

**Examen de Chimie Générale Avancée  
EPFL, CH160**

**Test blanc : novembre 2024**

Ne pas répondre sur ce document mais sur **le cahier de réponse**

**BAREME DE L'EXAMEN : total 70 points**

Question 1-9 : 36 points (VRAI-FAUX )

Question 10 : 10 points

Question 11 : 12 points

Question 12 : 12 points

Un tableau périodique et une liste de constantes se trouvent à la fin de ce cahier.

## Questions de type Vrai ou Faux

Pour chaque question, marquer **sur le cahier de réponse** (sans faire de ratures) la bulle "a VRAI" si l'affirmation est vraie, ou la bulle "b FAUX" si elle est fausse.

### Question 1

Dans le cation  $\text{Sn}^{2+}$  (numéro atomique : 50) à l'état fondamental, on trouve :

- 1a 20 électrons avec  $m_\ell = 0$
- 1b 10 électrons avec  $m_\ell = 1$
- 1c 4 électrons avec  $m_\ell = -2$
- 1d 2 électrons avec  $m_\ell = -3$

### Question 2

Les espèces chimiques, considérées à l'état fondamental, sont représentées selon l'ordre croissant de leurs électrons célibataires dans les listes suivantes.

- 2a He, Li, Be
- 2b  $\text{Sc}^{2+}$ , Ti, V
- 2c Sc, Ti,  $\text{V}^{2+}$
- 2d  $\text{Zn}^{2+}$ ,  $\text{Ni}^{2+}$ ,  $\text{Fe}^{2+}$

### Question 3

Indiquer si les affirmations suivantes sont vraies ou fausses :

- 3a L'énergie de première ionisation de P est plus grande que celle de Cl
- 3b Le rayon ionique de  $\text{P}^{3-}$  est plus grand que celui de  $\text{Cl}^-$
- 3c Le rayon atomique de Al est plus grand que celui de Mg
- 3d Le rayon ionique de  $\text{Al}^{3+}$  est plus grand que celui de  $\text{Mg}^{2+}$

#### Question 4

Soit la molécule de fluorure de nitryle  $\text{NO}_2\text{F}$  dont l'azote est l'atome central.  
Donnée : chaque atome respecte la règle de l'octet.

- 4a Son moment dipolaire est nul
- 4b Elle contient 3 liaisons covalentes  $\sigma$
- 4c Elle contient une liaison covalente  $\pi$  délocalisée
- 4d Elle est plane

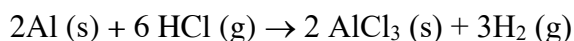
#### Question 5

L'atome central des espèces chimiques de la liste suivante est hybridé  $\text{sp}^3\text{d}$

- 5a  $\text{ICl}_5$
- 5b  $\text{ICl}_3$
- 5c  $\text{I}_3^-$
- 5d  $\text{N}_3^-$

#### Question 6

Soit la réaction complète suivante :

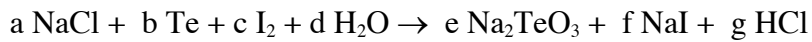


On fait réagir 7.0 g Al (s) avec du HCl (g) à  $27^\circ\text{C}$  dans un récipient de 12.5 L. La réaction se déroule jusqu'à l'épuisement d'un réactif et produit 0.6 bar de  $\text{H}_2$  (mesuré dans le même récipient à  $27^\circ\text{C}$  avec un rendement de 100%).

- 6a HCl est le réactif limitant
- 6b A la fin de la réaction, il reste 0 mol Al
- 6c A la fin de la réaction, on a produit plus de 0.5 g  $\text{H}_2$
- 6d A la fin de la réaction, on a produit plus de 20 g  $\text{AlCl}_3$

### Question 7

Soit la réaction rédox suivante



Après équilibrage de la réaction et en utilisant, pour les coefficients stoechiométriques, les nombres entiers les plus petits possibles, indiquer si les affirmations de la liste suivante sont vraies ou fausses.

