

Sujet Centrale MP 2011

Physique-Chimie

I Le métal et ses dérivées

I.A Généralités

I.A.1)

- Selon les règles de construction usuelles la structure de l'argent devrait être :
 $[Ag] = 1s^2 2s^2 2p^6 3s^2 3p^6 4s^2 3d^{10} 4p^6 5s^2 4d^9 = [Kr] 5s^2 4d^9$
Or d'après l'énoncé l'argent ne possède qu'un électron dans l'état s sur sa couche 5s, la structure stable est donc la suivante : $[Ag] = [Kr] 5s^1 4d^{10}$
- La règle de Klechowsky n'est pas vérifiée, elle est invalidée par la stabilisation de la règle de Hund associée au remplissage de la couche 4d
- L'argent est à la cinquième ligne et à la onzième colonne

I.A.2)

- Les électrons de valence sont les électrons des sous couches s et p se trouvant sur la dernière couche n de l'atome, et si n est supérieur à trois, c'est aussi les électrons de la sous couche (n-1) d incomplète d'un atome dans son état électronique fondamental.
- Les électrons de cœur sont définis comme le complément des électrons de valence dans la structure de l'atome, ils ne peuvent être engagés dans des liaisons avec des atomes voisins, ils ne forment jamais de liaisons covalentes.
- Si le terme « chimique » s'arrête à la capacité à s'associer avec d'autres atomes, seuls les électrons de valence sont concernés.
C'est bien entendu une vision des plus restreinte et, dans l'absolu, fautive, l'individu convaincu de la chose arriverait ainsi à la conclusion que la chimie des éléments d'une même colonne est identique. Confondre la chimie de l'oxygène et celle du soufre provoquerait des souffrances certaines.

I.A.3)

- Un élément chimique est défini par son nombre de protons.
Les isotopes d'un élément sont des atomes différant par leur nombre de neutrons et possédant le même nombre de protons, ils diffèrent donc par leur nombre total de nucléons.

I.A.4)

- Les éléments du modèle de désintégration sont fournis par l'énoncé :
Cinétique d'ordre 1 : $\frac{dN}{dt} = -\lambda N$
L'équation différentielle s'intègre aisément sous la forme : $N(t) = N_0 e^{-\lambda t}$.
- La durée de demi-vie correspond au temps nécessaire pour voire la quantité d'éléments diminuée de moitié. $N(T) = \frac{N_0}{2} = N_0 e^{-\lambda T} \Rightarrow \lambda = \frac{\ln 2}{T} = 2.78 \cdot 10^{-3} \text{ jour}^{-1}$.

I.A.5)

- L'activité traduit le nombre de désintégrations par seconde rapporté à une unité de masse.
Soit m la référence de masse, nous avons $A(t) = -\frac{1}{m} \frac{dN}{dt} = \lambda \frac{N_0}{m} e^{-\lambda t} = A_0 e^{-\lambda t}$.

I.A.6)

- Nous avons $A_1 = 5.00 \cdot 10^{13} \text{ Bq} \cdot g^{-1}$, par conséquence $t_1 = \frac{1}{\lambda} \ln \left(\frac{A_0}{A_1} \right) = 452 \text{ jours}$.

I.B L'argent, sous-produit du raffinage du plomb d'œuvre

Note : cette partie repose sur les valeurs numériques fournies à la fin du sujet. Ces dernières sont malheureusement fausses.

Ag_2O $T_{fus} = 280^\circ C = 553 K$ alors que l'énoncé indique $T_{fus} > 1380 K$

Pb $T_{fus} = 327^\circ C = 600 K$ alors que l'énoncé indique $T_{fus} = 1160 K$

PbO $T_{fus} = 888^\circ C = 1161 K$ alors que l'énoncé indique $T_{fus} = 588 K$

Nous avons choisi de respecter les valeurs données par l'énoncé afin de permettre aux candidats de vérifier leurs démarches, mais il s'agit bien entendu d'une œuvre de chimie fiction.

