



OLYMPIADE FRANCOPHONE DE CHIMIE 2009¹
NIVEAU 2 (élèves de sixième année)
Première épreuve

A.C.Lg

Cl. HOUSSIER, R. CAHAY, S. DELFOSSE, R. FRANCOIS, J. FURNEMONT,
M. HUSQUINET-PETIT, R. HULS, C. MALHERBE, R. MOUTON-LEJEUNE.

449 élèves de sixième année se sont inscrits au niveau 2 pour présenter la première épreuve dans leur école, les copies étant corrigées par leur professeur. C'est une soixantaine d'élèves en moins qu'en 2008, un nombre proche des inscrits de 2007. 349 élèves seulement ont réellement participé à l'épreuve, à peu près comme en 2008. Nous n'avons pas d'explication rationnelle à ces fluctuations !

L'épreuve était cotée sur 100 points et les élèves devaient répondre en 1h40 à 15 questions n'abordant ni l'oxydoréduction ni le pH. Les élèves pouvaient utiliser une machine à calculer non programmable et avaient à leur disposition les valeurs de quelques constantes ainsi qu'un tableau périodique.

La moyenne obtenue a été de 52,47 % soit une moyenne supérieure à celle obtenue en 2008 (47,2%). Cela reste faible, ce qui nous pose toujours question car le but de la première épreuve est aussi de prendre le pouls de l'enseignement de la chimie dans l'enseignement secondaire en Communauté française. Pour améliorer les résultats, le nombre de questions avait été ramené à 15 et on avait pris soin de diminuer la longueur des textes à lire.

Les moyennes obtenues aux différentes questions ont été les suivantes :

<i>N°question</i>	1	2	3	4	5	6	7	8
Maximum	5	7	7	10	5	6	6	12
Moyenne	4,02	3,30	4,43	4,55	2,57	2,56	3,04	5,54
%	80,4	47,1	63,3	45,5	51,4	42,7	50,7	46,2

<i>N°question</i>	9	10	11	12	13	14	15	Total
Maximum	5	6	6	5	8	6	6	100
Moyenne	3,58	3,70	2,61	4,41	3,85	1,90	2,77	52,47
%	71,7	61,6	43,5	88,2	48,1	31,7	46,2	52,5

98 élèves ayant obtenu 65 % ou plus ont été retenus pour participer à la deuxième épreuve (problèmes).

L'examen des résultats appelle les commentaires suivants.

Les questions Q 12 / 88,2 % (choisir le bon instrument), Q1 / 80,4 % (dissociation des électrolytes) et Q9 / 71,7 % (préparation de l'éthanol et équilibre chimique) et ont été les mieux réussies. Les questions Q3 / 63,3 % (stœchiométrie de la réaction HN-NHCH + NO) et Q10 / 61,6 % (synthèse de l'ammoniac et équilibre chimique) ont obtenu un peu plus de 60 %. Les questions Q5 / 51,4 % (loi des gaz), Q7 / 50,7 % (équilibre de dissociation) ont obtenu la moitié de points. Les questions Q13 / 48,1% (points d'ébullition et forces

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 Région Bruxelloise ; la Communauté Germanophone de Belgique ; les Universités francophones ; Solvay ; Le Soir ; UCB-Pharma ; Prayon S.A. ; les Editions De Boeck ; Larcier ; Tondeur ; Essenscia Wallonie ; Essenscia Bruxelles ; le Fonds de Formation des Employés de l'Industrie chimique ; Belgochlor ; Belgian Shell ; la Société Royale de Chimie ; l'Association des Scientifiques sortis de l'Université libre de Bruxelles (AScBr) ; l'Association des Chimistes sortis de l'Université catholique de Louvain (ACL) et le Centre de Didactique des Sciences de l'Université de Mons-Hainaut.

intermoléculaires), Q2, 47,1 % (constitution de l'air), Q15, 46,2 % (stœchiométrie), Q8 / 46,2 % (réaction estérification), Q4 / 45,5 % (acide/base), Q11 / 43,5 % (isométrie), Q6 / 42,7 % (nomenclature et représentation des molécules organiques) ont obtenu une moyenne inférieure à 50 %. Seule la question Q14 / 31,7 % (détermination de la formule d'un acide organique) a obtenu un très mauvais score. Par rapport aux huit questions de 2008 ayant obtenu moins de 40 %, il y a un réel progrès !

