

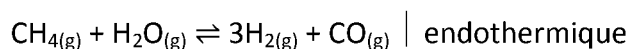
EXAMEN DE FIN D'ÉTUDES SECONDAIRES GÉNÉRALES
Sessions 2023 – QUESTIONNAIRE ÉCRIT

Date :	19.05.23	Durée :	08:15 - 10:45	Numéro candidat :	
Discipline :	Chimie	Section(s) :	GIG		

I. Équilibres et teneurs des solutions (15P.)

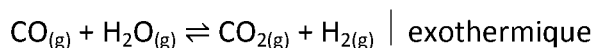
1. Reformage à la vapeur (4+2+2+4+2+1 = 15P.)

Le dihydrogène est produit à l'échelle industrielle en grande partie par reformage à la vapeur, un procédé développé par Carl Bosch dans les années 1920. Dans ce processus, le gaz méthane réagit avec la vapeur d'eau pour former du monoxyde de carbone et du dihydrogène.



- On introduit 10 mol de CH_4 et 30 mol de H_2O dans un récipient de 10 L et on chauffe jusqu'à 750 °C. Une fois l'équilibre atteint, 8,5 mol de CO se trouvent dans le mélange réactionnel. Calculez les concentrations molaires de CH_4 , H_2O , H_2 et CO à l'équilibre.
- Calculez la constante d'équilibre K_c à 750 °C.
- Quelle est l'influence d'une augmentation de la pression sur le rendement en dihydrogène ? Justifiez votre réponse.

Ensuite, le monoxyde de carbone réagit avec la vapeur d'eau pour former du dioxyde de carbone et du dihydrogène dans une réaction appelée « water-gas shift ». À 400 °C, la constante d'équilibre est $K_c = 12$.



- On introduit 10 mol de CO et 12 mol de H_2O dans un récipient et on chauffe jusqu'à 400 °C. Calculez les quantités de matière de toutes les substances impliquées à l'équilibre.
- Quelle est l'influence d'une augmentation de la température sur la position de l'équilibre ? Justifiez votre réponse.

- f. Un catalyseur à base d'oxyde de fer (III) peut être utilisé dans la réaction du type « water-gas shift ». Comment l'utilisation d'un catalyseur modifie-t-elle la position de l'équilibre ? Justifiez votre réponse.

II. Réactions acide-base et teneurs des solutions (22P.)

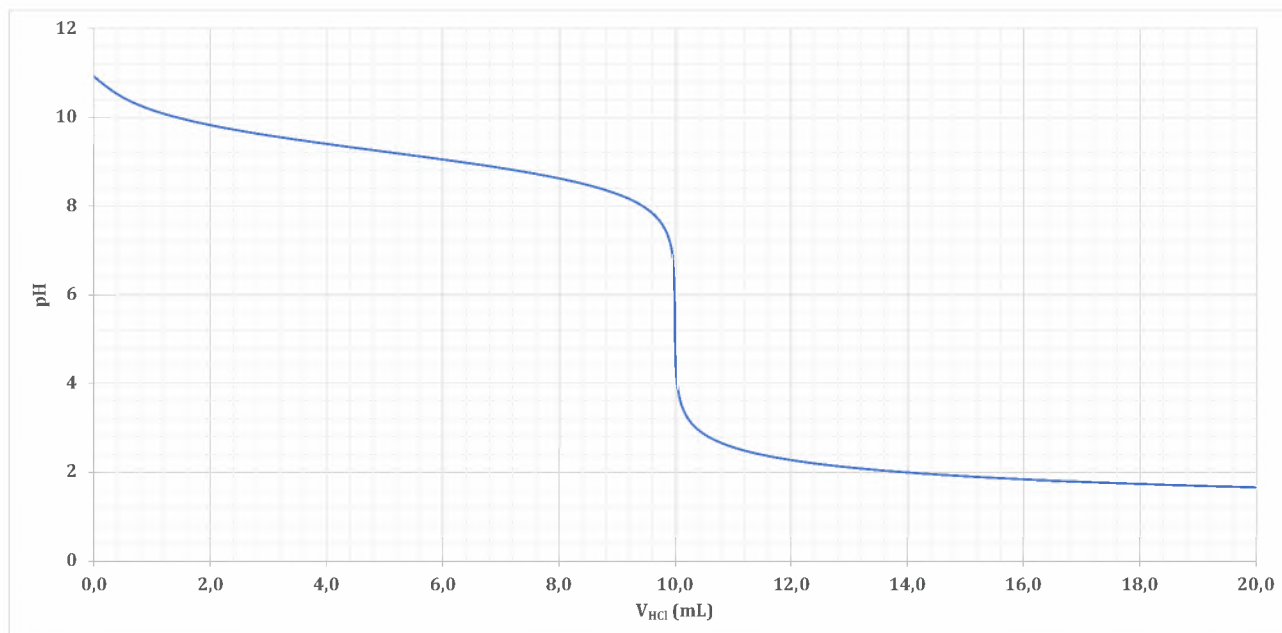
2. Systèmes tampon (3+3+3+1 = 10P.)