I.B.1)

- On trace l'évolution de l'enthalpie libre standard de réaction de la réaction d'oxydation d'un corps avec une mole de dioxygène. $\Delta_r G^\circ(T)$ pour $A + O_2 \rightarrow B$
- L'approximation d'Ellingham permet de considérer qu'en l'absence de changements d'états l'enthalpie libre standard de réaction est une fonction affine de T.
- Les ruptures correspondent à des changements d'états de l'oxydant et du réducteur, le plus souvent du métal et de l'oxyde correspondant.

I.B.2)

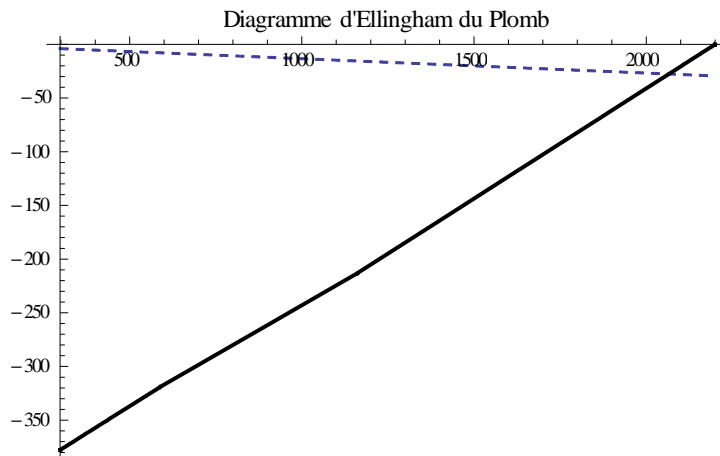
- Couple Argent : $4 Ag + O_2 = 2 Ag_2O$ (1)
- Couple Plomb : $2 Pb + O_2 = 2 PbO$ (2)

I.B.3)

- On étudie la réaction 2.
Pour $T < 588$ K, nous avons $\Delta_r G_2^\circ(T) = -438 + 0.202 T$ (kJ.mol⁻¹)
- Pour 588 K $< T < 1160$ K, l'oxyde de plomb se liquéfie, il faut modifier les enthalpies et entropies standard de réaction selon :
 $\Delta_r H_2^\circ(PbO_l/Pb_s) = \Delta_r H_2^\circ(PbO_s/Pb_s) + 2 \Delta_{fus} H^\circ(PbO) = -428$ (kJ.mol⁻¹)
 $\Delta_r S_2^\circ(PbO_l/Pb_s) = \Delta_r S_2^\circ(PbO_s/Pb_s) + 2 \Delta_{fus} H^\circ(PbO)/T_{588} = -0.185$ (kJ.mol⁻¹.K⁻¹)
 Soit $\Delta_r G_2^\circ(T) = -428 + 0.185 T$ (kJ.mol⁻¹)
- Pour $T > 1160$ K, le plomb se liquéfie, il faut modifier les enthalpies et entropies standard de réaction selon :
 $\Delta_r H_2^\circ(PbO_l/Pb_s) = \Delta_r H_2^\circ(PbO_s/Pb_s) - 2 \Delta_{fus} H^\circ(Pb) = -451$ (kJ.mol⁻¹)
 $\Delta_r S_2^\circ(PbO_l/Pb_s) = \Delta_r S_2^\circ(PbO_s/Pb_s) - 2 \Delta_{fus} H^\circ(Pb)/T_{1160} = -0.205$ (kJ.mol⁻¹.K⁻¹)
 Soit $\Delta_r G_2^\circ(T) = -451 + 0.205 T$ (kJ.mol⁻¹)

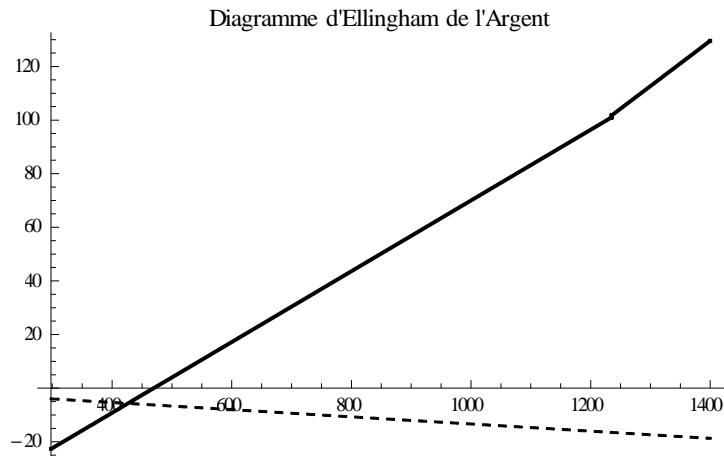
I.B.4)