Nous remercions sincèrement les professeurs qui ont corrigé cette épreuve dans leur école et contribué au succès de cette Olympiade.

QUESTIONS

1. Composition ionique d'une solution² (5 points). Une solution a été réalisée en dissolvant dans l'eau du nitrate de magnésium, du chlorure de potassium et du sulfate de sodium. Parmi les analyses suivantes, quelle est celle qui pourrait correspondre à cette solution ?

Entourer le chiffre correspondant à la bonne réponse : **1** , **2** , **3** ou **4**.

Donner les 3 équations de dissociation justifiant la réponse choisie.

1.	Ion	Concentration (mol/L)
	Mg ²⁺	0,030
	K ⁺	0,040
	Na ⁺	0,020
	Cl ⁻	0,060
	SO ₄ ²⁻	0,010
	NO ₃ ⁻	0,040

3.	Ion	Concentration (mol/L)
	Mg ²⁺	0,030
	K ⁺	0,030
	Na ⁺	0,030
	Cl ⁻	0,060
	SO ₄ ²⁻	0,015
	NO ₃ ⁻	0,030

2.	Ion	Concentration (mol/L)
	Mg ²⁺	0,030
	K ⁺	0,040
	Na ⁺	0,020
	Cl ⁻	0,040
	SO ₄ ²⁻	0,030
	NO ₃ ⁻	0,020

4.	Ion	Concentration (mol/L)
	Mg ²⁺	0,030
	K ⁺	0,040
	Na ⁺	0,020
	Cl ⁻	0,040
	SO ₄ ²⁻	0,010
	NO ₃ ⁻	0,060

2. L'air (7 points) Donner les 4 constituants principaux de l'air "naturel et sec". Indiquer par une croix dans la (ou les) colonne(s) appropriée(s), le constituant :

- responsable du caractère légèrement acide de l'eau, même distillée, en contact avec l'air
- indispensable à la respiration de tous les êtres vivants
- indispensable à la photosynthèse chez les plantes vertes
- indispensable à la fabrication des engrais (nitrés)
- inerte chimiquement

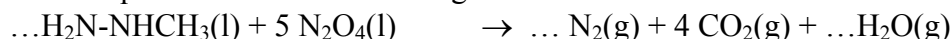
² Inspiré d'une question extraite du Test des Prérequis de Chimie, Université de Liège, Propédeutique d'été 2002

Constituant	Formule	Caractère acide de l'eau	Indispensable respiration	Indispensable photosynthèse	Indispensable engrais	Inerte chimiquement

3. Chimie et propulsion (7 points)

On appelle ergol un comburant ou combustible entrant dans la composition d'un propergol (produit composé d'un ou plusieurs ergols et capable, par réaction chimique, de fournir l'énergie de propulsion d'une fusée). Dans le cas de la fusée Ariane 5, un des étages contient de la monométhylhydrazine de formule moléculaire $\text{H}_2\text{N-NHCH}_3$ comme combustible et du tétraoxyde de diazote comme comburant.

On peut représenter par l'équation bilan (non équilibrée) ci-dessous la réaction qui s'amorce spontanément dès que les réactifs sont mélangés :



Dans le cas de la navette spatiale américaine mise au point à partir de 1975³, les réservoirs d'un des modules avaient une capacité de 422 kg de monométhylhydrazine et de 675 kg de tétraoxyde de diazote.

$M(\text{H}_2\text{N-NHCH}_3) = 46,09 \text{ g/mol}$; $M(\text{N}_2\text{O}_4) = 92,02 \text{ g/mol}$

- Equilibrer (pondérer) l'équation ci-dessus
- Calculer la masse de tétraoxyde de diazote qui réagit stœchiométriquement avec 422 kg de monométhylhydrazine
- Dans l'article cité, le rapport massique entre N_2O_4 et $\text{H}_2\text{N-NHCH}_3$ est de 1,6. Est-ce qu'il s'agit du rapport stœchiométrique ?
- Si ce n'est pas le cas, quel est le réactif limitant (en quantité insuffisante) ?

4. Acide/Base (10 points) Soit les sels suivants en solutions de concentration $0,1 \text{ mol L}^{-1}$. Dans chaque cas, écrire l'équation traduisant leur ionisation dans l'eau et écrire l'équation justifiant le caractère acido-basique de la solution.

