

CORRIGÉ DS (3):

EXERCICE ①

29] 5V correspond à l'octet 11111111 soit en base 10 :

$$2^0 + 2^1 + 2^2 + 2^3 + 2^4 + 2^5 + 2^6 + 2^7$$

$$= 1 + 2 + 4 + 8 + 16 + 32 + 64 + 128$$

$$= 255 = 2^8 - 1$$

le quantum correspond bien à $\left(\frac{5}{2^8 - 1}\right) = q$

$$\text{soit : } 0,0196 \text{ V}$$

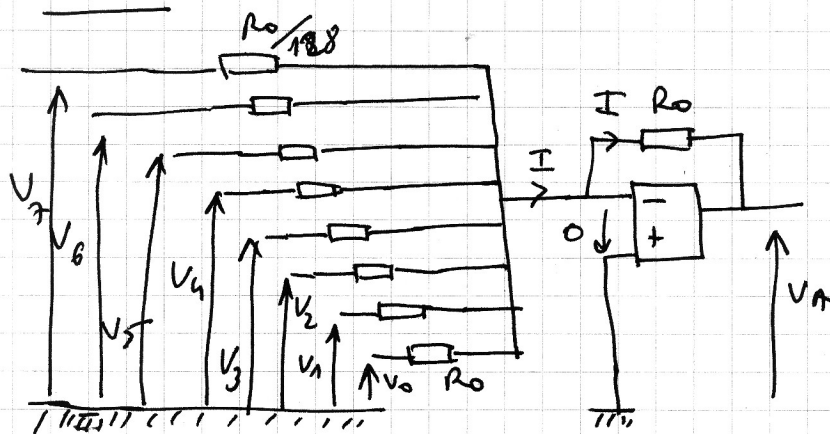
ainsi : 3,549 V correspond à 181q

qui s'écrit en binaire : 10110101

$$(2^7 + 2^5 + 2^4 + 2^2 + 2^0)$$

→ les montages à ALI sont :

⊛ sommateur.

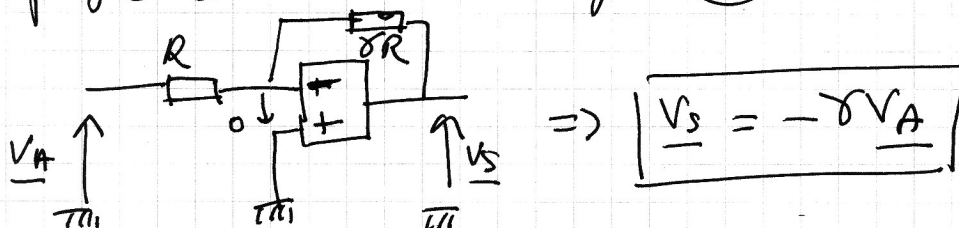


en régime linéaire et avec 1 ALI idéal, le courant I traversant R_0 de la boucle de rétroaction est la somme des courants des branches arrivant au nœud (entrée e^-):

$$\Rightarrow \frac{V_0}{R_0} + \frac{2V_1}{R_0} + \frac{4V_2}{R_0} + \dots + \frac{128V_7}{R_0} = -\frac{V_A}{R_0}$$

$$\Rightarrow \boxed{V_A = -(V_0 + 2V_1 + \dots + 128V_7)}$$

⊛ amplificateur inverseur de gain ⓧ



$$\Rightarrow \boxed{\underline{V_S} = -\delta \underline{V_A}}$$

30) a) Si toutes les entrées sont à 0 : $V_A = 0$

Si toutes les entrées sont à 40mV (40)

alors : $V_A = -255 \times 0,04\text{V} = -10,2\text{V}$

donc $-10,2 < V_A < 0$ volts.

b) $V_S = -\gamma V_A = +\gamma \sum_{i=0}^7 (2^i) \times V_i$

c) $\gamma = \frac{5}{10,2} = 0,49$

d) $V_{\min} = \frac{5}{255} = 0,0196\text{V} = 19,6\text{mV}$ mesurés en sortie.