- Principe : On détermine le $\Delta_r G_X$ de la réaction et on regarde à quelle température ce dernier change de signe. Nous avons : $\Delta_r G_X = \Delta_r G_X^\circ - R T \ln \frac{P_{O_2}}{P^\circ}$
 Dans l'air sec, $P_{O_2} = 0.2$ bar, nous traçons la courbe $y = R T \ln \frac{P_{O_2}}{P^\circ}$, la corrosion sera effective pour toute température telle que $\Delta_r G_X(T) > y(T)$.
- Cas du plomb :



La température limite de corrosion correspond à $T = 2066$ K.
 Le plomb s'oxydera donc tant que cette température n'est pas dépassée.

- Cas de l'argent :



La température de limite de corrosion correspond à $T=426$ K.
L'argent ne s'oxydera pas au-delà de ce seuil.

I.B.5)

- A $T=1373$ K, le plomb est sous forme liquide et se transforme en oxyde de Plomb, l'argent s'est aussi liquéfié, mais n'a pas été oxydé en oxyde d'argent solide.
Le processus de coupellation est un procédé de séparation archaïque utilisant des coupelles en cendres d'os et de végétaux poreuses à l'oxyde de Plomb et étanches à l'argent. La litharge (l'oxyde de plomb) est évacué en utilisant les propriétés spécifiques de ces coupelles, le procédé est long et laborieux et relève d'une certaine prouesse artisanale.

II L'argent en solution aqueuse

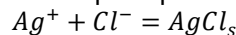
II.A Dosage des ions chlorure par la méthode de Charpentier-Volhard

II.A.1)

- Les volumes à mesurer précisément sont ceux associés à l'élément à déterminer ou aux éléments utilisés pour le quantifier.
- Manip 1 :
 - V_s n'est pas critique car c'est la masse de poudre de lait qui détermine le nombre d'ions chlorure.
 - Ajour d'ions Ag^+ : V_1 est critique et doit être déterminé avec précision, il faudrait normalement une mesure à trois chiffres significatifs pour conserver la résolution de la concentration d'argent. Une pipette de classe A est souhaitable.
- Manip 2 :
 - Problème de protocole : En prélevant le volume V_0 , la détermination n'est plus directement celle d'un nombre de moles, la concentration va désormais jouer un rôle. Dans ce cas, tous les volumes doivent être déterminés avec la même classe, le processus est maladroit.
 - Le dosage se fera avec une pipette graduée et permettra de déterminer un nombre de moles dans la solution de volume V_0 . La précision implicite des volumes est inadaptée à l'exigence sur les concentrations (deux au lieu de trois chiffres significatifs)

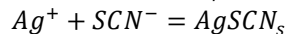
II.A.2)

- Manip 1 : La réaction est la formation du précipité blanc de chlorure d'argent.



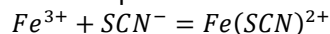
Le processus consiste ensuite à doser les ions argent n'ayant pas réagi.

- Manip 2 : On ajout du thiocyanate d'ammonium, la réaction exploitée est :



On dose ainsi l'excédent d'ions Ag^+ de la manip 1.

- La fin de la manip 2 est détectée par la formation d'un complexe colorée avec l'ion thiocyanate selon :



II.A.3)

- Il faut éviter la formation d'hydroxydes, en particulier l'hydroxyde ferrique qui se forme à des pH voisins de deux. Un ph élevé favoriserait aussi la formation de complexes.