Composé	Equation d'ionisation et équation responsable du caractère acide ou basique	Indiquer le caractère acide ou basique de la solution
NH_4Cl		
KCl		
Na_2CO_3		
KI		
Na_2SO_3		

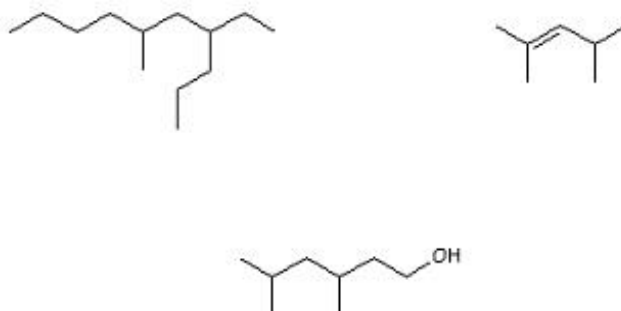
5. Loi des gaz (5 points) On remplit 2 ballons en caoutchouc avec 1,0 L d'air sous une pression de 101 325 Pa (1 atm) à une température de 27 °C.

- Calculer le volume qu'aurait un des ballons au-dessus du Mont-Blanc en considérant que le sommet est situé à 4 807 m, que la pression atmosphérique moyenne y est de 54 715 Pa et la température moyenne de - 13 °C
- Quel est le facteur dominant dans la détermination du volume final du ballon :
 - la diminution de pression
 - la diminution de température ?

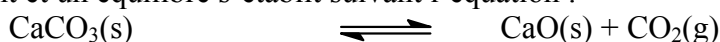
Entourer la bonne réponse

³ R. DEJAIFFE, La navette spatiale américaine, Ciel et Terre, **98**, 205-222, 1982

6. Nomenclature et représentation des molécules organiques (6 points) Donner les noms et les formules semi-développées des 3 molécules représentées ci-dessous.



7. Décomposition du carbonate de calcium⁴ (6 points) On chauffe du carbonate de calcium à 800 K dans un récipient fermé de 1 L. A cette température, le carbonate se décompose partiellement et un équilibre s'établit suivant l'équation :



Il s'agit d'une réaction endothermique dont la constante K_c vaut $3,35 \times 10^{-3}$ (mol/L) à 800 K.

1) Si, grâce à un piston, on double le volume du récipient sans changer la température, quand le nouvel équilibre sera établi, on observe que :

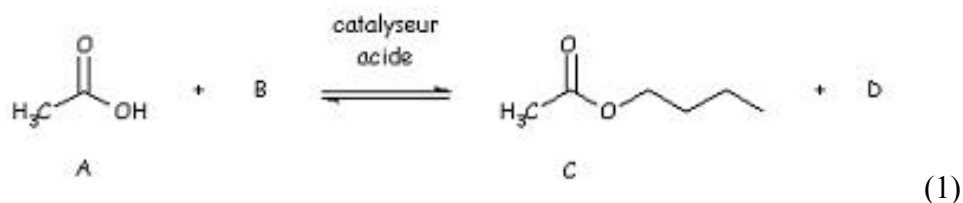
a) la concentration en CO_2 aura diminué de moitié	VRAI / FAUX
b) la quantité de matière (nombre de moles) de CO_2 aura doublé	VRAI / FAUX
c) la quantité de matière totale (nombre total de moles) de solide dans le récipient n'aura pas changé	VRAI / FAUX
d) la masse de carbonate de calcium aura diminué de 0,335 g	VRAI / FAUX

2) Si on élève la température du récipient jusqu'à $T = 1000$ K, on observe que :

a) la valeur de la constante d'équilibre sera plus grande	VRAI / FAUX
b) la quantité de matière totale (nombre total de moles) de solide aura changé	VRAI / FAUX

Entourer le choix correct (VRAI ou FAUX)

8. Les esters – des fonctions organiques importantes (12 points) Les esters sont des fonctions organiques très répandues qui se retrouvent aussi bien dans la vie quotidienne (textiles, alimentation, cosmétiques) que dans des domaines bien plus pointus (industrie aéronautique, ...). Ces fonctions sont synthétisées naturellement ou par des procédés chimiques réalisés en laboratoire ou à grande échelle au niveau industriel. L'une des méthodes de synthèse, appelée synthèse de Fischer, est illustrée par l'équation chimique suivante :



- 1) Quelle est la formule semi-développée du réactif B ?
- 2) Représenter le produit D.
- 3) Quels sont les noms des molécules A, B, C et D ?

