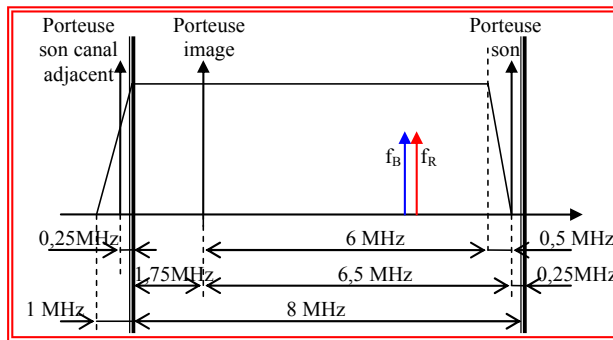


I. Généralités sur la télévision analogique

QI.1 Représenter le gabarit fréquentiel du signal support des informations image et son.



QI.2 Le multiplexe image et son est transmis en modulation BLR (Bande Latérale Résiduelle)

QI.2.1 Indiquer les raisons qui ont présidées à ce choix.

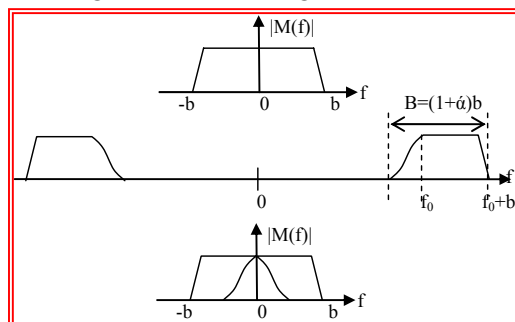
Le choix initial est une modulation d'amplitude, la BLU permet de réduire l'encombrement spectral. Le signal vidéo contient des informations en très basse fréquence rendant impossible la réalisation du filtrage lors de la démodulation.

QI.2.2 Préciser la constitution du spectre en BLR ainsi que la largeur théorique de la bande nécessaire.

L'une des deux bandes latérales présente en modulation d'amplitude double bande sans portuse est transmise intégralement alors qu'on ne conserve qu'un résidu de l'autre. La largeur de nécessaire à la transmission BLR vaut :

$$B = (1 + \alpha)b \quad \text{avec} \quad 0 < \alpha < 1$$

QI.2.3 Représenter les spectres du signal BLR et du signal démodulé relativement au message ci-contre.



QI.3 La transmission de l'image se fait en multiplexant les informations de luminance et de chrominance. Déterminer la matrice transformant ces grandeurs pour permettre un affichage sur l'écran.

$$\begin{cases} Y = 0,3R + 0,11B + 0,59V \\ C_B = -1,902(B - Y) \\ C_R = 1,505(R - Y) \end{cases} ; \begin{cases} R = Y - 0,526.C_R \\ B = 0,664.C_B + Y \\ V = 1,695Y - 0,508R - 0,186B \end{cases}$$

QI.4 Déterminer le nombre de lignes utiles et le nombre de pixels par ligne.

Le format géométrique de l'image étant de 4x3 actuellement, il suffit d'appliquer cette proportion pour obtenir le nombre de pixels le long d'une ligne soit : $\frac{580 \times 3}{4} = 780$ pixels/ligne

QI.5 En déduire la fréquence d'échantillonnage dans le cas d'un affichage numérique.

La période d'échantillonnage pixels s'obtient en considérant le temps utile ligne, soit de l'ordre de 50 ms. Il en résulte une période de $50/780 \approx 66$ ns soit une fréquence d'échantillonnage de 15 MHz.