II.A.4)

- Nous supposons que la concentration évoquée dans l'énoncé est celle de Fe^{3+} dans le millilitre d'indicateur ajouté. Nous avons, en tenant compte de la dilution à 1/71 :

$$Fe^{3+} + SCN^{-} = Fe(SCN)^{2+} \text{ avec } [SCN^{-}] = \frac{[FeSCN^{2+}]}{\beta [Fe^{3+}]} = 4.5 \cdot 10^{-2} \text{ mol.L}^{-1}$$

Par ailleurs $Ag^{+} + SCN^{-} = AgSCN_s$ implique $[Ag^{+}] = \frac{K_{S1}}{[SCN^{-}]} = 3.5 \cdot 10^{-9} \text{ mol.L}^{-1}$

La détection est suffisamment précise (+ de 6 ordres de grandeur).

II.A.5)

- Manip 2 : L'équivalence à lieu pour $n_{Ag^{+}} = C_{SCN^{-}} \cdot V_{eq} = 5.0 \cdot 10^{-4} \text{ mol.L}^{-1}$
Le prélèvement a été fait sur un volume global de 160 ml, le nombre total d'éléments Ag^{+} en excès est donc identique à $n_{Ag^{+}}^o = \frac{V_T}{V_0} n_{Ag^{+}} = 1.6 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$
- Manip 1 : Nous avons initialement $n_{Ag^{+}}^i = c_{Ag^{+}} \cdot V_1 = 2.5 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$
La quantité d'ions Ag^{+} ayant réagi vaut $n_{Ag^{+}}^R = 0.9 \cdot 10^{-3} \text{ mol.L}^{-1}$.
- La masse d'ions chlorure s'en déduit aisément : $m_{Cl^{-}} = 32 \text{ mg} = 3 \cdot 10^{-2} \text{ g}$
La précision implicite des calculs nous réduit normalement à un seul chiffre significatif. Soit $5 \cdot 10^2 \text{ mg}$ pour 100 g de poudre.
Aux incertitudes près nous convergeons.

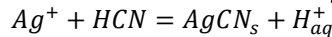
II.B Diagramme E-pH

II.B.1) Simple exploitation de la prédominance des éléments acide et base d'un couple.



II.B.2)

- Vu la dominance HCN, nous pouvons écrire la réaction prépondérante suivante :



Nous avons $K = \frac{K_A}{K_{S4}} = 10^{6.6}$.

- Soit $[H_{aq}^{+}] = K[Ag^{+}][HCN] = 10^{-0.4} \text{ mol.L}^{-1}$, donc $pH_1 = 0.4$

II.B.3)

- Le précipité disparaît pour former le complexe $Ag(CN)_2^{-}$.
Nous avons $AgCN_s + HCN = Ag(CN)_2^{-} + H_{aq}^{+}$
- Dont la constante d'équilibre est : $K' = K_A \beta_2 K_{S4} = 10^{-4.1}$

II.B.4)

- La frontière à pH_2 est une frontière d'existence, le cyanure est donc uniquement sous forme de complexe et d'acide cyanhydrique. $c_{CN^{-}} = [HCN] + 2[Ag(CN)_2^{-}]$.
- A pH_2 nous aurons $[Ag(CN)_2^{-}] \approx c_{Ag^{+}}$, $[HCN] = c_{CN^{-}} - 2 \cdot c_{Ag^{+}}$, il suffit d'utiliser K' pour en déduire la valeur du pH. $[H_{aq}^{+}] = 10^{-pH} = \frac{(c_{CN^{-}} - 2 \cdot c_{Ag^{+}})}{c_{Ag^{+}}} K_A \beta_2 K_{S4}$
- Application numérique : $pH_2 = 3.2$

II.B.5)

- Zone 1 : $pH < pH_1$



- AN : $E = E^{\circ}_{Ag^{+}/Ag} + 0.06 \log 10^{-4} = 0.56 \text{ V}$ conforme à la lecture du graphe

II.B.6)

- Zone 2 : $pH_1 < pH < pH_2$



Le potentiel apparent décroît donc en 0.06 V par unité de pH.