Donnée : le degré d'oxydation de l'oxygène vaut -2 dans toutes les molécules

**7a**  $a + b + c + d + e + f + g = 23$

**7b**  $a + b + c + d = e + f + g$

**7c**  $c/b = 4$

**7d**  $\text{I}_2$  est l'oxydant

### Question 8

Soit la réaction suivante à l'équilibre dans un récipient fermé de volume  $V$ .



On diminue ensuite le volume du récipient à l'aide d'un piston en maintenant la température constante. Au nouvel équilibre dans le volume réduit, on constate les changements suivants par rapport à la situation d'équilibre observée dans le volume  $V$ .

**8a** L'augmentation de la pression de  $\text{CO}_2$

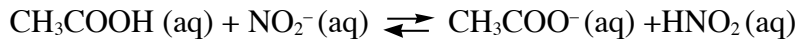
**8b** L'augmentation de l'activité de  $\text{CaO}$

**8c** La diminution du nombre de mol de  $\text{CO}_2$

**8d** L'augmentation du nombre de mol de  $\text{CaCO}_3$

### Question 9

La réaction suivante effectuée en milieu aqueux à 25°C est caractérisée par une constante d'équilibre  $K$  et une enthalpie libre de réaction  $\Delta_r G^0$ .



Donnée :  $\text{pK}_a \text{ CH}_3\text{COOH} = 4.75$ ,  $\text{pK}_a \text{ HNO}_2 = 3.25$

Indiquer si les affirmations de la liste suivante sont vraies ou fausses.

- 9a**  $K > K_a(\text{HNO}_2)$
- 9b**  $K < K_a(\text{CH}_3\text{COOH})$
- 9c**  $K > K_b(\text{NO}_2^-)$
- 9d**  $\Delta_r G^0 > 0$

### Question 10 (10 points)

- a) On dissout 0.1 mol  $\text{CH}_3\text{COONa}$  dans 0.5 L d'eau. Calculer le volume d'une solution aqueuse de  $\text{HCl}$  de  $\text{pH} = 0$  à ajouter à cette solution afin d'obtenir une solution tampon de  $\text{pH} = 3.75$  à 25°C.
- b) On ajoute 0.05 mol  $\text{NaOH (s)}$  à la solution préparée au point *a* ( $\text{pH} = 3.75$ ). Calculer le  $\text{pH}$  obtenu à 25°C.

Données :  $\text{pK}_a (\text{CH}_3\text{COOH}/\text{CH}_3\text{COO}^-) = 4.75$ ,  $\text{NaOH}$  est une base forte et  $\text{HCl}$  est un acide fort.

### Question 11 (12 points)

Soit une cellule galvanique formée de deux électrodes reliées par un pont salin à 25°C. La première électrode est constituée d'une lamelle de cobalt plongée dans une solution aqueuse de  $\text{CoCl}_2$  dont l'activité en  $\text{Co}^{2+}$  est maintenue en permanence égale à 1. La deuxième électrode est une lamelle de nickel métallique plongée dans une solution aqueuse de  $\text{NiCl}_2$  de concentration variable. Lorsque l'activité de  $\text{Ni}^{2+}$  est égale à 0.5, la force électromotrice de la pile vaut 14 mV avec  $\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}$  comme borne positive.

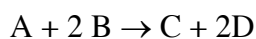
Données :  $E^0(\text{Co}^{2+}/\text{Co}) = -0.280 \text{ V}$

Les activités sont égales aux valeurs numériques des concentrations exprimées en mol/L.

- Calculer le potentiel standard de réduction  $E^0(\text{Ni}^{2+}/\text{Ni})$ .
- En considérant cette pile aux conditions standard, identifier l'anode et la cathode. Ecrire les demi-réactions lorsque la pile débite du courant.
- Calculer l'activité de  $\text{Ni}^{2+}$  nécessaire pour obtenir une pile de force électromotrice de 14 mV où l'électrode  $\text{Ni}^{2+}/\text{Ni}$  constitue la borne négative.

### Question 12 (12 points)

Soit la réaction suivante effectuée à volume et température constants.