⁴ Inspiré de J.DAUCHOT, P.SLOSSE et B. WILMET, QCM Chimie générale, p 61. Dunod, 1993

4) Un catalyseur acide est nécessaire à cette réaction. Choisir parmi les 2 propositions suivantes le catalyseur qui conviendra le mieux.

- Acide sulfurique anhydre ;
- Acide chlorhydrique à 1 mol/L (en solution dans l'eau).

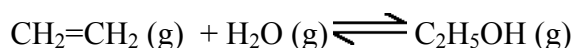
Entourer la bonne réponse

5) Si on dispose de 6 g de A et de 37 g de B, quelle masse maximale de D (en g) formera-t-on en fin de réaction ? *Détailler le calcul.*

6) Comme la réaction (1) l'indique, la synthèse d'un ester est limitée à un équilibre. Remplir le tableau suivant pour indiquer dans quel sens se déplacera l'équilibre selon les différentes modifications imposées.

	Sens du déplacement de l'équilibre
Employer du CH ₃ COOH dilué dans l'eau	
Ajouter un excès de CH ₃ COOH anhydre	
Réaliser la réaction dans un récipient humide	

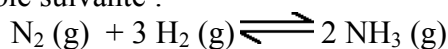
9. Préparation de l'éthanol et équilibre chimique (5 points) Le processus industriel de fabrication de l'éthanol consiste à faire réagir de l'éthène avec de la vapeur d'eau en présence d'un catalyseur:



À 127 °C, $K_c = 285,86 (\text{mol/L})^{-1}$ et à 327 °C, $K_c = 63,3 (\text{mol/L})^{-1}$

- Écrire l'expression de la constante d'équilibre.
- La réaction de formation de l'éthanol est-elle endothermique ou exothermique ? (*Entourer la bonne réponse*)

10. Synthèse de l'ammoniac et équilibre chimique (6 points) La synthèse de l'ammoniac repose sur la réaction inversible suivante :

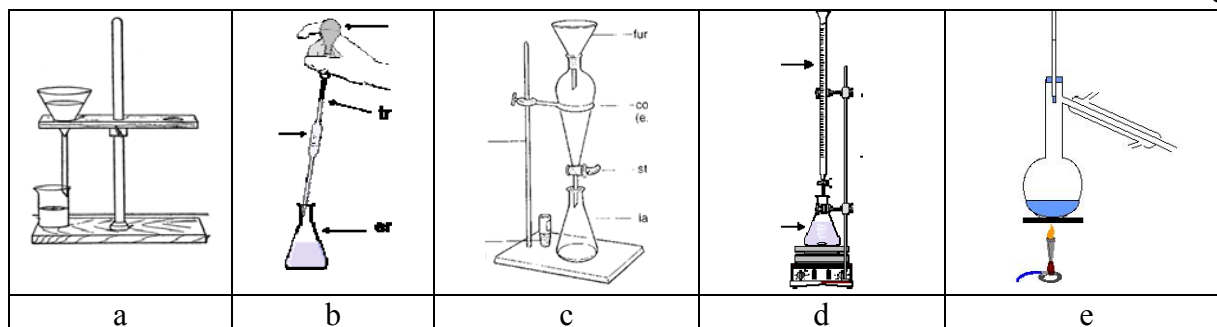


La réaction est exothermique dans le sens de la production d'ammoniac. Quel sera l'effet des facteurs suivants sur cette réaction (plusieurs effets peuvent survenir simultanément) ?

	Production d'une plus faible quantité d'NH ₃	Production d'une plus grande quantité d'NH ₃	Atteinte plus rapide de l'équilibre
Augmentation de la température			
Addition d'un catalyseur			
Addition de dihydrogène			
Diminution du volume de l'enceinte réactionnelle à température constante			

11. Isomérisation (6 points) Proposer 3 isomères de formule moléculaire C₃H₆O₂ contenant une seule fonction chimique. *Donner leurs formules semi-développées.*

12. Choisir le bon instrument au laboratoire (5 points) Associer les opérations de laboratoire suivantes au montage expérimental adéquat : filtrer – titrer – séparer deux phases – prélever un volume précis de solution – distiller



13. Points d'ébullition et forces intermoléculaires (8 points) Restituer à chacun des composés ci-dessous son point d'ébullition parmi la liste des valeurs suivantes (en °C) : -164 ; -89 ; -42 ; -23 ; 78,5 ; 100,8 :

- 1) éthanol (alcool éthylique) ; méthane ; éthane ; acide éthanoïque (acide acétique) ; propane ; méthoxyméthane (diméthyléther).
- 2) A quoi attribuer les points d'ébullition les plus élevés de deux des composés ?
- 3) A quoi est due l'évolution des points d'ébullition les plus bas de trois des composés ?