- Application numérique : nous avons par continuité des potentiels apparents $E = 0.56 \text{ V} - 0.06 (pH - pH_1) = 0.58 - 0.06 \text{ pH}$ (en V).

II.C Traitements de surface en orfèvrerie : argentage et traitement des bains contenant des cyanures

II.C.1)

- Réaction de la base CN^- avec l'eau et le cyanure d'argent. Pour le pH, la réaction avec l'eau nous permet de l'obtenir : $CN^- + H_2O = OH^- + HCN$, soit $K_B = \frac{[OH^-][HCN]}{[CN^-]c^o} = \frac{\omega^2}{c_{CN}c^o}$

$$\text{donc } h^2 = K_A K_e \frac{c^{o3}}{c_{CN}} \Rightarrow pH = 11.7$$

II.C.2)

- A l'anode : $Ag + 2 CN^- \rightarrow Ag(CN)_2^- + e^-$ ou $4 OH^- \rightarrow 2H_2O + O_2 + 4e^-$
- A la cathode : $Ag(CN)_2^- + e^- \rightarrow Ag + 2 CN^-$ ou $2H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + 2 OH^-$

II.C.3)

- Bilan de la réaction nul globalement.
Localement l'anode se consomme et l'argent se reforme sur la cathode.
On peut éventuellement écrire $Ag_{anode} = Ag_{cathode}$

II.C.4)

- Le nombre de moles d'argent nécessaire est obtenu par $n = \frac{\rho S e}{M_{Ag}}$.

$$\text{Pour un rendement de 100\% nous aurions } I = \frac{Q}{T} = \frac{nF}{T}.$$

Considérons que seul 96% du courant sert effectivement à l'électrolyse, nous avons alors :

$$T = \frac{nF}{0.96I} = \frac{F \rho S e}{0.96 I M_{Ag}} \quad \text{où } F = 96500C = 1 \text{ Faraday.}$$

$$\text{Soit } T = 169 \text{ s} = 2 \text{ mn } 49 \text{ s.}$$

- L'énergie s'obtient par $\mathcal{E} = UIT = 6.1 \text{ kJ}$

II.C.5)

- Equation acide base $CN^- + CO_{2g} + OH^- = HCN + CO_3^{2-}$
- La constante d'équilibre s'exprime sous la forme $K = K_{diss} \frac{K_{A1} K_{A2}}{K_A K_e} = 10^{5.2}$
- Note : CO_3^{2-} est la base d'un couple de $pK_a=10.3$, et HCN la forme acide d'un couple de $pK_a=9.3$. Les deux espèces ne peuvent être majoritairement présentes simultanément. La réponse est donc « adaptée » aux contraintes de l'énoncé.

II.C.6)

- Réaction des ions cyanures avec l'eau de Javel (ions hypochlorite)
- Le milieu est basique : $ClO^- + H_2O + 2e^- \rightarrow Cl^- + 2 OH^-$
- De même $CNO^- + H_2O + 2e^- \rightarrow CN^- + 2 OH^-$
- Bilan $CN^- + ClO^- = CNO^- + Cl^-$

