

PC* 2025/ 2026

*Bellevue***TD 1 – Modèle quantique de l'atome – Classification périodique*****I- Pour s'entraîner après avoir appris le cours (corrigés disponibles sur PrepaBellevue)***

Q1. L'existence du spectre d'émission de l'atome d'hydrogène, soumis à irradiation lumineuse, a été prouvée expérimentalement. Les nombres d'onde σ des diverses raies sont empiriquement liés par la relation de Ritz :

$$\sigma_{p \rightarrow n} = R_H \left[\frac{1}{n^2} - \frac{1}{p^2} \right] \quad n < p \quad ; n \text{ et } p \text{ entiers naturels non nuls}$$

I1a - Exprimer la longueur d'onde $\lambda_{p \rightarrow n}$ correspondante en fonction de R_H , n et p .

I1b - Etablir , à partir de la relation de Ritz, l'expression de l'énergie d'un niveau E_n .

I1c - Calculer en J et en eV. l'énergie minimale nécessaire pour ioniser un tel atome.

I1d- Déterminer les valeurs des longueurs d'onde des première et dernière raies des séries de Lyman ($n=1$) ; de Balmer ($n=2$); de Paschen ($n=3$) de l'atome d'hydrogène.

I1e - Une cellule photoélectrique contient un élément pour lequel l'énergie d'extraction (énergie minimale à fournir pour lui arracher un électron ou *énergie d'ionisation du solide*) est $E_0 = 2,25$ eV. Elle est éclairée par un faisceau polychromatique constitué de raies du spectre d'émission de l'hydrogène après excitation de celui-ci par de la lumière blanche.

Identifier toutes les transitions $p \rightarrow n$ susceptibles de créer un effet photoélectrique avec cette cellule.

Soumis à un rayonnement de forte énergie, l'atome d'hélium est ionisé à l'état d'ion hydrogénoïde

$^4\text{He}^+$ dans divers états excités. Les raies les plus intenses du spectre d'émission se caractérisent alors par les longueurs d'onde (en nm) suivantes :

$\lambda_1 = 23,435$	$\lambda_2 = 23,733$	$\lambda_3 = 24,303$	$\lambda_4 = 25,632$	$\lambda_5 = 30,378$
$\lambda_6 = 102,53$	$\lambda_7 = 108,49$	$\lambda_8 = 121,52$	$\lambda_9 = 164,05$	$\lambda_{10} = 273,33$
$\lambda_{11} = 320,31$	$\lambda_{12} = 468,57$	$\lambda_{13} = 656,01$	$\lambda_{14} = 1\,012,4$	$\lambda_{15} = 1\,863,7$.

I2a – rappeler la définition d'une espèce hydrogénoïde .

I2b - Démontrer que le nombre d'onde $\sigma_{p \rightarrow n}$ d'une radiation associée à la transition d'un électron d'un niveau énergétique E_p vers un niveau inférieur E_n correspond au moins à la somme de deux autres nombres d'onde caractéristiques, lorsque n et p ne sont pas consécutifs.

I2c- Vérifier que les raies 2 et 7 ne correspondent pas à une transition entre deux niveaux consécutifs .

I2d - Évaluer la constante de Rydberg R_H , de l'ion He^+ sachant que la transition $\sigma_{4 \rightarrow 3}$ se situe dans le domaine du visible.

I2e – Déterminer la relation entre l'énergie d'un niveau E_n de l'ion He^+ et celle d'un niveau de l'atome d'hydrogène.

Données : Constante de Planck : $h = 6,626 \cdot 10^{-34}$ Js Célérité de la lumière : $c_0 = 2,998 \cdot 10^8$ ms⁻¹
Constante de Rydberg de l'hydrogène $R_H = 1,0974 \cdot 10^7$ m⁻¹

Q 2 : Un élément a moins de 18 électrons et possède 2 électrons célibataires .

1. Quelles sont les structures électroniques possibles pour cet élément ?

2. Quel est le symbole de cet élément sachant qu'il appartient à la période du lithium ($Z = 3$) et à la même colonne que l'étain ($Z = 50$) ?

Q3 : Pour l'élément rhodium , la configuration électronique dans l'état fondamental s'écrit : $[\text{Kr}] 5s^1 4d^8$.
 Déterminer sa position dans la classification périodique puis son numéro atomique
 Déterminer le numéro atomique de l'élément situé au dessus et au dessous de lui dans la classification périodique .
 Préciser les nombres quantiques permettant de caractériser les orbitales et les électrons de valence .
 Préciser le nombre d'électrons non appariés
 Les ions les plus stables du rhodium sont Rh^+ et Rh^{3+} : préciser leur configuration électronique dans l'état fondamental

Q4 : Déterminer le nombre d'électrons de valence du mercure (Hg , $Z = 80$)