La vitesse initiale de réaction est mesurée dans trois conditions expérimentales différentes et les résultats obtenus sont regroupés dans le tableau suivant où  $[\text{A}]_0$ ,  $[\text{B}]_0$  et  $v_0$  représentent respectivement la concentration de A, la concentration de B et la vitesse de réaction au temps  $t = 0$ .

Expériences	$[\text{A}]_0$ (mol L <sup>-1</sup> )	$[\text{B}]_0$ (mol L <sup>-1</sup> )	$V_0$ (mol L <sup>-1</sup> s <sup>-1</sup> )
1	0.1	0.1	$4.0 \times 10^{-4}$
2	0.1	0.2	$4.0 \times 10^{-4}$
3	0.2	0.1	$1.6 \times 10^{-3}$

- Calculer les ordres partiels en A et B, donner la loi de vitesse et calculer la constante de vitesse de la réaction (à cette température)
- Calculer le temps nécessaire pour que B atteigne 0.05 mol/L lorsque les concentrations de [A] et de [B] valent 0.1 mol/L au temps  $t = 0$ . (Mêmes conditions expérimentales que dans l'expérience 1 mentionnée dans le tableau). Quelle est alors la vitesse instantanée de consommation de A ?

1	1.00794	H	2.2	Hydrogen	+1, -1
---	---------	---	-----	----------	--------

3	6.941 4	9.012182	Be	1.57	Beryllium	+2
---	---------	----------	----	------	-----------	----

11	22.98977 12	24.3050	Mg	1.31	Magnesium	+2
----	-------------	---------	----	------	-----------	----

19	39.0983 20	47.86723	Ca	1.00	Calcium	+2
----	------------	----------	----	------	---------	----

37	85.4678 38	87.62 39	Sr	0.95	Strontium	+2
----	------------	----------	----	------	-----------	----

55	132.905 56	137.327	Ba	0.89	Barium	+2
----	------------	---------	----	------	--------	----

87	223 (223)	88	Ra	0.9	Radium	+2
----	-----------	----	----	-----	--------	----

1	1.00794	H	2.2	Hydrogen	+1, -1
---	---------	---	-----	----------	--------

3	6.941 4	9.012182	Be	1.57	Beryllium	+2
---	---------	----------	----	------	-----------	----

11	22.98977 12	24.3050	Mg	1.31	Magnesium	+2
----	-------------	---------	----	------	-----------	----

19	39.0983 20	47.86723	Ca	1.00	Calcium	+2
----	------------	----------	----	------	---------	----

37	85.4678 38	87.62 39	Sr	0.95	Strontium	+2
----	------------	----------	----	------	-----------	----

55	132.905 56	137.327	Ba	0.89	Barium	+2
----	------------	---------	----	------	--------	----