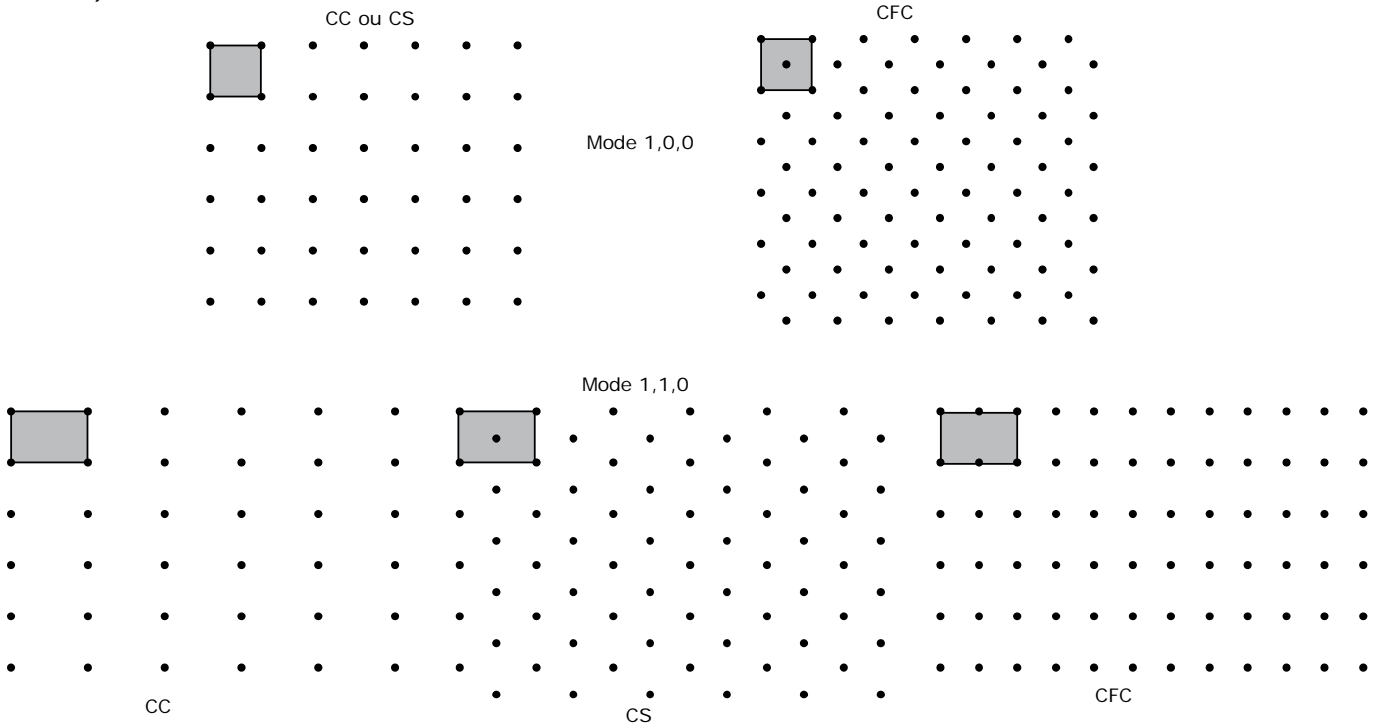
III L'argent en solution aqueuse

III.A Relation de Bragg

III.A.1)

- Maille CS : $N = 8 * \frac{1}{8} = 1$
- Maille CC : $N = 8 * \frac{1}{8} + 1 = 2$
- Maille CFC : $N = 8 * \frac{1}{8} + 6 * \frac{1}{2} = 4$

III.A.2)



III.A.3)

- On suppose que le milieu répond de façon linéaire à l'excitation provoquée par l'onde électromagnétique incidente. Chaque atome rayonne l'énergie reçue avec la même fréquence.
Bien entendu, ce n'est pas le cas en Raman, Brillouin, Kerr etc..

III.A.4)

- La différence de phase s'exprime avec $\Delta\phi = k(\vec{u}' - \vec{u}) \cdot \vec{O}_1\vec{O}_2 = k \delta_{2/1}$
donc $\delta_{2/1} = (\vec{u}' - \vec{u}) \cdot \vec{O}_1\vec{O}_2$.

III.A.5)

- La différence de phase est nulle entre tout point du plan réticulaire dans cette configuration, les interférences sont donc constructives

III.A.6)

- Entre deux plans réticulaires, pour la configuration $\theta' = -\theta$, il y aura interférence constructive si $p = \frac{2 \sin \theta d_{(h,k,l)}}{\lambda}$ est entier, soit si $\sin \theta = \frac{p\lambda}{2d_{(h,k,l)}}$.

III.A.7)

- La longueur d'onde doit être inférieure à la dimension inter-atomique. Il faut donc travailler en X.

III.A.8)

- Le plan (2,0,0) émet en opposition de phase avec le précédent.

III.A.9)

- Le plan (2,2,0) pour le CFC est en opposition avec le plan (1,1,0). Il n'y a donc pas d'émission sauf dans ce cas.