II. Adressage d'un écran à matrice Passive

II.1 Forme d'onde des tensions

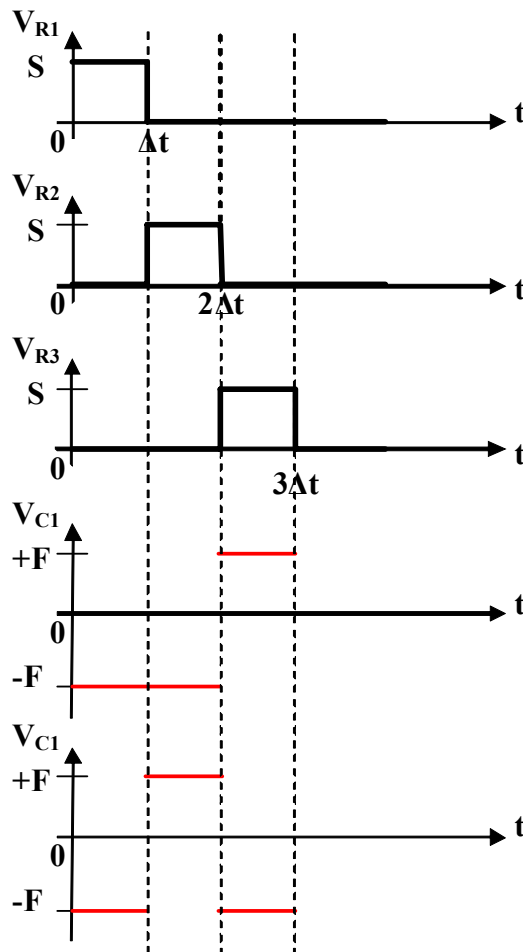
QII.1.1 Donner la valeur de la tension de seuil V_{thlcd} . Cette tension correspond arbitrairement au niveau de tension nécessaire pour avoir une transmission relative de 90%.

$$V_{thlcd} = 1,75V$$

QII.1.2 Donner les conditions sur la tension aux bornes d'un cristal liquide V_p pour obtenir :

- Un point lumineux : $V_p > V_{thlcd}$
- Un point noir: $V_p < V_{thlcd}$

QII.1.3 Tracer sur la feuille de réponse le chronogramme des tensions V_{c1} et V_{c2}



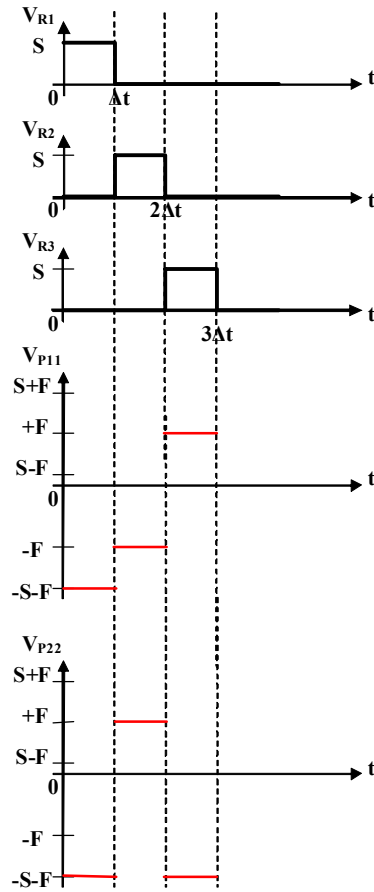
QII.1.4 Donner sur l'intervalle de temps $[0, 3\Delta t]$, les valeurs de la tension V_{p11} pour le pixel (ligne1/colonne1).

$$V_{p11} = V_c - V_r = -F - S \text{ sur } [0, \Delta t], -F \text{ sur } [\Delta t, 2\Delta t], +F \text{ sur } [2\Delta t, 3\Delta t]$$

QII.1.5 Donner sur l'intervalle de temps $[0, 3\Delta t]$, les valeurs de la tension V_{p22} pour le pixel (ligne2/colonne2).

$$V_{p22} = V_c - V_r = -F \text{ sur } [0, \Delta t], F - S \text{ sur } [\Delta t, 2\Delta t], -F \text{ sur } [2\Delta t, 3\Delta t]$$

QII.1.6 Tracer sur la feuille de réponse le Chronogramme des tensions V_{p11} et V_{p22} .



