrogène | 63,0 (63,02) | 0,500 | 31,5 (31,51) | 3,01.10²³ |
| Mg(OH) ₂ | hydroxyde de magnésium | 58,3 (58,33) | 5,01.10⁻² | 2,92 | 3,01.10²² |
| SO ₃ | trioxyde de soufre | 80,1 (80,07) | 200 | 16,0.10³ (16020) | 12,0.10²⁵ |
| Ca(NO ₂) ₂ | nitrite de calcium | 132 (132,1) | 5,01 | 661 | 30,1.10²³ |
| K ₂ HPO ₄ | Monohydrogéné-phosphate de potassium | 174 (174,18) | 1,00.10⁻⁴ | 1,74.10⁻² (0,017418) | 6,02.10 ¹⁹ |

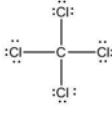
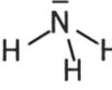
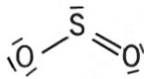
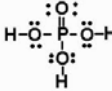
QUESTION IV (5 x 1 point)

- a) sulfure de mercure (II) 1 point
- b) oxyde d'aluminium accepter sesquioxyde d'aluminium 1 point
- c) carbonate de calcium 1 point
- d) sulfate de calcium (dihydraté) accepter sulfate de calcium 1 point
- e) dioxyde de silicium 1 point

QUESTION V (6 x 1 point)

- a) FAUX 1 point
- b) VRAI 1 point
- c) VRAI 1 point
- d) FAUX 1 point
- e) FAUX 1 point
- f) FAUX 1 point

QUESTION VI (5 x 1 point)

| Substance | Représentation de Lewis |
|--------------------------------|--|
| CCl ₄ |  |
| NH ₃ |  |
| SO ₂ |  |
| NaCl | [Na] ⁺ [:Cl:] ⁻ |
| H ₃ PO ₄ |  |

QUESTION VII (4 points) : b)**QUESTION VIII (4 points) : a)****QUESTION IX (7 x 1 point)**

- a) $2 \text{NH}_3 + 5/2 \text{O}_2 \rightarrow 2 \text{NO} + 3 \text{H}_2\text{O}$ 1 point
- b) $\text{CO} + \text{Fe}_3\text{O}_4 \rightarrow \text{CO}_2 + 3 \text{FeO}$ 1 point
- c) $\text{Cu}_2\text{S} + 2 \text{Cu}_2\text{O} \rightarrow 6 \text{Cu} + \text{SO}_2$ 1 point
- d) $\text{CH}_4 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{CO}_2 + 4 \text{H}_2$ 1 point
- e) $\text{H}_2\text{SO}_4 + 2 \text{H}_2\text{O} \rightarrow 2 \text{H}_3\text{O}^+ + \text{SO}_4^{2-}$ 1 point
- f) $\text{Fe} + 2 \text{HCl} \rightarrow \text{Fe}^{2+} + \text{H}_2 + 2 \text{Cl}^-$ 1 point
- g) $3 \text{Ag}^+ + \text{PO}_4^{3-} \rightarrow \text{Ag}_3\text{PO}_4$ 1 point

QUESTION X (4 points) : $1,67 \times 10^{21}$ molécules**QUESTION XI (2 x 3 points)**

- a) $4,26 \times 10^{-4}$ mol 3 points
- b) 213 mL 3 points

QUESTION XII (5 points) : c)

QUESTION XIII (4 x 2 points)

| ions | Z | e ⁻ | n° | p ⁺ | A |
|------------------|-----------|----------------|-----------|----------------|-----------|
| K ⁺ | 19 | 18 | 20 | 19 | 39 |
| F ⁻ | 9 | 10 | 10 | 9 | 19 |
| S ²⁻ | 16 | 18 | 16 | 16 | 32 |
| Ca ²⁺ | 20 | 18 | 20 | 20 | 40 |

QUESTION XIV (4 x 2 points)

- | | |
|---------------------|----------|
| a) Fusion | 2 points |
| b) Solide | 2 points |
| c) Solide + liquide | 2 points |
| d) Liquide | 2 points |

QUESTION XV (6 x 1 point)

| | | | | | |
|----|----|----|----|----|----|
| b) | c) | f) | a) | d) | e) |
|----|----|----|----|----|----|

QUESTION XVI (5 x 1 point)

- a) $2 \text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{Na}_2\text{SO}_4 + 2 \text{HCl}$
 (accepter $\text{NaCl} + \text{H}_2\text{SO}_4 \rightarrow \text{NaHSO}_4 + \text{HCl}$)
- b) $\text{H}_2 + \text{Cl}_2 \rightarrow 2 \text{HCl}$
- c) $\text{CH}_4 + 3 \text{Cl}_2 \rightarrow \text{CHCl}_3 + 3 \text{HCl}$
- d) $\text{Fe}_2\text{O}_3 + 6 \text{HCl} \rightarrow 2 \text{FeCl}_3 + 3 \text{H}_2\text{O}$
- e) $\text{CaCO}_3 + 2 \text{HCl} \rightarrow \text{CaCl}_2 + \text{H}_2\text{O} + \text{CO}_2$

QUESTION XVII (12 x 0,5 point)

| | | | | | | |
|----------------------|--------------|-----------------------|------------|--------------------|-------------|----------|
| support élevateur | entrée d'eau | noix | erlenmeyer | thermomètre | distillat | statif |
| 8 | 11 | 3 | 12 | 1 | 13 | 2 |
| réfrigérant | sortie d'eau | mélange eau+écorce | pince | chauffe- ballon | ballon rodé | |
| 10 | 9 | 6 | 4 | 7 | 5 | |