31)

$V_0 = 40\text{mV}$	$V_4 = 0\text{mV}$
$V_1 = 0\text{mV}$	$V_5 = 0\text{mV}$
$V_2 = 40\text{mV}$	$V_6 = 40\text{mV}$
$V_3 = 40\text{mV}$	$V_7 = 0\text{mV}$

32) S'ils sont réalisés avec des ALI ce sont les temps de réponse des ALI (qui jouent le rôle de bascule ici) - Donc non-instantané. En tout que passe-haut du 1^{er} ordre, un ALI a un temps de relaxation $\tau = \frac{1}{\omega_0}$

ALI dans le montage avec rétroaction.

Le facteur de mérite d'un ALI étant de l'ordre du MHz (ALI de base) et le gain variant de 1 à 128 suivant les branches : - gain de 1 $\rightarrow f_c = 1\text{MHz} \rightarrow \tau = \frac{1}{2\pi \times 10^6} \approx 10^{-7}\text{s}$
- gain de 128 $\rightarrow f_c = \frac{1}{128}\text{MHz} \rightarrow \tau = \frac{1}{2\pi \times 10^4} \approx 10^{-5}\text{s}$

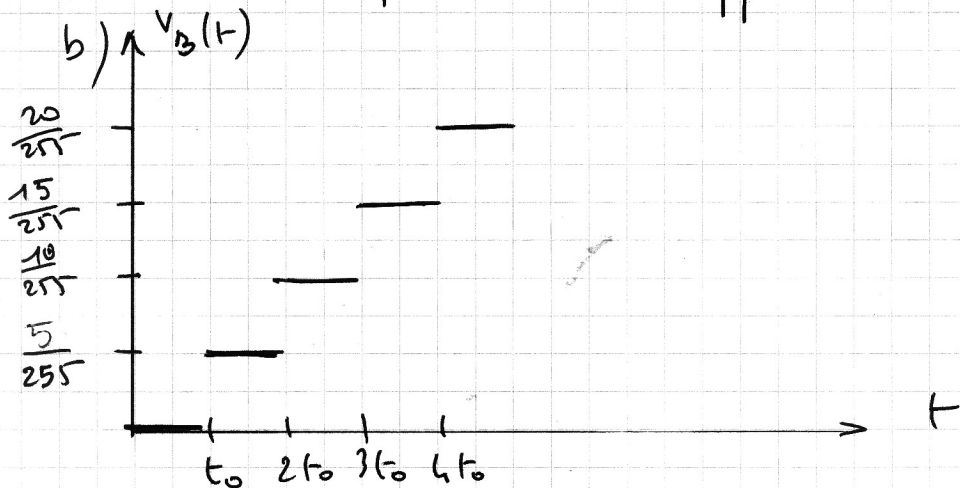
on retiendra 1 ordre de grandeur de temps de réponse de 10^{-5}s (10µs)

n'autorisant pas des fréquences de conversion supérieures aux 100 KHz.

IV.2] 33) Admettons que l'on commence à 00000000

dans ce cas $V_B = 0$ et $V > 0$: V_D est alors négative. Le compteur incrémente régulièrement jusqu'à atteindre (dépasser) la valeur de V et V_D devient alors > 0 . Le compteur se bloque à la valeur majorant V .

a) Il faut 255 t_0 pour passer de 0 à 5V
(si les autres processeurs sont supposés instantanés).



34) Les valeurs accessibles à V_D sont deux valeurs opposées ($+V_{D0}$, $-V_{D0}$) correspondant par exemple à des valeurs de saturation d'AL1.

35) a) le compteur se bloque lorsque V_D dépasse V

$$\frac{n}{255} \times 5 > 1,781$$

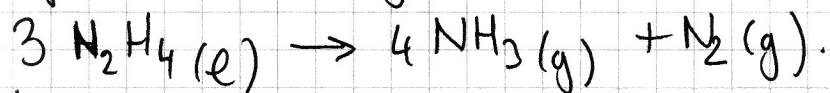
$$\Rightarrow n > \frac{1,781 \times 255}{5} = 90,83$$

$$\Rightarrow \boxed{n_{\text{blocage}} = 91}$$

b) temps minimal de numérisation 91 t_0 .