Q5. Le carbone ^{14}C

Le carbone possède deux isotopes stables : le ^{12}C , isotope le plus abondant et le ^{13}C . Parmi d'autres isotopes, le ^{14}C est radioactif et le moins instable. Cet isotope est produit en permanence dans la haute atmosphère constituant ainsi un réservoir en ce radionucléide. Comme tout isotope du carbone, le ^{14}C se combine avec l'oxygène pour former du dioxyde de carbone $^{14}\text{CO}_2$. Par le biais du $^{14}\text{CO}_2$ atmosphérique ou de celui dissous dans les océans, le ^{14}C est incorporé dans tous les végétaux via le processus de la photosynthèse. Les organismes vivants l'ingèrent à travers la chaîne alimentaire. Si les échanges avec le réservoir de ^{14}C cessent au sein d'un échantillon de carbone (mort d'un organisme), la teneur en ^{14}C décroît alors du fait de sa désintégration radioactive selon une cinétique d'ordre 1.

On note λ , la constante radioactive ou constante cinétique de la désintégration du ^{14}C et T , la période radioactive ou temps de demi-vie. L'activité $A(t)$ d'un radionucléide tel que le ^{14}C est définie, à l'instant t , par :

$$A = -\frac{dN}{dt}$$

$N(t)$ représentant à l'instant t la population de radionucléides de ^{14}C .

La datation au ^{14}C repose sur la connaissance, à l'instant de la mort d'un organisme, de l'activité du ^{14}C prise comme activité initiale A_0 . La mesure de l'activité $A(t)$, due à la quantité de ^{14}C résiduel, permet de déterminer la durée écoulée depuis la mort du fossile.

Q1. Préciser la composition du noyau du carbone ^{14}C .

Q2. Établir l'expression de $N(t)$ en fonction de t , de la constante radioactive λ et de N_0 , population des noyaux de ^{14}C à un instant choisi comme instant initial $t = 0$. En déduire l'expression de l'activité $A(t)$ du ^{14}C en fonction de l'activité initiale, notée A_0 .

Q3. Définir le terme " période " dans ce contexte et établir son expression en fonction de la constante radioactive λ .

Découverte en 1994, la grotte Chauvet recèle de nombreux charbons de bois issus de torches, de feux d'éclairage et de foyers destinés à la fabrication des pigments picturaux des nombreuses fresques qui ornent ses nombreuses salles. Un échantillon de $10 \mu\text{g}$ de pigment pictural, prélevé dans la grotte Chauvet et assimilé à du carbone, présente une activité de $0,25 \cdot 10^{-5}$ désintégrations par minute.

Actuellement, 1 g de carbone en équilibre avec l'atmosphère a une activité de 13,6 désintégrations par minute. L'écart relatif $\Delta^{14}\text{C}$ exprimé en ‰, du rapport isotopique entre la population du ^{14}C et celle du ^{12}C est défini par :

$$^{14}\text{C} = 1000 \left(\frac{r(t)}{r(\text{actuel})} - 1 \right)$$

r étant le rapport isotopique à l'instant t ou actuel

$$r = \frac{N_{^{14}\text{C}}}{N_{^{12}\text{C}}}$$

La période radioactive du ^{14}C est de 5 730 ans .

L'évolution de $\Delta^{14}\text{C}$, de - 8 000 ans/avant JC jusqu'à nos jours, est représentée figure 1.

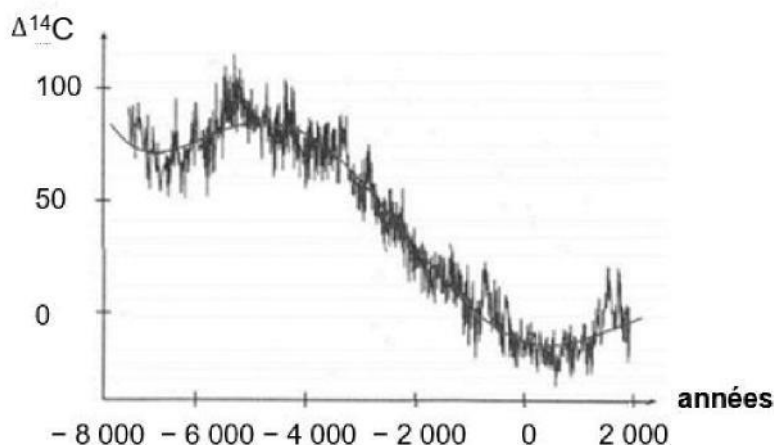


Figure 1 - Évolution de l'écart relatif $\Delta^{14}\text{C}$ de - 8 000 ans/JC jusqu'à nos jours¹

Q4. Déterminer l'âge approximatif des peintures de la grotte Chauvet. Quelles critiques peut-on apporter à cette méthode de datation au vu de la figure 1 ?