87	223 (223)	88	Ra	0.9	Radium	+2
----	-----------	----	----	-----	--------	----

# Periodic Table of the Elements

Atomic number	Symbol	Name	Atomic weight	Electronegativity (Pauling)	Possible Oxidation States
1	H	Hydrogen	1.00794	2.2	+1, -1
2	He	Helium	4.002602	-	0
3	Li	Lithium	6.941 4	0.98	+1
4	Be	Beryllium	9.012182	1.57	+2
5	B	Boron	10.811 6	2.04	+3
6	C	Carbon	12.0107 7	2.55	+2, 4, -4
7	N	Nitrogen	14.0067 8	3.04	+2, 3, 4, 5, -2, -3
8	O	Oxygen	15.9994 9	3.44	-2
9	F	Fluorine	18.998 10	3.98	-1
10	Ne	Neon	20.1797	-	0
11	Na	Sodium	22.98977 12	0.93	+1
12	Mg	Magnesium	24.3050	1.31	+2
13	Al	Aluminum	26.981538 14	1.61	+3
14	Si	Silicon	28.0855 15	1.90	+2, 4, -4
15	P	Phosphorus	30.97376 16	2.19	+2, 3, 4, 5, -3
16	S	Sulfur	32.065 17	2.58	+2, 4, 6, -2
17	Cl	Chlorine	35.453 18	3.16	+1, 3, 5, 7, -1
18	Ar	Argon	39.948	-	0
19	K	Potassium	39.0983 20	0.82	+1
20	Ca	Calcium	40.078 21	1.00	+2
21	Sc	Scandium	44.9559 22	1.36	+3
22	Ti	Titanium	47.86723	1.54	+2, 3, 4
23	V	Vanadium	50.9415 24	1.63	+2, 3, 4, 5
24	Cr	Chromium	51.9961 25	1.66	+2, 3, 6
25	Mn	Manganese	54.93804 26	1.55	+2, 3, 4, 6, 7
26	Fe	Iron	55.845 27	1.83	+2, 3
27	Co	Cobalt	58.9332 28	1.88	+2, 3
28	Ni	Nickel	58.6934 29	1.91	+2, 3
29	Cu	Copper	63.546 30	1.90	+1, 2
30	Zn	Zinc	65.409 31	1.65	+2
31	Ga	Gallium	69.723 32	1.81	+3
32	Ge	Germanium	72.64 33	2.01	+2, 4
33	As	Arsenic	74.92160 34	2.18	+3, 5, -3
34	Se	Selenium	78.96 35	2.55	+2, 4, 6, -2
35	Br	Bromine	79.904 36	2.96	+1, 5, -1
36	Kr	Krypton	83.798	-	0
37	Rb	Rubidium	85.4678 38	0.82	+1
38	Sr	Strontium	87.62 39	0.95	+2
39	Y	Yttrium	88.9058 40	1.22	+3
40	Zr	Zirconium	91.224 41	1.33	+4
41	Nb	Niobium	92.90638 42	1.60	+3, 5
42	Mo	Molybdenum	95.94 43	2.16	+2, 3, 4, 5, 6
43	Tc	Technetium	(98)	1.9	+4, 7
44	Ru	Ruthenium	101.07 45	2.20	+2, 3, 4, 6, 8
45	Rh	Rhodium	102.9055 46	2.28	+2, 3, 4
46	Pd	Palladium	106.42 47	2.20	+2, 4
47	Ag	Silver	107.8682 48	1.93	+1
48	Cd	Cadmium	112.411 49	1.69	+2
49	In	Indium	114.818 50	1.78	+3
50	Sn	Tin	118.710 51	1.96	+2, 4
51	Sb	Antimony	121.760 52	2.05	+3, 5, -3
52	Te	Tellurium	127.60 53	2.10	+2, 4, 6, -2
53	I	Iodine	126.904 54	2.66	+1, 5, 7, -1
54	Xe	Xenon	131.293	-	0
55	Rb	Rubidium	85.4678 38	0.82	+1
56	Ba	Barium	137.327	0.89	+2
57	La	Lanthanum	138.9055 58	1.10	+3
58	Ce	Cerium	140.116 59	1.12	+3, 4
59	Pr	Praseodymium	140.9077 60	1.13	+3, 4
60	Nd	Neodymium	144.24 61	1.14	+3
61	Pm	Promethium	(145)	-	+3
62	Sm	Samarium	150.36 63	1.17	+2, 3
63	Eu	Europium	151.964 64	-	+2, 3
64	Gd	Gadolinium	157.25 65	1.20	+3
65	Tb	Terbium	158.9253 66	-	+3, 4
66	Dy	Dysprosium	162.500 67	1.22	+3
67	Ho	Holmium	164.9303 68	1.23	+3
68	Er	Erbium	167.259 69	1.24	+3
69	Tm	Thulium	168.9342 70	1.25	+2, 3
70	Yb	Ytterbium	173.047 71	-	+2, 3
71	Lu	Lutetium	174.967	-	+3
72	Uuo	Ununseptium	118	-	-
73	Uuh	Ununhexium	116	-	-
74	Uup	Ununpentium	114	-	-
75	Uuq	Ununquadium	112	-	-
76	Uut	Ununtrium	110	-	-
77	Uuq	Ununquadium	112	-	-
78	Uut	Ununtrium	110	-	-
79	Uuq	Ununquadium	112	-	-
80	Cn	Copernicium	112	-	-
81	Hg	Mercury	200.59 81	2	+1, 2
82	Pb	Lead	207.2 83	2.33	+2, 4
83	Bi	Bismuth	208.98 84	2.02	+3, 5
84	Po	Polonium	(209)	2.0	+2, 4
85	At	Astatine	(210)	2.2	+1, 3, 5, 7, -1
86	Rn	Radon	(222)	-	0
87	Fr	Francium	(223)	0.7	+1
88	Ra	Radium	(226)	0.9	+2
89	Ac	Actinium	(227)	1.1	+3
90	Th	Thorium	232.03 91	1.3	+4
91	Pa	Protactinium	231.03 92	1.5	+4, 5
92	U	Uranium	238.0289 93	1.38	+3, 4, 5, 6
93	Np	Neptunium	(237)	1.36	+3, 4, 5, 6
94	Pu	Plutonium	(244)	1.28	+3, 4, 5, 6
95	Am	Americium	(243)	1.3	+3, 4, 5, 6
96	Cm	Curium	(247)	1.3	+3
97	Bk	Berkelium	(247)	1.3	+3, 4
98	Cf	Californium	(251)	1.3	+3
99	Es	Einsteinium	(252)	1.3	+3
100	Fm	Fermium	(257)	1.3	+3
101	Md	Mendelevium	(258)	1.3	+2, 3
102	No	Nobelium	(259)	1.3	+2, 3
103	Lr	Lawrencium	(262)	-	+3