14.⁵ Détermination de la formule d'un acide organique (6 points) La vapeur d'un acide carboxylique a une masse volumique 30 fois supérieure à celle du dihydrogène. Pour neutraliser 0,19 g de cet acide, il faut 31,7 mL de solution à 0,1 mol/L d'hydroxyde de sodium.

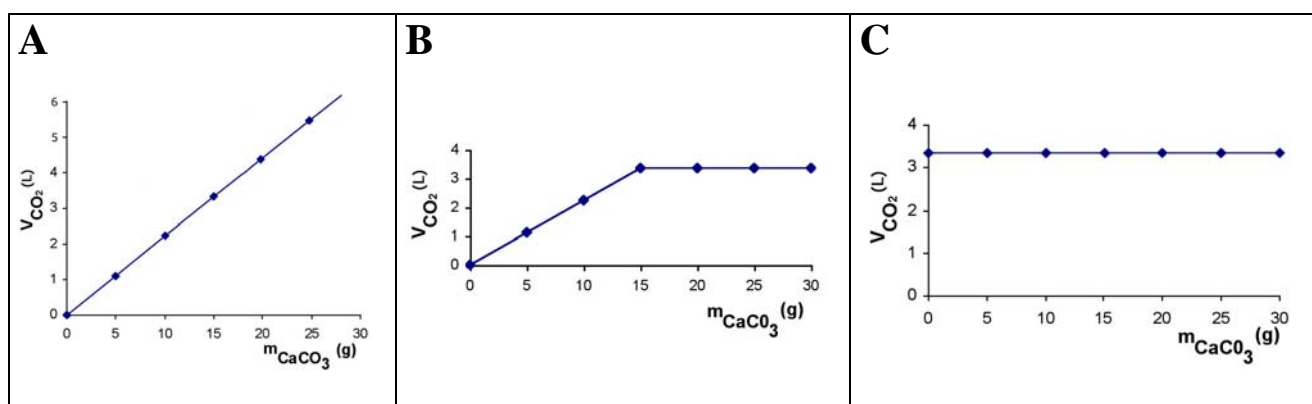
- 1) Quelle est la quantité de matière (nombre de moles) d'hydroxyde de sodium utilisée ?
- 2) Donner le nom, la formule moléculaire et la formule semi-développée de cet acide.

15. Stœchiométrie d'une réaction (6 points) Dans une série d'expériences successives, on fait réagir des masses différentes de carbonate de calcium, avec, chaque fois, un même volume (50 mL) d'une solution aqueuse de chlorure d'hydrogène (concentration = 6 mol/L). On mesure à 0°C, sous une pression d'une atmosphère (101325 Pa), les volumes de dioxyde de carbone dégagés.

- 1) Lequel des graphiques est en accord avec les mesures effectuées ?

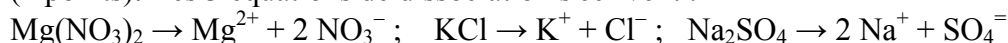
A B C Entourer la bonne réponse.

- 2) Calculer le volume de CO₂ dégagé, à 0°C, sous une pression d'une atmosphère, par l'attaque de 15 g de carbonate de calcium. *Détailler le calcul.*



REponses

1. Composition ionique d'une solution (5 points). La composition ionique correcte est la 4 (2 points). Les 3 équations de dissociation s'écrivent :

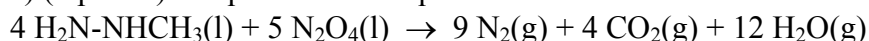


2. L'air (7points). 0,5 point par constituant, formule, et propriété correcte ; - 0,5 point par réponse fautive ; pas de cote négative

Constituant	Formule	Caractère acide de l'eau	Indispensable respiration	Indispensable photosynthèse	Indispensable engrais	Inerte chimiquement
diazote	N ₂				X	X
dioxygène	O ₂		X			
dioxyde de carbone	CO ₂	X		X		
Argon	Ar					X

