

Epreuve écrite

Examen de fin d'études secondaires 2011

Section: B et C

Branche: Chimie

Numéro d'ordre du candidat

QC = Question de cours (20) ; AT = Application de transfert (20) ; AN = Application numérique (20)

I) L'acétone (la propanone)

18 points

1) Synthèse industrielle

La synthèse industrielle mondiale annuelle de l'acétone dépasse 5 millions de tonnes. Elle se fait en 2 étapes à partir du gaz propène :

- a) hydratation du propène en milieu acide, selon Markownikoff
- α) dressez l'équation globale et étudiez le mécanisme réactionnel QC4
 - β) expliquez sur base de considérations électroniques pourquoi la réaction conduit à l'alcool secondaire plutôt qu'à l'alcool primaire AT2
- b) oxydation catalytique du propan-2-ol au contact du cuivre ; dressez l'équation AT2
- c) un industriel réussit à synthétiser 2,12 kg d'acétone à partir de 1 m³ (aux c.n.t.p.) de propène ; calculez le rendement de la synthèse AN2

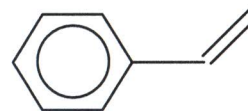
2) Propriétés à expliquer :

- a) à pression normale, le propan-2-ol entre en ébullition à 82°C alors que l'acétone, de masse moléculaire comparable, bout déjà à 56°C QC2
- b) l'acétone est un solvant organique parfaitement miscible à l'eau QC2
- c) le groupement carbonyle se prête facilement aux additions nucléophiles QC4

II) Le styrène (le phényléthène)

15 points

- 1) Indiquez et étudiez le mode d'hybridation de tous les atomes de carbone du styrène (représenté ci-contre) QC2
- 2) Expliquez la formation de la liaison double dans la chaîne latérale à partir des nuages atomiques des atomes de carbone QC2
- 3) Expliquer pourquoi les atomes de carbone du noyau benzénique s'associent en une structure hexagonale **plane** QC2
- 4) Exposez la formation du nuage moléculaire π du cycle benzénique de la molécule QC2
- 5) Si l'on ajoute du dibrome au styrène, on obtient le 1,2-dibromo-1-phényléthane
- a) dressez l'équation de la réaction AT1
 - b) pourquoi le dibrome s'additionne-t-il sur la chaîne latérale du styrène et non sur le cycle benzénique ? AT2
- 6) Le 1,2-dibromo-1-phényléthane est un composé chiral
- a) représentez la structure spatiale de l'énantiomère R AT2
 - b) représentez ce même énantiomère R en projection de Newman C₁→C₂ dans une conformation décalée AT2