II.2 Optimisation du contraste

QII.2.1 Donner la valeur du temps de sélection de ligne Δt .

$$\Delta t = \frac{1}{n_l F_l} = 83 \mu s$$

QII.2.2 Déterminer la valeur efficace V_{on} de la tension d'un cristal liquide à l'état « 1 »

Voir ligne suivante

QII.2.3 Donner la valeur efficace V_{off} de la tension d'un cristal liquide à l'état « 0 »

$$V_{on} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T V_p^2(t) dt}$$

$$V_{on}^2 = F_i \left[\int_0^{\frac{1}{n_l F_i}} (S+F)^2 dt + \int_{\frac{1}{n_l F_i}}^{\frac{1}{n_l F_i}} F^2 dt \right]$$

$$F_i \left[(F+S)^2 \cdot \frac{1}{n_l F_i} + F^2 \left(\frac{1}{F_i} - \frac{1}{n_l F_i} \right) \right]$$

$$= \frac{1}{n_l} \left[(F+S)^2 + F^2 (n_l - 1) \right]$$

$$V_{off} = \sqrt{\frac{1}{T} \int_0^T V_p^2(t) dt}$$

$$V_{off}^2 = F_i \left[\int_0^{\frac{1}{n_l F_i}} (F-S)^2 dt + \int_{\frac{1}{n_l F_i}}^{\frac{1}{n_l F_i}} F^2 dt \right]$$

$$F_i \left[(F-S)^2 \cdot \frac{1}{n_l F_i} + F^2 \left(\frac{1}{F_i} - \frac{1}{n_l F_i} \right) \right]$$

$$= \frac{1}{n_l} \left[(F-S)^2 + F^2 (n_l - 1) \right]$$

QII.2.4 En déduire le rapport de contraste V_{on}/V_{off}

$$\frac{V_{on}}{V_{off}} = \sqrt{\frac{(F+S)^2 + F^2(n_l - 1)}{(F-S)^2 + F^2(n_l - 1)}}$$

QII.2.5 Donner la condition sur S/F permettant de maximiser le rapport de contraste et en déduire la valeur optimale de ce rapport.

En factorisant S/F dans l'expression précédente en étudiant ses variations on trouve un maximum pour :

$$\frac{S}{F} = \sqrt{n_l} \quad \text{soit si } n_l \text{ est grand devant } 1 \quad \frac{V_{on}}{V_{off}} \approx 1$$

QII.2.6 Donner l'expression puis la valeur numérique de F

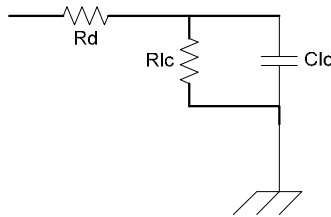
$$n_l \gg 1 \text{ d'où } V_{off} = \sqrt{2} \cdot F \text{ soit } F = 1,26V$$

QII.2.7 Donner l'expression puis la valeur numérique de S

$$\text{Comme } n_l = 240 ; S = 19,5V$$

II.3 Limitation des écrans à matrice passive

QII.3.1 Donner le schéma équivalent du circuit dans le cas d'un cristal liquide à l'état blanc « 0 » (laissant passer la lumière).



QII.3.2 Donner le temps de réponse d'un cristal liquide passant de l'état noir « 0 » à l'état blanc « 1 ». (on utilisera les données fournies en annexe).

Lecture sur la courbe $T_{10} = 10\mu s$ pour une source de 1Ω soit en négligeant la résistance // du LCD avec une résistance de charge de 100Ω

$$T_{10} = 1ms$$

QII.3.3 En comparant ce temps avec la réponse image en déduire le principal problème des écrans à matrice active. On supposera un pixel LCD de $50\mu m * 20\mu m$

- Le temps de commutation des LCD est infiniment plus rapide que le temps de ligne mais plus rapide que le temps image donc :
- Problème de traînage
- On ne peut charger correctement le LCD durant le temps de sélection de ligne
- Le LCD ne reste pas stable durant tout le temps image (il se décharge) l'image paraît grise

QII.3.4 En déduire, pour l'écran étudié, dans cette partie on répond à la contrainte sur la stabilité de l'image qui impose une variation de la tension au bord du cristal liquide inférieure à 5%

Écran QVGA soit 240 lignes donc le temps d'image est de 20ms

Le LCD est complètement déchargé on ne respecte pas le critère de 5%. L'œil fait une moyenne l'image est grise avec un faible contraste

QII.3.5 Proposer des solutions permettant d'améliorer le contraste des écrans LCD.