EXERCICE 2) Poursuite de engins spatiaux.

k) Décomposition de l'hydrazine.



k.1) $\text{N}_2(\text{g})$ est 1 corps pur simple de référence de l'élément azote donc sa réaction de formation s'écrit par définition: $\text{N}_2(\text{g}) \rightarrow \text{N}_2(\text{g})$
Donc l'enthalpie standard (ou pas) de formation est nulle.

k2) Application de la loi de Hess à 298K:

$$\begin{aligned}\Delta_r H^\circ(298) &= 4 \Delta_f H^\circ(\text{NH}_3)_{(\text{g})} - 3 \Delta_f H^\circ(\text{N}_2\text{H}_4)_{(\text{l})} \\ &= 4(-46,2) - 3(50,6) \\ &= \underline{-336,6 \text{ kJ/mol de degré d'avancement.}}\end{aligned}$$

k3) Exothermique

k4) la quantité d'hydrazine dans 1 volume V_0
est: $m_0 = \frac{m_0}{M_{\text{N}_2\text{H}_4}} = \frac{\rho_{\text{N}_2\text{H}_4} \times V_0}{M_{\text{N}_2\text{H}_4}}$

et l'enthalpie libérée

$$\Delta H_0 = + m_0 \frac{\Delta_r H^\circ}{3} = \frac{\rho_{\text{N}_2\text{H}_4} \times V_0 \times \Delta_r H^\circ}{3 M_{\text{N}_2\text{H}_4}}$$

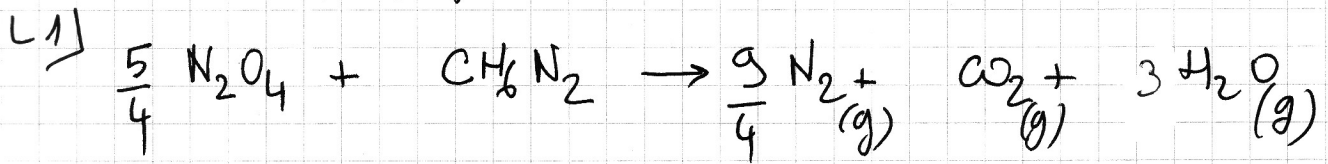
↑ attention: lorsqu'une mole d'hydrazine se décompose, l'équation bilan proposée n'avance que d' $1/3$ mol de degré d'avancement!

A.N: $\Delta H_0 = \frac{-1,0 \times 1,0 \times 336.600}{3 \times 32.10^{-3}}$

$$\Delta H_0 = -3,5 \text{ kJ}$$

$$k5) \frac{E}{|\Delta H_b|} = \frac{24000}{3,5} = \underline{6,86 \cdot 10^3 \text{ l.}}$$

L) Intérêt des propulseurs.



et



L2) Mélange stoechiométrique (N_2O_4 avec CH_6N_2):

$\frac{5}{4}$ mol de N_2O_4 avec 1 mol de CH_6N_2

soit: $\frac{5}{4} \times 92 \text{ g}$ de N_2O_4 avec 46 g de CH_6N_2 .

pour 1 masse totale
de mélange stoechiométrique
de 161 g

"littéralement":

$$n_1 M_1 + n_2 M_2 = m_0$$

$$\text{soit } \frac{46 \times 1}{161} = 0,286 \text{ g} \Rightarrow \frac{1}{161} \text{ mol}$$

$$\text{et } n_2 = \frac{5}{4} n_1 \Rightarrow n_1 \left(M_1 + \frac{5}{4} M_2 \right) = m_0$$

$$n_1 = \frac{m_0}{M_1 + \frac{5}{4} M_2}$$

$$\text{A.N. : } n_1 = \frac{1}{46 + \frac{5}{4} 92} = 6,21 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \quad (= \frac{1}{161} \text{ mol}).$$

$$L3) 1 \text{ mol} \rightarrow \frac{9}{4} + 1 + 3 = \frac{25}{4} \text{ mol de gaz.}$$

$$\text{donc } 6,21 \cdot 10^{-3} \text{ mol} \rightarrow \underline{0,0388 \text{ mol}} = n_1 \text{ gaz}$$

$$L4) 1 \text{ g de mélange stoechiométrique} \Rightarrow \frac{1}{60 + 2 \times 92} = \frac{1}{244} \text{ mol}$$

et n_2 mol de diméthylhydrazine $\rightarrow 3 n_2$ moles de gaz

$$\text{donc : } n_2 \text{ gaz} = \frac{9}{244} = 0,03688 \text{ mol.}$$

$$L5) \frac{n_1 \text{ gaz}}{n_2 \text{ gaz}} = 1,05 \text{ monométhyl}$$

1 peu + efficace comme propulseur.