Exemples de questions posées aux concours -Session 2025

1. Centrale TSI Le lithium et ses propriétés

Sur Terre, l'isotope le plus abondant (92,5 %) est ^7_3Li

- Rappeler la définition du terme *isotope*.
- Donner la composition du noyau d'un atome de lithium ^7_3Li
- Sachant qu'il n'y a que deux isotopes naturels du lithium, et compte tenu de la masse molaire du lithium naturel donnée en fin d'énoncé, déterminer le symbole atomique du second isotope.
- Quelle est la position de l'élément lithium dans la classification périodique des éléments ? Nommer la famille d'éléments chimique à laquelle il appartient et dessiner son schéma de Lewis.

Masse molaire du lithium $M = 6,93 \text{ g mol}^{-1}$

Masse molaire des nucléons $M_n = M(^1_1\text{P}) = M(^1_0\text{n}) = 1,0 \text{ g mol}^{-1}$

2. Mines Ponts , PSI

Donner le nombre d'électrons de valence des éléments bore, azote et hydrogène.

Quel est du bore ou de l'azote l'élément le plus électronégatif ? Justifier votre réponse.

Donnée : Classification périodique ,voir ci-dessous

3. CCINP , MP

Préciser la composition d'un atome de plomb $^{207}_{82}\text{Pb}$

Q32. Les quatre isotopes stables du plomb ^{204}Pb , ^{206}Pb , ^{207}Pb et ^{208}Pb sont présents dans la nature dans des proportions respectives de x %, y %, 22 % et 52 %. Définir le mot isotope. Donner les équations permettant de calculer les pourcentages x et y. On ne cherchera pas à déterminer x et y.

4. CCINP , PC

Le phosphore existe sous différentes variétés allotropiques. La réduction des ions phosphate contenus dans l'apatite produit du phosphore blanc solide, dont la formule brute est P_4 et qui cristallise dans une structure cubique centrée. Cette forme constitue l'état standard de référence du phosphore à 300 K.

- Énoncer les deux règles de construction des configurations électroniques.
- Donner la configuration électronique du phosphore à l'état fondamental et identifier ses électrons de valence.

Numéro atomique du phosphore : $Z(P) = 15$.

Exemples de questions posées aux concours -Session 2024

- X PC 2024 . Donner les configurations électroniques à l'état fondamental des cations Mg^{2+} et Ca^{2+} en précisant la méthode et les règles utilisées .

- Centrale PC 2024

Donner la configuration électronique de valence de l'osmium de symbole Os à l'état fondamental en justifiant .

En donnée , figurait une classification périodique où apparaissaient le nom , le symbole , le numéro atomique et a masse molaire des éléments analogues à celle donnée ci-dessous

- CCINP PC 2024 . $Z (Zr) = 40$

Q1. Énoncer, explicitement et en les nommant, les règles de construction de la configuration électronique d'un atome dans son état fondamental.

Q2. Écrire la configuration électronique du zirconium dans son état fondamental. En déduire les nombres d'oxydation extrêmes du zirconium.

Q3. Déterminer le numéro atomique de l'hafnium, de symbole Hf, situé dans la même colonne de la classification périodique que le zirconium et à la période suivante. Justifier.

Annexe 6. Classification périodique.

1 H																	2 He
3 Li	4 Be											5 B	6 C	7 N	8 O	9 F	10 Ne
11 Na	12 Mg											13 Al	14 Si	15 P	16 S	17 Cl	18 Ar
19 K	20 Ca	21 Sc	22 Ti	23 V	24 Cr	25 Mn	26 Fe	27 Co	28 Ni	29 Cu	30 Zn	31 Ga	32 Ge	33 As	34 Se	35 Br	36 Kr
37 Rb	38 Sr	39 Y	40 Zr	41 Nb	42 Mo	43 Tc	44 Ru	45 Rh	46 Pd	47 Ag	48 Cd	49 In	50 Sn	51 Sb	52 Te	53 I	54 Xe
55 Cs	56 Ba	57 La	72 Hf	73 Ta	74 W	75 Re	76 Os	77 Ir	78 Pt	79 Au	80 Hg	81 Tl	82 Pb	83 Bi	84 Po	85 At	86 Rn
87 Fr	88 Ra	89 Ac	104 Rf	105 Db	106 Sg	107 Bh	108 Hs	109 Mt	110 Ds	111 Rg	112 Cn	113 Nh	114 Fl	115 Mc	116 Lv	117 Ts	118 Og
119 Uue																	
58 Ce	59 Pr	60 Nd	61 Pm	62 Sm	63 Eu	64 Gd	65 Tb	66 Dy	67 Ho	68 Er	69 Tm	70 Yb	71 Lu				
90 Th	91 Pa	92 U	93 Np	94 Pu	95 Am	96 Cm	97 Bk	98 Cf	99 Es	100 Fm	101 Md	102 No	103 Lr				