3. Chimie et propulsion (7 points)

a) (2 points) L'équation bilan équilibrée s'écrit :



Proportions stoechiométriques en masse :

46,09 g/mol × 4 mol = 184,36 g de monométhylhydrazine pour 92,02 g/mol × 5 mol = 460,1 g de tétraoxyde de diazote.

b) (3 points) La masse de tétraoxyde de diazote qui réagit stoechiométriquement avec 422 kg de monométhylhydrazine vaut :

$$460,1 \text{ g} \times 422 \text{ kg} / 184,36 \text{ g} = 1053,17 \text{ kg de N}_2\text{O}_4$$

c) (1 point) 1,6 n'est pas le rapport stoechiométrique qui vaut 460,1 g / 184,36 g = 2,5.

d) (1 point) Le réactif limitant (en quantité insuffisante) est N₂O₄

4. Acide/Base (10 points). 1 point pour l'équation d'ionisation, 0,5 pour l'équation justifiant le caractère acide ou basique de la solution et 0,5 pour le caractère acido-basique.

Composé	Equation d'ionisation et équation responsable du caractère acide ou basique	Indiquer le caractère acide ou basique de la solution
NH ₄ Cl	→ NH ₄ ⁺ + Cl ⁻ ; NH ₄ ⁺ + H ₂ O → NH ₃ + H ₃ O ⁺	acide
KCl	→ K ⁺ + Cl ⁻ ; pas de réaction avec H ₂ O	neutre
Na ₂ CO ₃	→ 2 Na ⁺ + CO ₃ ⁼ ; CO ₃ ⁼ + H ₂ O → HCO ₃ ⁻ + OH ⁻	basique
KI	→ K ⁺ + I ⁻ ; pas de réaction avec H ₂ O	neutre
Na ₂ SO ₃	→ 2 Na ⁺ + SO ₃ ⁼ ; SO ₃ ⁼ + H ₂ O → HSO ₃ ⁻ + OH ⁻	basique

5. Loi des gaz (5 points)

a) (3 points) V = 1 L (260 K / 300 K) × (101325 Pa / 54715 Pa) = 1,6 L

b) (2 points) Le facteur dominant dans la détermination du volume final est la diminution de pression (rapport des pressions proche de 2 alors que le rapport des températures n'est que de 0,87)

6. Nomenclature et représentation des molécules organiques (3x2 points)

4-éthyl-6-méthyldécane : H₃C-(CH₂)₃-CH(CH₃)-CH₂-CH(C₂H₅)-C₃H₇

2,4-diméthylpent-2-ène ou 2,4-diméthyl-2-pentène : (H₃C)₂C=CH-CH(CH₃)₂

3,5-diméthylhexan-1-ol ou 3,5-diméthyl-1-hexanol : (H₃C)₂CH-CH₂-CH(CH₃)-CH₂-CH₂OH

7. Décomposition du carbonate de calcium (6 points)

1) a) FAUX ; b) VRAI ; c) VRAI ; d) VRAI

2) a) VRAI ; b) FAUX

8. Les esters – des fonctions organiques importantes (12 points) M (acide éthanoïque) = 60,06 g/mol ; M (n-butanol) = 74,14 g/mol M (éthanoate de butyle) = 116,18 g/mol ; M = 18,02 g/mol1) (2 points) réactif B : $\text{CH}_3\text{-(CH}_2\text{)}_2\text{-CH}_2\text{OH}$ 2) (1 point) D : H_2O

3) (2 points) A : acide éthanoïque ou acétique ; B : n-butanol, 1-butanol ou butan-1-ol ; C : éthanoate (ou acétate) de butyle ; D: eau

4) (1 point) Le catalyseur qui convient le mieux est l'acide sulfurique anhydre.

5) (3 points) Si on dispose de 6 g de A (0,1 mol) et de 37 g de B (0,5 mol), la masse maximale de D (en g) formée en fin de réaction de $18,02 \text{ g/mol} \times 0,1 \text{ mol} = 1,8 \text{ g}$ car l'acide éthanoïque est le réactif limitant.