EXERCICE (3)

III A.1] a) La loi de Van't Hoff est:

$$\frac{d(\ln K_1^0)}{dT} = \frac{\Delta_r H_1^0(T)}{RT^2}$$

et elle s'intègre simplement dans l'approximation d'Ellingham sous la forme:

$$\ln(K_1^0(T)) = -\frac{\Delta_r H_1^0}{RT} + \text{cte}$$

(Approx d'Ellingham: $\Delta_r H^0$ et $\Delta_r S^0$ indépendants de T)

Ainsi la dernière courbe (fonction affine) de la figure (3) donne immédiatement:

$$\frac{\Delta_r H_1^0}{R} = 125042$$

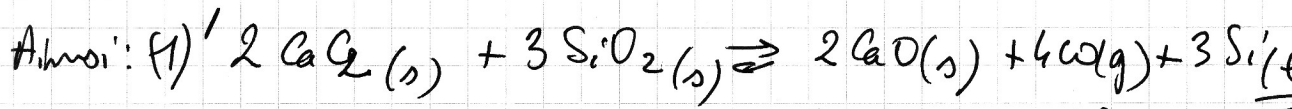
$$\Rightarrow \Delta_r H_1^0 = 8,314 \times 125,042 = 1039,6 \text{ kJ/mol}$$

(valeur positive: réaction endothermique)

b) En utilisant la relation précédente, on remarque qu'une augmentation de température va entraîner (pour cette réaction endothermique) une augmentation de la constante d'équilibre pendant le déplacement d'équilibre occasionné: les activités des produits de la réaction auront augmenté relativement aux réactifs donc la réaction aura avancé dans le sens (1) de l'écriture. L'industriel aura donc intérêt à travailler à haute température pour améliorer son rendement.

Rq: Plus simplement, on peut invoquer le principe de modulation de Le Chatelier. Comme on augmente la température, le système chimique va déplacer son état d'équilibre dans le sens modérant cette augmentation de température, soit le sens endothermique soit le sens (1) de l'écriture.

III. A.2) a) Cette fois à 1730K le silicium sera produit à l'état liq car on dépasse la température de fusion sous $P^0 = 1 \text{ bar}$.



b) $K_1^0(1730\text{K}) = 3,68 \cdot 10^{24} = \left(\frac{P_{\text{CO}}(\text{eq}, 1730\text{K})}{P^0} \right)^4$
 (toutes les autres activités sont unitaires)
 $\Rightarrow P_{\text{eq}} = P_{\text{COeq}}$ puisqu'il est seul gazeux

$\Rightarrow$ On obtiendrait une pression de 1,385 Mbar à l'eq.

On en déduit que l'équilibre ne sera pas atteint, il y aura une rupture d'équilibre correspondant à la disparition totale du réactif en défaut.

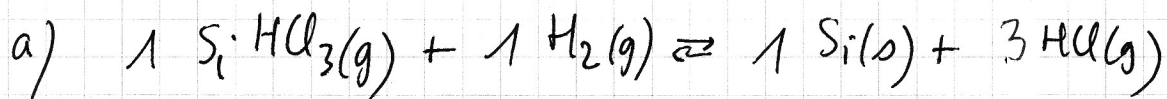
c) Or $n_{\text{SiO}_2} = \frac{18}{(28,1 + 32)} = 0,3 \text{ mol}$.
 et $n_{\text{CaCl}_2} = \frac{32}{(40,1 + 24)} = 0,5 \text{ mol}$.

Pour observer la stoechiométrie, il faudrait 3 mol de SiO_2 pour 2 mol de CaCl_2 donc SiO_2 est en défaut et disparaîtra totalement (rupture d'eq) produisant donc :

- $\rightarrow 0,3 \text{ mol de Si}(l)$
- $\rightarrow \frac{4}{3} \cdot 0,3 = 0,4 \text{ mol de CO}(g)$
- $\rightarrow 0,2 \text{ mol de CaO}(s)$.