Epreuve écrite

Examen de fin d'études secondaires 2011

Section: B et C

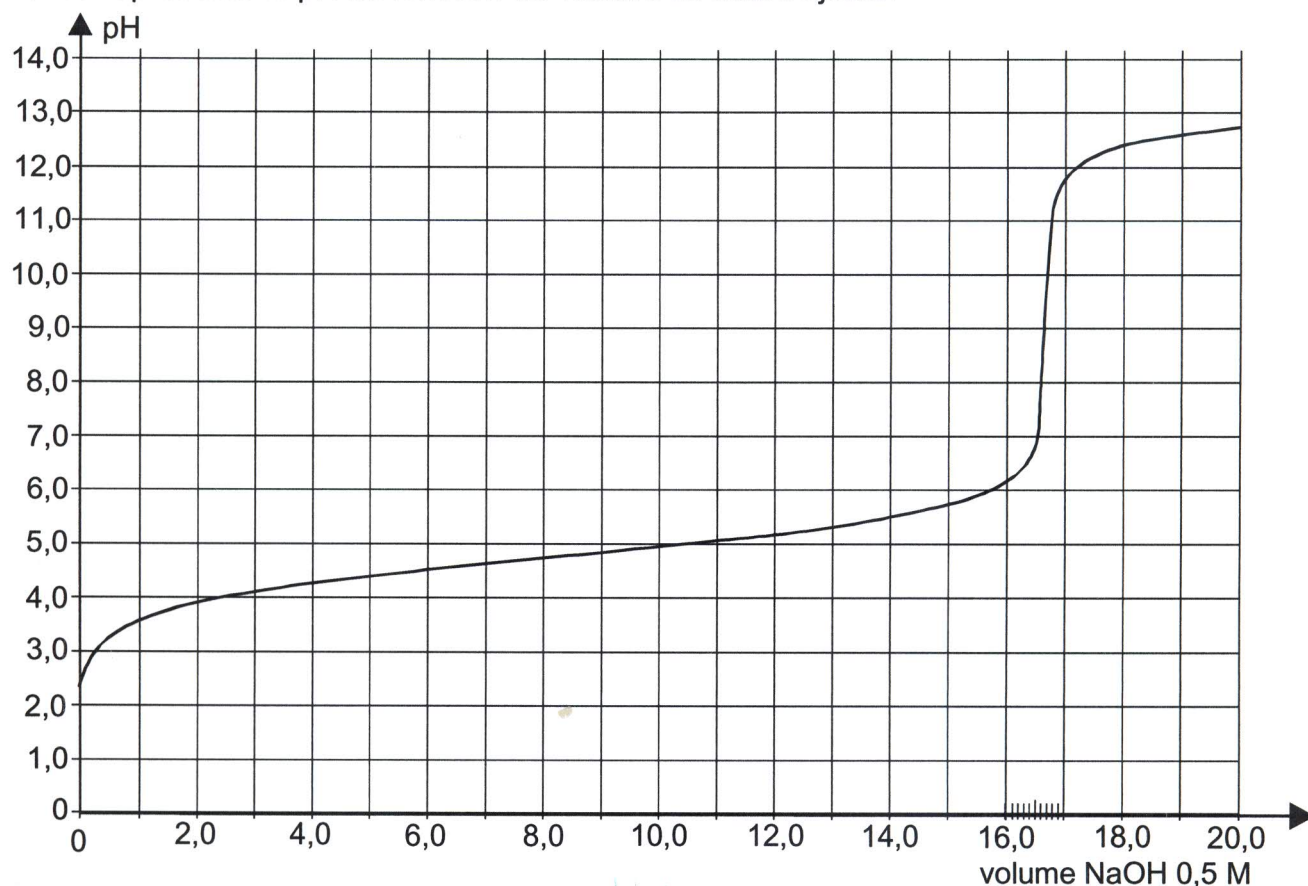
Branche: Chimie

Numéro d'ordre du candidat

III) Titrage d'un vinaigre

15 points

Une prise de $10,0 \text{ cm}^3$ d'un vinaigre est soumise au titrage par NaOH 0,50 M. Le graphe ci-dessous représente le pH en fonction du volume de titrant ajouté.



- 1) Montrez qu'il s'agit du titrage d'un acide faible par une base forte (2 arguments) AT2
- 2) Dédurre de la courbe un argument en faveur du fait que le vinaigre est une solution d'acide éthanoïque ; motivez dûment le raisonnement AN2 ;AT1
- 3) Calculer la concentration molaire de la solution soumise au titrage AN2
- 4) L'indication sur le flacon du vinaigre « *concentration minimale en acide : 5 %* » est-elle correcte ? (masse volumique du vinaigre = $1,0 \text{ g/cm}^3$) AN3
- 5) Vérifiez par calcul le pH au point d'équivalence AN3
- 6) Lequel des indicateurs du tableau ci-contre est le plus approprié pour reconnaître le point d'équivalence ? Motivez ! AT2

indicateur	domaine de virage
méthylorange	pH 3,1 - 4,4
bromothymol	pH 5,5 - 7,5
phénolphtaléine	pH 8,2 - 9,8

suite du questionnaire →

Epreuve écrite

Examen de fin d'études secondaires 2011

Section: B et C

Branche: Chimie

Numéro d'ordre du candidat

IV) Applications du pH

12 points

- 1) L'acide lactique (acide α -hydroxypropanoïque) est utilisé comme acidifiant (E270) de boissons (p.ex. Rivella).