III.B Chambre de Debye-Scherrer

III.B.1)

- La poudre permet de ne pas orienter l'échantillon.

III.B.2)

- La déviation du faisceau vaut 2θ . $D = 2\theta$

III.B.3)

- On a $a = \frac{\sqrt{3}}{2} \frac{\lambda}{\sin D/2} = 409 \text{ pm}$

III.B.4)

- C'est donc un réseau CFC. $r_m = a \frac{\sqrt{2}}{4} = 145 \text{ pm}$

IV Réseau de Bragg

IV.A Réalisation

IV.A.1)

- Le système se comporte comme un réseau. Le chemin optique d'aller-retour entre deux motifs vaut $\delta = 2ns$, pour une onde de longueur d'onde $\lambda = 2ns$, nous obtenons un déphasage identique à 2π , il est constructif. Les multiples ondes réfléchies vont dans ce cas s'additionner en amplitude, une part importante de l'énergie sera réfléchi.

IV.A.2)

- Toutes les longueurs d'ondes telles que $p = \frac{2ns}{\lambda} \in \mathbb{N}$, soit $\lambda = \frac{2ns}{p}$ avec $p \in \mathbb{N}$.

IV.B Première application : transmission par modulation d'amplitude

IV.B.1)

- On exploite la relation du IV.A.1, soit $s = \frac{\lambda_0}{2n} = 513 \text{ nm}$.
On admettra que la longueur d'onde fournie dans l'énoncé est celle du rayonnement dans le vide et non celle dans la fibre.
- On détermine $f = \frac{c}{\lambda_0} = 1.93 \cdot 10^{14} \text{ Hz} = 193 \text{ THz}$

IV.B.2)

IV.B.2)a)

- Nous écrivons $\vec{E}(t) = e(t)\vec{u}$ avec $e(t) = G S(t) \cos 2\pi f_0 t$.
Soit $S(t) = S_0 \cos 2\pi f t + \phi$, nous pouvons écrire :
$$e(t) = \frac{GS_0}{2} (\cos[2\pi(f_0 + f)t + \phi] + \cos[2\pi(f - f_0)t + \phi])$$

 $e(t)$ comprend donc deux fréquences, les fréquences $f_0 + f$ et $|f - f_0|$

IV.B.2)b)

- L'intervalle de fréquence occupé est $[f_0 - f_{\max}, f_0 + f_{\max}]$

IV.B.3)

- On transcrit l'intervalle de longueur d'onde en bande passante :
 $[1.54 \mu\text{m}, 1.56 \mu\text{m}] \Rightarrow [1.92 \text{ THz}, 1.95 \text{ THz}]$, soit $\Delta f = 2.5 \text{ THz}$
Chaque canal occupe 2 GHz, il y a donc de la place pour $N = 1.2 \cdot 10^3$ canaux

IV.C Deuxième application : correction de dispersion chromatique

IV.C.1)

- Nous avons $\tau(\lambda) = n(\lambda) \frac{L}{c} = n_0 \frac{L}{c} (1 - \frac{\alpha}{n_0} \Delta\lambda)$.
La différence nous fournit : $\Delta\tau = -\alpha \frac{L}{c} \Delta\lambda = 2.4 \cdot 10^{-9} \text{ s} = 2.4 \text{ ns}$

IV.C.2)

- Ce décalage temporel est très grand devant la période de la porteuse, les différentes composantes du signal sont déphasées les unes par rapport aux autres. La nature du signal s'en trouve modifiée si il est à large bande.
Ce type de canal rend impossible l'usage de la bande par un seul message, il existe plusieurs solutions pour contourner cette difficulté.
- On peut par exemple décomposer l'espace de transmission en sous-espaces où le décalage temporel entre les composantes pourra être négligé. C'est ce que suggère l'énoncé avec des bandes signal de 2 GHz.

- Ou il faut remettre les signaux en phase avec un correcteur (cf suite du problème).