$P = P_{\text{CO}_2} = \frac{0,4 \times 8,314 \times 1730}{8 \cdot 10^{-3}} = 719\,000 \text{ Pa}$
 (gaz suppose parfait) $\approx 7,19 \text{ bar}$

III. A.3)



b) 0 kJ/mol car ce sont les corps purs simples de référence des éléments H et Si.

c) $\Delta_r H_f^0 = 3 \times (-92,3) - (-488,1) = 211,6 \text{ kJ} \cdot \text{mol}^{-1}$
 loi de Hess

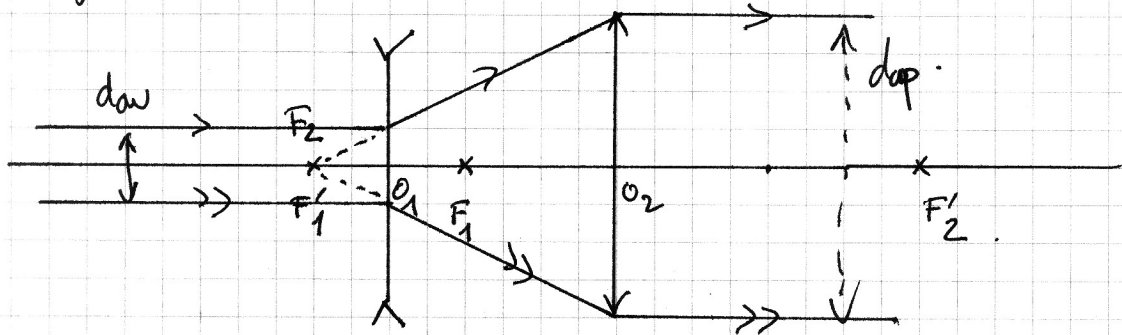
d) lorsque cette réaction avance d 1 mol : 3 mol de HCl gazeux sont produits et 2 mol (1 de SiHCl_3 et 1 de H_2) disparaissent. le bilan est de $\Delta V_g = 3 - 2 = +1$ mol de gaz par mol d'avancement.

Insérons donc simplement le principe de modération de Lechâtelier pour justifier que le système chimique réagira à une diminution de pression par 1 déplacement d'équilibre dans le sens de production des gaz soit le sens de l'écriture $\Rightarrow$ amélioration du rendement.

EXERCICE (4)

PREMIÈRE PARTIE : réalisation pratique du dispositif.

1^o) Élargisseur de faisceau.



Appliquons le théorème de Thalès sur les triangles de l'axe :

$$\frac{dap}{dav} = \frac{\overline{F_2 O_2}}{\overline{F'_1 O_1}} = \frac{\overline{O_2 F'_2}}{-\overline{O_1 F'_1}} = \frac{f'_2}{-f'_1} \quad \begin{matrix} (f'_2 > 0) \\ (f'_1 < 0) \end{matrix}$$

2^o) Rouge

$\lambda_{\text{violet}} \approx 400 \text{ nm}$

$\lambda_{\text{rouge sombre}} \approx 750 \text{ nm}$
(indigo)

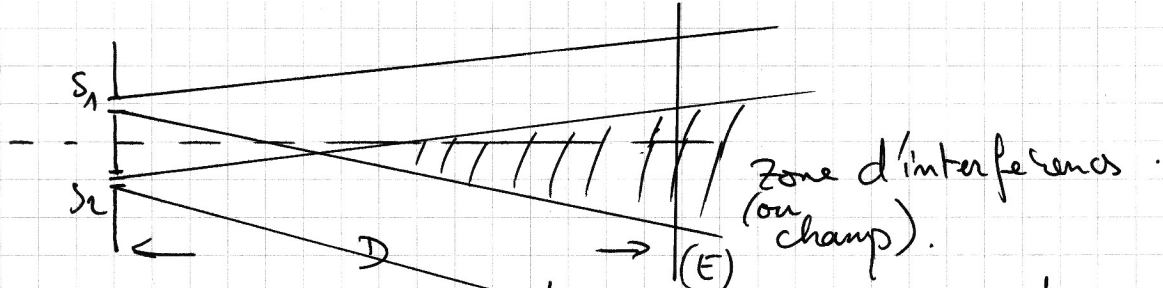
DEUXIÈME PARTIE : description qualitative du phénomène.