Une solution aqueuse renferme 0,90 g d'acide lactique par litre de solution.

Calculer : a) le pH de la solution

AN3

b) son degré de dissociation α

AN2

- 2) Le pH de l'eau des piscines doit être maintenu entre 7,0 et 7,4. En cas d'acidification, on ajoute du rectificateur « pH Plus » constitué de carbonate de sodium.

Analysez le comportement acido-basique du carbonate de sodium en solution aqueuse (sans faire de calcul)

AT2

- 3) Pour calibrer le pH-mètre, on a besoin d'une solution tampon de pH 7,00. A cette fin on prépare un mélange renfermant les anions dihydrogénophosphate et hydrogénophosphate.

a) expliquez (sans calcul), pourquoi le couple $\text{H}_2\text{PO}_4^- / \text{HPO}_4^{2-}$ convient pour un tamponnage efficace à pH 7

AT2

b) calculez la masse d'hydrogénophosphate de sodium qu'il faut ajouter à 1 litre d'une solution 1M de dihydrogénophosphate de sodium pour obtenir le tampon désiré

AN3

Tableau des pKa
(abrégations : ac. = acide ; cat. = cation ; an. = anion)

acides forts (plus forts que H ₃ O ⁺) HI, HBr, HCl, HClO ₄ , HNO ₃ , H ₂ SO ₄	bases de force négligeable
---	-----------------------------------

cat. hydronium	H ₃ O ⁺	H ₂ O	eau	-1,74
ac. chlorique	HClO ₃	ClO ₃ ⁻	an. chlorate	-1,00
ac. trichloroéthanoïque	CCl ₃ COOH	CCl ₃ COO ⁻	an. trichloroéthanoate	0,70
ac. iodique	HIO ₃	IO ₃ ⁻	an. iodate	0,80
cat. hexaqua thallium III	Tl(H ₂ O) ₆ ³⁺	Tl(OH)(H ₂ O) ₅ ²⁺	cat. pentaqua hydroxo thallium III	1,14
ac. oxalique	HOOC ₂ COOH	HOOC ₂ COO ⁻	an. hydrogénéooxalate	1,23
ac. dichloroéthanoïque	CHCl ₂ COOH	CHCl ₂ COO ⁻	an. dichloroéthanoate	1,26
ac. sulfureux	H ₂ SO ₃	HSO ₃ ⁻	an. hydrogénosulfite	1,80
an. hydrogénosulfate	HSO ₄ ⁻	SO ₄ ²⁻	an. sulfate	1,92
ac. chloreux	HClO ₂	ClO ₂ ⁻	an. chlorite	2,00
ac. phosphorique	H ₃ PO ₄	H ₂ PO ₄ ⁻	an. dihydrogénophosphate	2,12
ac. fluoroéthanoïque	CH ₂ FCOOH	CH ₂ FCOO ⁻	an. fluoroéthanoate	2,57
cat. hexaqua gallium III	Ga(H ₂ O) ₆ ³⁺	Ga(OH)(H ₂ O) ₅ ²⁺	cat. pentaqua hydroxo gallium III	2,62
cat. hexaqua fer III	Fe(H ₂ O) ₆ ³⁺	Fe(OH)(H ₂ O) ₅ ²⁺	cat. pentaqua hydroxo fer III	2,83
ac. chloroéthanoïque	CH ₂ ClCOOH	CH ₂ ClCOO ⁻	an. chloroéthanoate	2,86
ac. bromoéthanoïque	CH ₂ BrCOOH	CH ₂ BrCOO ⁻	an. bromoéthanoate	2,90
cat. hexaqua vanadium III	V(H ₂ O) ₆ ³⁺	V(OH)(H ₂ O) ₅ ²⁺	cat. pentaqua hydroxo vanadium III	2,92
ac. nitreux	HNO ₂	NO ₂ ⁻	an. nitrite	3,14
ac. iodoéthanoïque	CH ₂ ICOOH	CH ₂ ICOO ⁻	an. iodoéthanoate	3,16
ac. fluorhydrique	HF	F ⁻	an. fluorure	3,17
ac. acétylsalicylique	C ₈ H ₇ O ₂ COOH	C ₈ H ₇ O ₂ COO ⁻	an. acétylsalicylate	3,48
ac. cyanique	HOCN	OCN ⁻	an. cyanate	3,66
ac. méthanoïque	HCOOH	HCOO ⁻	an. méthanoate	3,75
ac. lactique	CH ₃ CHOHCOOH	CH ₃ CHOHCOO ⁻	an. lactate	3,87
ac. ascorbique	C ₆ H ₈ O ₆	C ₆ H ₇ O ₆ ⁻	an. ascorbate	4,17
ac. benzoïque	C ₆ H ₅ COOH	C ₆ H ₅ COO ⁻	an. benzoate	4,19
cat. anilinium	C ₆ H ₅ NH ₃ ⁺	C ₆ H ₅ NH ₂	aniline	4,62