En biochimie, on peut utiliser une solution de pH = 7,4 contenant du **dihydrogénophosphate** de potassium et de l'hydrogénophosphate de sodium pour nettoyer les cultures cellulaires.

- Déduisez la formule permettant de calculer le pH de la solution, en partant de l'expression de la constante d'acidité K_A de l'ion **dihydrogénophosphate**.
- 100 mL de solution contiennent 0,01 mol d'hydrogénophosphate de sodium, calculez la quantité de matière en dihydrogénophosphate de potassium nécessaire à ajouter pour que la solution tampon obtenue ait un pH de 7,4.
- À 100 mL de cette solution tampon, on ajoute 1 mL d'une solution de NaOH ($c = 1 \text{ mol/L}$). Calculez la variation du pH.
- Comment le pH change-t-il lorsque 100 mL de la solution sont dilués à 1 L ? Justifiez votre réponse.

3. Titrage (1+1+2+2+3+1+2 = 12P.)

40 mL d'une solution basique A sont dilués à 100 mL. Un échantillon de 25 mL de la solution diluée est titré avec du $\text{HCl}_{(\text{aq})}$ ($c = 0,1 \text{ mol/L}$).



- La solution A contient-elle une base faible ou une base forte ? Justifiez votre réponse.
- Déterminez graphiquement le point d'équivalence.
- Déterminez graphiquement le point de demi-équivalence. De quelle base pourrait-il s'agir ? Justifiez votre réponse.
- Calculez la concentration molaire de la solution A.
- En partant de l'expression de la constante de basicité K_b d'une base faible, déduisez la formule pour calculer le pH de la solution A. Indiquez les approximations correspondantes et justifiez-les.
- Calculez le pH de la solution A.
- Justifiez la valeur du pH au point d'équivalence en vous basant sur les ions présents dans la solution.

III. Chimie organique (23P.)**4. Classes de composés et leurs propriétés (5+5+3+2 = 15P.)**

- a. Donnez les formules semi-développées **et** squelettiques des molécules suivantes:
- acide propanoïque
 - butan-1-ol
 - pentane
 - 2,2-diméthylpropane
 - butanal
- b. Classez les molécules du point a. par ordre croissant de leur température d'ébullition. Justifiez votre réponse.
- c. Pour l'une des molécules du point a., le test de Tollens est positif. Donnez les équations partielles de l'oxydation et de la réduction ainsi que l'équation globale de la réaction. Indiquez les nombres d'oxydation qui changent.
- d. La réaction de l'acide propanoïque avec le butan-1-ol produit une substance que l'on trouve entre autres dans les pommes. Donnez l'équation de cette réaction et nommez le produit organique.

5. Réaction d'addition (6+2 = 8P.)

La réaction du bromure d'hydrogène avec le propène donne deux produits.

- a. Formulez en détail le mécanisme de réaction pour cette réaction et nommez les produits. Expliquez pourquoi un produit principal et un produit secondaire sont formés.
- b. Comparez la vitesse de la réaction de a. avec la vitesse de l'addition du bromure d'hydrogène sur le chloroéthène. Justifiez votre réponse.