3^o) 1) - On devrait observer deux taches circulaires de $\tilde{m}$ rayon que les trous S_1 et S_2

- L'optique géométrique ignore le phénomène de diffraction.

- Diffraction lorsque l'obstacle est de dimension $d \lesssim 10 \lambda$

3°) 2)



4°) 1) On observe 1 figure d'interférence correspondant à des franges rectilignes, perpendiculaires à la direction $S_1 S_2$ visibles à l'intérieur d'une tâche circulaire principale de diffraction et moins lumineux dans 1 zone annulaire concentrique.

2) Si l'on obture 1 des trous, il ne reste que la tâche de diffraction sur l'écran.
(plus le trou est petit, plus cette tâche est étendue).

3) Si on translate la plaque suivant l'axe Ox , les franges d'interférence sont traduites (comme la tâche de diffraction) de la même façon.

Si on translate la plaque suivant l'axe Oy , les franges (horizontales) glissent sur elles-mêmes et on observera seulement le déplacement de la tâche de diffraction.

4) Si on translate l'écran dans la direction Oz , c'est l'interfrange qui va être modifiée ($D \downarrow \Rightarrow i \downarrow$).

5°) 5.1) $\vec{S_1 M} = (x - \frac{a}{2}) \vec{e_x} + y \vec{e_y} + D \vec{e_z}$

$$\Rightarrow S_1 M = \sqrt{(x - \frac{a}{2})^2 + y^2 + D^2}$$

$$\vec{S_2 M} = (x + \frac{a}{2}) \vec{e_x} + y \vec{e_y} + D \vec{e_z}$$

$$\Rightarrow S_2 M = \sqrt{(x + \frac{a}{2})^2 + y^2 + D^2}$$

$$\Rightarrow \delta = (S_2 M) - (S_1 M) = S_2 M - S_1 M \text{ (dans l'air assimilé au vide)}$$

$$\delta(M) = \sqrt{(x + \frac{a}{2})^2 + y^2 + D^2} - \sqrt{(x - \frac{a}{2})^2 + y^2 + D^2}$$

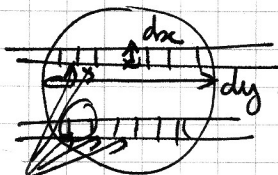
5.2) $\delta(M) = D \left[\sqrt{1 + \frac{y^2}{D^2} + \frac{(x+a)^2}{D^2}} - \sqrt{1 + \frac{y^2}{D^2} + \frac{(x-a)^2}{D^2}} \right]$

au premier ordre en $\frac{y^2}{D^2}$ et $\frac{(x+a)^2}{D^2}$ et $\frac{(x-a)^2}{D^2}$

$$\Rightarrow \delta(M) \approx D \left[1 + \frac{y^2}{2D^2} + \frac{1}{2} \frac{(x+a)^2}{D^2} - 1 - \frac{y^2}{2D^2} - \frac{1}{2} \frac{(x-a)^2}{D^2} \right]$$

soit : $\delta(M) \approx \frac{ax}{D}$

5.3] On peut assimiler ce fente comme des séries de trous étalés suivant l'axe y . Si c'est toujours 1 faisceau laser et 1 surface d'onde cohérente qui arrive sur les deux fentes :



d'interférence car tous les éléments

sont des sources cohérentes entre elles.

Il ne s'agit donc pas d'additionner les éclairissements dus à des couples de points mais bien les amplitudes vibrationnelles de tous ces points en chaque position M de l'écran.

Le résultat en éclairissement sur l'écran a été observé en expérience de Young : étallement de spots sur 1 ligne perpendiculaire aux fentes.