ac. éthanoïque	CH ₃ COOH	CH ₃ COO ⁻	an. éthanoate	4,75
ac. propanoïque	CH ₃ CH ₂ COOH	CH ₃ CH ₂ COO ⁻	an. propanoate	4,87
cat. hexaqua aluminium	Al(H ₂ O) ₆ ³⁺	Al(OH)(H ₂ O) ₅ ²⁺	cat. pentaqua hydroxo aluminium	4,95
cat. pyridinium	C ₅ H ₅ NH ⁺	C ₅ H ₅ N	pyridine	5,25
cat. hydroxylammonium	NH ₃ OH ⁺	NH ₂ OH	hydroxylamine	6,00
dioxyde de carbone (aq)	CO ₂ + H ₂ O	HCO ₃ ⁻	an. hydrogénocarbonate	6,12
ac. sulfhydrique	H ₂ S	HS ⁻	an. hydrogénosulfure	7,04
an. hydrogénosulfite	HSO ₃ ⁻	SO ₃ ²⁻	an. sulfite	7,20
an. dihydrogénophosphate	H ₂ PO ₄ ⁻	HPO ₄ ²⁻	an. hydrogénophosphate	7,21
ac. hypochloreux	HClO	ClO ⁻	an. hypochlorite	7,55
cat. hexaqua cadmium	Cd(H ₂ O) ₆ ²⁺	Cd(OH)(H ₂ O) ₅ ⁺	cat. pentaqua hydroxo cadmium	8,50
cat. hexaqua zinc	Zn(H ₂ O) ₆ ²⁺	Zn(OH)(H ₂ O) ₅ ⁺	cat. pentaqua hydroxo zinc	8,96
cat. ammonium	NH ₄ ⁺	NH ₃	ammoniac	9,20
ac. borique	H ₃ BO ₃	H ₂ BO ₃ ⁻	an. borate	9,23
ac. hypobromeux	HBrO	BrO ⁻	an. hypobromite	9,24
ac. cyanhydrique	HCN	CN ⁻	an. cyanure	9,31
cat. triméthylammonium	(CH ₃) ₃ NH ⁺	(CH ₃) ₃ N	triméthylamine	9,87
phénol	C ₆ H ₅ OH	C ₆ H ₅ O ⁻	an. phénolate	9,89
an. hydrogénocarbonate	HCO ₃ ⁻	CO ₃ ²⁻	an. carbonate	10,25
ac. hypoiodeux	HIO	IO ⁻	an. hypoiodite	10,64
cat. méthylammonium	CH ₃ NH ₃ ⁺	CH ₃ NH ₂	méthylamine	10,70
cat. éthylammonium	CH ₃ CH ₂ NH ₃ ⁺	CH ₃ CH ₂ NH ₂	éthylamine	10,75
cat. triéthylammonium	(C ₂ H ₅) ₃ NH ⁺	(C ₂ H ₅) ₃ N	triéthylamine	10,81
cat. diméthylammonium	(CH ₃) ₂ NH ₂ ⁺	(CH ₃) ₂ NH	diméthylamine	10,87
cat. diéthylammonium	(C ₂ H ₅) ₂ NH ₂ ⁺	(C ₂ H ₅) ₂ NH	diéthylamine	11,10
an. hydrogénophosphate	HPO ₄ ²⁻	PO ₄ ³⁻	an. phosphate	12,32
an. hydrogénosulfure	HS ⁻	S ²⁻	an. sulfure	12,90
eau	H ₂ O	OH ⁻	anion hydroxyde	15,74