## Lanthanides

57	138.9055 58	140.116 59	140.9077 60	144.24 61	(145) 62	150.36 63	151.964 64	157.25 65	158.9253 66
La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy
Lanthanum	Cerium	Praseodymium	Neodymium	Promethium	Samarium	Europium	Gadolinium	Terbium	Dysprosium
+3	+3	+3, 4	+3	+3	+2, 3	+2, 3	+3	+3, 4	+3

## Actinides

89	(227) 90	232.03 91	(238) 92	(243) 93	(244) 94	(247) 95	(247) 96	(247) 97	(251) 98
Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf
Actinium	Thorium	Protactinium	Uranium	Neptunium	Plutonium	Americium	Curium	Berkelium	Californium
+3	+4	+4, 5	+3, 4, 5, 6	+3, 4, 5, 6	+3, 4, 5, 6	+3, 4, 5, 6	+3	+3, 4	+3

# CONSTANTES PHYSIQUES

Constante	Symbole	Valeur
Accélération de la pesanteur	$g$	$9,80655 \text{ m s}^{-2}$
Charge de l'électron	$e$	$1,602 \cdot 10^{-19} \text{ C}$
Constante d'Avogadro	$N_A$	$6,022 \cdot 10^{23} \text{ particules mol}^{-1}$
Constante de Faraday	$F$	$96485,3 \text{ C mol}^{-1}$
Constante des gaz parfaits	$R$	$8,31441 \text{ J K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ $0,08205 \text{ L atm K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$ $0,08314 \text{ L bar K}^{-1} \text{ mol}^{-1}$
Constante de Planck	$h$	$6,626176 \cdot 10^{-34} \text{ J s}$
Constante de Rydberg	$R_\infty$	$1,09737 \cdot 10^7 \text{ m}^{-1}$
Masse de l'électron	$m_e$	$9,109 \cdot 10^{-31} \text{ kg}$ $5,5 \cdot 10^{-4} \text{ u}$
Masse du neutron	$m_n$	$1,675 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ $1,008 \text{ u}$
Masse du proton	$m_p$	$1,673 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$ $1,0073 \text{ u}$
Vitesse de la lumière dans le vide	$c$	$2,99792458 \cdot 10^8 \text{ m s}^{-1}$
Volume molaire normal du gaz parfait	$V_m$	$22,41 \text{ L mol}^{-1}$
Unité de masse atomique	$u$	$1,660565 \cdot 10^{-27} \text{ kg}$