6°) 6.1] φ de phasage du à la marche S_1M .

$$\varphi_1 = \frac{2\pi(S_1M)}{\lambda}$$

φ_2 de phasage du à la marche S_2M .

$$\varphi_2 = \frac{2\pi(S_2M)}{\lambda}$$

les signaux en M sont en retard de $\frac{S_1M}{c}$ et $\frac{S_2M}{c}$

$$s_1M(t) = s_0 \cos\left(\frac{2\pi c}{\lambda}\left(t - \frac{S_1M}{c}\right)\right) = s_0 \cos\left(\frac{2\pi ct}{\lambda} - \varphi_1\right)$$

$$s_2M(t) = s_0 \cos\left(\frac{2\pi c}{\lambda}\left(t - \frac{S_2M}{c}\right)\right) = s_0 \cos\left(\frac{2\pi ct}{\lambda} - \varphi_2\right)$$

$$\begin{aligned} 6.2] s_M(t) &= s_0 \cos\left(\frac{2\pi ct}{\lambda} - \frac{2\pi S_1M}{\lambda}\right) + s_0 \cos\left(\frac{2\pi ct}{\lambda} - \frac{2\pi S_2M}{\lambda}\right) \\ &= 2s_0 \cos\left(\frac{2\pi ct}{\lambda} - \frac{\varphi_1 + \varphi_2}{2}\right) \cos\left(\frac{\varphi_2 - \varphi_1}{2}\right) \end{aligned}$$

$$s_M(t) = 2s_0 \cos\left(\frac{\pi}{\lambda}(S_2M - S_1M)\right) \cos\left(\frac{2\pi ct}{\lambda} - \frac{\pi}{\lambda}[(S_1M) + (S_2M)]\right)$$

6.3] $I_M = K \langle s_M^2(t) \rangle_{\text{detection}}$

si $\tau_d \gg T = \frac{\lambda}{c}$ alors $I_M = K s_0^2 \cos^2\left(\frac{\pi}{\lambda}(S_2M - S_1M)\right)$

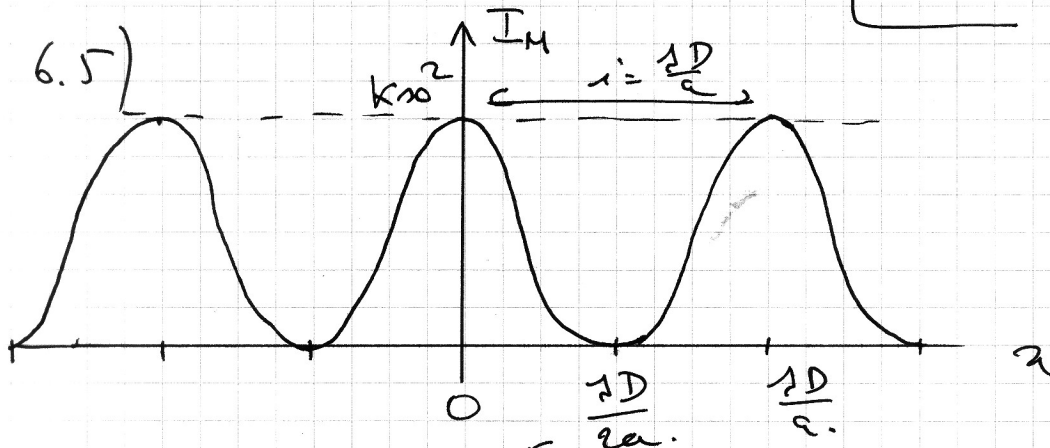
donc : $I_M = K \cos^2 \left(\frac{\pi \delta}{\lambda} \right) (= K \cos^2 \left(\frac{1 + \cos \left(\frac{2\pi \delta}{\lambda} \right)}{2} \right))$
 forme ↑ utilisée.

ou puisque : $\delta = \frac{ax}{D} \Rightarrow \boxed{I_M = K \cos^2 \left(\frac{\pi ax}{\lambda D} \right)}$

6.4) Périodicité de $\cos^2 \alpha \rightarrow \pi$.

donc si $\alpha = \frac{\pi ax}{\lambda D}$

par définition de (i) // périodicité spatiale sur $x \rightarrow i' = \frac{\lambda D}{a}$



6.6) ordre zéro $p = \frac{\delta}{\lambda} = 0 \Rightarrow \delta = 0 \Rightarrow x = 0$

QUATRIÈME PARTIE: Modification du dispositif interférentiel.

7°) Interposition d'une lame à faces parallèles

On ajoute donc 1 supplément de marche sur le chemin (2) de $(n-1)e$

donc $\delta' = \frac{ax}{D} + (n-1)e$.