6) (3 points) Les différentes modifications imposées déplaceront l'équilibre (1) comme suit :

	Sens du déplacement de l'équilibre
Employer du CH_3COOH dilué dans l'eau	vers la gauche
Ajouter un excès de CH_3COOH anhydre	vers la droite
Réaliser la réaction dans un récipient humide	vers la gauche

9. Préparation de l'éthanol et équilibre chimique (5 points)

1) (3 points) L'expression de la constante d'équilibre est :

$$K_C = [\text{C}_2\text{H}_5\text{OH}] / \{[\text{CH}_2=\text{CH}_2] \times [\text{H}_2\text{O}]\}$$

2) (2 points) La réaction de formation de l'éthanol est exothermique

10. Synthèse de l'ammoniac et équilibre chimique (4x1,5 points)

	Production d'une plus faible quantité d' NH_3	Production d'une plus grande quantité d' NH_3	Atteinte plus rapide de l'équilibre
Augmentation de la température	X		X
Addition d'un catalyseur			X
Addition de dihydrogène		X	
Diminution du volume de l'enceinte réactionnelle à température constante		X	

11. Isomérisation (6 points). Les 3 isomères de formule moléculaire $\text{C}_3\text{H}_6\text{O}_2$ contenant une seule fonction chimique sont : $\text{CH}_3\text{-CH}_2\text{-COOH}$, $\text{CH}_3\text{-COOCH}_3$ et $\text{H-COOC}_2\text{H}_5$.

12. Choisir le bon instrument au laboratoire (5 points)

Les opérations de laboratoire correspondant au montage expérimental adéquat sont :				
a) filtrer	b) prélever un volume précis de solution	c) séparer deux phases	d) titrer	e) distiller

13. Points d'ébullition et forces intermoléculaires (8 points).

1) (6 points) éthanol (alcool éthylique) : $78,5 \text{ }^\circ\text{C}$; méthane : $-164 \text{ }^\circ\text{C}$; éthane : $-89 \text{ }^\circ\text{C}$; acide éthanoïque (acide acétique) : $100,8 \text{ }^\circ\text{C}$; propane : $-42 \text{ }^\circ\text{C}$; méthoxyméthane (diméthyléther) : $-23 \text{ }^\circ\text{C}$

2) (1 point) Les points d'ébullition les plus élevés de deux des composés (éthanol et acide éthanóique) sont dus à la formation de ponts hydrogène (entre les atomes d'oxygène et les atomes H portés par les O (OH et COOH)).

3) (1 point) L'évolution des points d'ébullition les plus bas de trois des composés est due à l'évolution de leur masse molaire : méthane ($M = 16,5 \text{ g/mol}$) ; éthane ($M = 30,8 \text{ g/mol}$) ; propane ($M = 44,11 \text{ g/mol}$)

14. Détermination de la formule d'un acide organique (6 points)

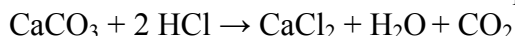
1) (2 points) La quantité de matière (nombre de moles) d'hydroxyde de sodium utilisée, donc d'acide présent : $0,0317 \text{ L} \times 0,1 \text{ mol/L} = 3,17 \times 10^{-3} \text{ mol}$ de NaOH, ou de proton de l'acide carboxylique.

2) (4 points) Le nom, la formule moléculaire et la formule semi-développée de l'acide s'obtiennent après avoir remarqué que les 0,19 g de cet acide contiennent $n \times 0,19 / M = 3,17 \times 10^{-3}$. Comme la masse volumique de l'acide carboxylique est 30 fois supérieure à celle du dihydrogène, sa masse molaire vaut donc 60 g/mol. Il s'agit donc d'un acide monocarboxylique puisque $n = 60 \times 3,17 \times 10^{-3} / 0,19 = 1$. Il s'agit de l'acide éthanóique (voir question 8), $\text{C}_2\text{H}_4\text{O}_2$ ou $\text{CH}_3\text{-COOH}$

15. Stœchiométrie d'une réaction (6 points)

1) (3 points) Le graphique en accord avec les mesures effectuées est le **B**.

2) (3 points) Le volume de CO_2 dégagé, à 0°C , sous une pression d'une atmosphère, par l'attaque de 15 g de carbonate de calcium se calcule sur base de l'équation chimique :



$M(\text{CaCO}_3) = 100,09 \text{ g/mol}$

50 mL de HCl à 6 mol/L correspondent à 0,3 mol d'HCl qui attaquera au maximum 0,15 mol de CaCO_3 , soit 15 g (graphique B). Il se formera 0,15 mol de CO_2 , soit $0,15 \text{ mol} \times 22,4 \text{ L/mol} = 3,36 \text{ L}$, à 0°C , sous une pression d'une atmosphère.