IV.C.3)

- L'astuce du réseau de Bragg à pas variable consiste à renvoyer le plus tard possible les signaux usant d'un indice optique faible (les plus rapides) afin qu'ils parcourent une distance plus grande et arrivent en même temps que les plus lents sur le capteur.
- Nous avons $s(\lambda) = \frac{\lambda}{2n_0 \left(1 - \frac{\alpha}{n_0}(\lambda - \lambda_0)\right)}$, d'où $\Delta s = 6.67 \text{ nm}$

IV.C.4)

- La plus petite valeur du pas correspond à la plus petite valeur de longueur d'onde et au temps de propagation le plus long. On fait ainsi parcourir à la composante du signal la plus lente, le chemin le plus court.

IV.C.5)

- On doit avoir $\Delta\tau = 2n(\lambda_2)L_B/c$, soit $L_B = 23.8 \text{ cm}$

IV.D Etude de la bande passante

IV.D.1)

- Nous avons $k = \frac{2n\pi}{\lambda} = \frac{2\pi}{\lambda}$ ($n = 1$)

IV.D.2)

- Les ondes se propageant vers la surface d'abscisse q_s sont celles en A_q à gauche et celles en D_q à droite.

$$B_q = r A_q + t D_q$$

$$C_q = r D_q + t A_q$$

- Une mise en forme du système linéaire permet d'obtenir :

$$A_q = \frac{1}{t} C_q - \frac{r}{t} D_q$$

$$B_q = \frac{r}{t} C_q + \frac{t^2 - r^2}{t} D_q$$

Soit en remplaçant r et t :
$$P = \frac{1}{\chi} \begin{pmatrix} 1 & -i\sqrt{1-\chi^2} \\ i\sqrt{1-\chi^2} & 1 \end{pmatrix}$$

IV.D.3)

- On écrit la relation exploitant la similitude des ondes existant entre q_s et $(q+1)_s$.

Nous avons :
$$A_{q+1} = C_q e^{-iks}$$

$$B_{q+1} = D_q e^{iks}$$

La matrice Q s'obtient en effectuant :

$$Q = P \begin{pmatrix} e^{iks} & 0 \\ 0 & e^{-iks} \end{pmatrix} = \frac{1}{\chi} \begin{pmatrix} 1 & -i\sqrt{1-\chi^2} \\ i\sqrt{1-\chi^2} & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} e^{iks} & 0 \\ 0 & e^{-iks} \end{pmatrix}$$

$$Q = \frac{1}{\chi} \begin{pmatrix} e^{iks} & -ie^{-iks}\sqrt{1-\chi^2} \\ ie^{iks}\sqrt{1-\chi^2} & e^{-iks} \end{pmatrix}$$

IV.D.4)

- Exploitions la relation matricielle $\begin{pmatrix} A_0 \\ B_0 \end{pmatrix} = Q^N \begin{pmatrix} A_N \\ 0 \end{pmatrix} = M \begin{pmatrix} A_N \\ 0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} M_{11} & M_{12} \\ M_{21} & M_{22} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} A_N \\ 0 \end{pmatrix}$

donc $\begin{pmatrix} A_0 \\ B_0 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} M_{11} A_N \\ M_{21} A_N \end{pmatrix}$, le coefficient s'obtient comme $\rho = \frac{B_0}{A_0} = \frac{M_{21}}{M_{11}}$

IV.D.5)

- Vu la définition les annulations ont lieu tous les $ks = \frac{m\pi}{N}$. Le nombre d'annulation augmente avec N. Cette augmentation provoque organiquement la réduction des lobes principaux d'émission.
- Ces lobes sont répartis tous les $\lambda = \frac{2ns}{p}$ avec $p \in \mathbb{N}$.
- Nous retrouvons des comportements similaires à ceux des réseaux, la réflexion est maximale pour les valeurs prévues au début de IV. L'intensité réfléchie augmente avec le nombre de fentes.

IV.D.6)

- On recherche les valeurs limites vérifiant $|\cos ks| = \chi \Rightarrow \sin^2 ks \approx (ks)^2 = 1 - \chi^2$
soit $\Delta\nu = 2\nu = \frac{c}{\pi s} \sqrt{1 - \chi^2} \approx \frac{c}{\pi s} \sqrt{2(1 - \chi)}$

Fin du problème