L'ordre zéro qui se trouvait en $x=0$ se retrouve en x' :

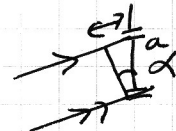
$0 \cdot \lambda = 0 = \frac{ax'}{D} + (n-1)e \Rightarrow x' = \frac{(1-n)eD}{a} (< 0)$
 $\stackrel{d}{=}$

translatée vers le bas ($x' < 0$)

8°) Il existe désormais une différence de marche avant les trous donc : $\delta'' = \frac{ax}{D} - a \sin \alpha$

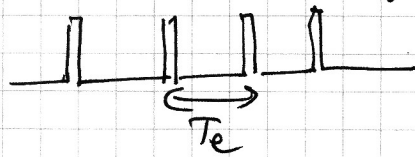
// interférence $i' = x_{k+1} - x_k$ non modifiée.

// ordre zéro décalé en $x'' = D \sin \alpha (> 0)$.



EXERCICE (5)

1°) * signal d'échantillonnage en peigne :

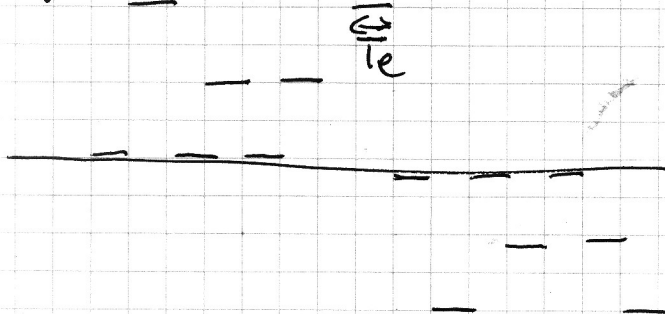


largeur très faible
des impulsions.
(rapport cyclique faible)

* signal analogique à échantillonner.



* signal échantillonné :



2°) Non sinon le signal échantillonné serait nul la plus grande partie du temps - Il s'agit ici d'un échantillonneur - bloqueur c-a-d que la valeur échantillonnée reste sensiblement constante sur la durée T_e .

$$3°) f_0 = \frac{1}{T_0} = \frac{1}{2 \cdot 10^{-3}} = 500 \text{ Hz}$$

$$f_e = \frac{1}{T_e} = \frac{1}{95/4} \cdot 10^3 = 8 \text{ kHz}$$

4°) la FFT fait apparaître 4 composantes sinusoïdales de même amplitude et de fréquences :

$$f_0 = 500 \text{ Hz} \quad 3f_0 = 1,5 \text{ kHz} \quad 5f_0 = 2,5 \text{ kHz} \quad 7f_0 = 3,5 \text{ kHz}$$

5°) Par définition de la fréquence de Nyquist :

$$f_N = \frac{f_e}{2} = 4 \text{ kHz}$$

Shannon vérifié puisque $f_{\max} = 7f_0 = 3,5 \text{ kHz} < f_N$

Donc aucun repliement visible entre 0 et f_N

6°) fonction $\left| \frac{\sin x}{x} \right|$ (valeur absolue de sinus cardinal)

Sa pseudo-périodicité aurait été consécutive à la durée des impulsions rectangulaires d'échantillonnage s'il ne s'agissait pas ici d'un échantillonneur-bloqueur. Elle est donc ici de périodicité $f_e = \frac{1}{T_e}$ (et non $\frac{1}{2T_e}$).

7°) On ne retrouvera pas le signal original $\tilde{m}$ en éliminant totalement les composants de fréquences supérieures à la fréquence de Nyquist $f_N = \frac{f_e}{2}$ car la modulation en sinus cardinal a diminué les amplitudes des harmoniques 3, 5, 7 relativement au fondamental. On doit donc nécessairement jouer sur la fréquence d'échantillonnage relativement à $f_{\max} = 7f_0 = 3,5 \text{ kHz}$. Et donc en choisir une nettement plus élevée. Le traitement numérique qui permet de simuler un filtre passe-bas presque "idéal" serait par exemple la convolution avec $\frac{1}{x}$ sinus cardinal dans l'espace des temps.