Tableau avec les valeurs pK_A et pK_B en solution aqueuse à 25 °C

pK_A	acide		base correspondante		pK_B
Protolyse complète	acide perchlorique	HClO_4	ClO_4^-	ion perchlorate	Aucune protolyse
	acide hydriodique	HI	I^-	ion iodure	
	acide bromhydrique	HBr	Br^-	ion bromure	
	acide chlorhydrique	HCl	Cl^-	ion chlorure	
	acide sulfurique	H_2SO_4	HSO_4^-	ion hydrogénosulfate	
	acide nitrique	HNO_3	NO_3^-	ion nitrate	
	ion oxonium	H_3O^+	H_2O	eau	
1,92	ion hydrogénosulfate	HSO_4^-	SO_4^{2-}	ion sulfate	12,08
2,13	acide phosphorique	H_3PO_4	H_2PO_4^-	ion dihydrogénophosphate	11,87
2,22	ion hexaqua-fer(III)	$[\text{Fe}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$	$[\text{Fe}(\text{OH})(\text{H}_2\text{O})_5]^{2+}$	ion pentaqua-hydroxo-fer(III)	11,78
3,14	acide fluorhydrique	HF	F^-	ion fluorure	10,86
3,35	acide nitreux	HNO_2	NO_2^-	ion nitrite	10,65
3,75	acide formique (acide méthanoïque)	HCOOH	HCOO^-	ion formiate (méthanoate)	10,25
4,75	acide acétique (acide éthanoïque)	CH_3COOH	CH_3COO^-	ion acétate (éthanoate)	9,25
4,85	ion hexaqua-aluminium	$[\text{Al}(\text{H}_2\text{O})_6]^{3+}$	$[\text{Al}(\text{OH})(\text{H}_2\text{O})_5]^{2+}$	ion pentaqua-hydroxo-aluminium	9,15
6,52	acide carbonique	H_2CO_3	HCO_3^-	ion hydrogénocarbonate	7,48
6,92	acide sulfhydrique	H_2S	HS^-	ion hydrogénosulfure	7,08
7,00	ion hydrogénosulfite	HSO_3^-	SO_3^{2-}	ion sulfite	7,00
7,20	ion dihydrogénophosphate	H_2PO_4^-	HPO_4^{2-}	ion hydrogénophosphate	6,80
9,25	ion ammonium	NH_4^+	NH_3	ammoniaque	4,75
9,40	acide cyanhydrique	HCN	CN^-	ion cyanure	4,60
9,60	ion hexaqua-zinc(II)	$[\text{Zn}(\text{H}_2\text{O})_6]^{2+}$	$[\text{Zn}(\text{OH})(\text{H}_2\text{O})_5]^{2+}$	ion pentaqua-hydroxo-zinc(II)	
10,40	ion hydrogénocarbonate	HCO_3^-	CO_3^{2-}	ion carbonate	3,60
12,36	ion hydrogénophosphate	HPO_4^{2-}	PO_4^{3-}	ion phosphate	1,64
13,00	ion hydrogénosulfure	HS^-	S^{2-}	ion sulfure	1,00
	eau	H_2O	OH^-	ion hydroxyde	
Aucune protolyse	éthanol	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{OH}$	$\text{CH}_3\text{CH}_2\text{O}^-$	ion éthanolate	Protolyse complète
	méthanol	CH_3OH	CH_3O^-	ion méthanolate	
	ammoniaque	NH_3	NH_2^-	ion amide	
	ion hydroxyde	OH^-	O^{2-}	ion oxyde	
	hydrogène	H_2	H^-	ion hydrure	

Liste avec des indicateurs colorés

indicateur coloré	forme acide	zone de virage	forme basique	pK_A
bleu de thymol	rouge	1,2 – 2,8	jaune	1,7
orange de méthyle	orange	3,1 – 4,4	jaune	3,4
vert de bromocrésol	jaune	3,8 – 5,4	bleu	4,7
rouge de méthyle	rouge	4,2 – 6,3	jaune	5,0
lackmus	bleu	5,0 – 8,0	rouge	6,5
bleu de bromothymol	jaune	6,0 – 7,7	bleu	7,1
bleu de thymol	jaune	8,0 – 9,6	bleu	8,9
phénolphtaléine	incolore	8,2 – 10	rouge	9,4
thymolphtaléine	incolore	9,3 – 10,5	bleu	10,0
Jaune d'alizarine R	jaune	10,1 – 12,1	rouge	11,2

Tableau périodique des éléments chimiques

1	I A															VIII A	2
H																	He
1,0079	II A											III A	IV A	V A	VI A	VII A	4,0026
3	4											5	6	7	8	9	10
Li	Be											B	C	N	O	F	Ne
6,941	9,01218											10,81	12,011	14,0067	15,9994	18,9984	20,179
11	12											13	14	15	16	17	18
Na	Mg											Al	Si	P	S	Cl	Ar
22,98977	24,305	III B	IV B	V B	VI B	VII B	VIII B	VIII B	VIII B	I B	II B	26,98154	28,086	30,97376	32,06	35,453	39,948
19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	36
K	Ca	Sc	Ti	V	Cr	Mn	Fe	Co	Ni	Cu	Zn	Ga	Ge	As	Se	Br	Kr
39,098	40,08	44,9559	47,9	50,9414	51,996	54,938	55,847	58,9332	58,71	63,546	65,38	69,72	72,59	74,9216	78,96	79,904	83,8
37	38	39	40	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50	51	52	53	54
Rb	Sr	Y	Zr	Nb	Mo	Tc	Ru	Rh	Pd	Ag	Cd	In	Sn	Sb	Te	I	Xe
85,4578	87,62	88,9059	91,22	92,9064	95,94	98,9062	101,07	102,9055	106,4	107,868	112,4	114,82	118,69	121,75	127,6	126,9045	131,3
55	56	57	72	73	74	75	76	77	78	79	80	81	82	83	84	85	86
Cs	Ba	La	Hf	Ta	W	Re	Os	Ir	Pt	Au	Hg	Tl	Pb	Bi	Po	At	Rn
132,9054	137,34	138,9055	178,49	180,9479	183,85	186,2	190,2	192,22	195,09	196,9665	200,59	204,37	207,2	208,9804	209	210	222
87	88	89	104	105	106	107	108	109									
Fr	Ra	Ac	§	§	§	§	§	§									
223	226,0254	227,03	261	262	263	262	265	267									
				58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
				Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
				140,12	140,9077	144,24	145	150,4	151,96	157,25	158,9254	162,5	164,9304	167,26	168,9342	173,04	174,97
				90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
				Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	No	Lr
				232,0381	231,0359	238,029	237,0482	244	243	247	249	251	254	257	258	259	260