acides de force négligeable

bases fortes
(plus fortes que OH⁻)
O²⁻, NH₂⁻, anion alcoolate RO⁻)

TABLEAU PERIODIQUE DES ELEMENTS

groupes principaux		groupes secondaires										groupes principaux							
I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII				
1 H 1,0																4,0 He			
2 Li 6,9	3 Be 9,0									5 B 10,8	6 C 12,0	7 N 14,0	8 O 16,0	9 F 19,0	10 Ne 20,2				
3 Na 23,0	4 Mg 24,3									11 Al 27,0	12 Si 28,1	13 P 31,0	14 S 32,1	15 Cl 35,5	16 Ar 39,9				
4 K 39,1	5 Ca 40,1	6 Sc 45,0	7 Ti 47,9	8 V 50,9	9 Cr 52,0	10 Mn 54,9	11 Fe 55,8	12 Co 58,9	13 Ni 58,7	14 Cu 63,5	15 Zn 65,4	16 Ga 69,7	17 Ge 72,6	18 As 74,9	19 Se 79,0	20 Br 79,9	21 Kr 83,8		
5 Rb 85,5	6 Sr 87,6	7 Y 88,9	8 Zr 91,2	9 Nb 92,9	10 Mo 95,9	11 Tc (97)	12 Ru 101,1	13 Rh 102,9	14 Pd 106,4	15 Ag 107,9	16 Cd 112,4	17 In 114,8	18 Sn 118,7	19 Sb 121,8	20 Te 127,6	21 I 126,9	22 Xe 131,3		
6 Cs 132,9	7 Ba 137,3	8 La 138,9	9 Hf 178,5	10 Ta 180,9	11 W 183,9	12 Re 186,2	13 Os 190,2	14 Ir 192,2	15 Pt 195,1	16 Au 197,0	17 Hg 200,6	18 Tl 204,4	19 Pb 207,2	20 Bi 209,0	21 Po (209)	22 At (210)	23 Rn (222)		
7 Fr (223)	8 Ra 226,0	9 Ac 227,0	10 Rf (261)	11 Db (262)	12 Sg (266)	13 Bh (264)	14 Hs (269)	15 Mt (268)	16 Ds (281)										
lanthanides		90 Ce 140,1	91 Pr 140,9	92 Nd 144,2	93 Pm (145)	94 Sm 150,4	95 Eu 152,0	96 Gd 157,3	97 Tb 158,9	98 Dy 162,5	99 Ho 164,9	100 Er 167,3	101 Tm 168,9	102 Yb 173,0	103 Lu 175,0				
actinides		90 Th 232,0	91 Pa 231,0	92 U 238,0	93 Np 237,0	94 Pu (244)	95 Am (243)	96 Cm (247)	97 Bk (247)	98 Cf (251)	99 Es (254)	100 Fm (257)	101 Md (258)	102 No (259)	103 Lr (256)				