Plusieurs solutions sont possibles :

- Augmenter la vitesse de balayage (problème de la vitesse de commutation du LCD avec en série la résistance des drivers)
- Positionner devant le LCD un élément non linéaire qui bloque la charge en dehors du temps de sélection de ligne (diode ou transistor)

III Conception d'un Pixel LCD actif

III.1 Étude simplifiée d'un pixel LCD

QIII.1.1 Donner l'expression et la valeur de durée de ligne « T_g ».

$$T_g = \frac{T_t}{n_l} = \frac{1}{F_l \cdot n_l} \quad \text{Soit } T_g = 41,67 \mu s$$

QIII.1.2 En supposant que le chronogramme précédent correspond à la ligne $n=75$, donner l'expression et la valeur numérique de « T_{dn} »

$$T_{dn} = (n - 1) * T_g \quad \text{Soit } T_{dn} = 3,125 ms$$

QIII.1.3 Donner l'équation de la constante de temps de charge du pixel T_{on}

Lors de la charge du pixel le transistor TFT est passant, il se comporte comme une résistance R_{on} .

$$T_{on} = (C_{lc} + C_{st}) R_{on}$$

QIII.1.4 Donner l'expression et la valeur numérique d'un majorant de T_{on} permettant d'obtenir $V_n = 0,95 \cdot V_d$ en fin de charge du pixel

Le pixel correspond à un système du 1er ordre donc

$$T_{on} \leq \frac{T_g}{3} \quad \text{Soit } T_{on} \leq 13,89 \mu s$$

QIII.1.5 Donner l'équation de la constante de temps de maintien du pixel T_{off} (durée entre 2 charges du pixels).

Lors du maintien du pixel le transistor TFT est passant, il se comporte comme une résistance R_{off} .

$$T_{off} = (C_{lc} + C_{st}) R_{off}$$

QIII.1.6 Donner l'expression et la valeur numérique d'un minorant de T_{off} permettant d'obtenir une variation de 1% de V_n en fin de décharge du pixel.

Le pixel correspond à un système du 1er ordre donc

$$T_{off} \geq 10 \cdot T_t \quad \text{Soit } T_{off} \geq 200 ms$$

QIII.1.7 En supposant le courant off du transistor de l'ordre de $I_{off} = 1 pA$ donner une estimation du courant I_{on} du transistor nécessaire pour le bon fonctionnement du pixel

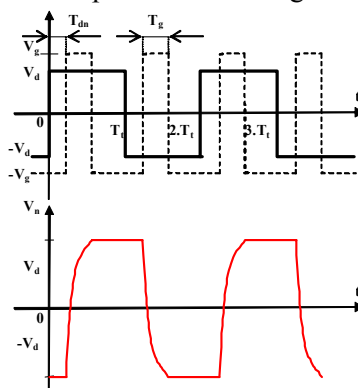
$$\text{Par principe on à } \frac{R_{off}}{R_{on}} = \frac{I_{on}}{I_{off}}$$

$$\text{Donc } I_{on} = \frac{R_{off}}{R_{on}} I_{off} \geq 300 \cdot \frac{T_t}{T_g} \cdot I_{off} \quad \text{soit } I_{on} \geq 300 \cdot n \cdot I_{off} \quad \text{Ce qui donne } I_{on} \geq 144 nA$$

QIII.1.8 En se basant sur les caractéristiques électriques du TFT fournies en annexe, donner en la justifiant une valeur possible de V_g

Suivant la réponse du TFT en annexe sachant que l'on souhaite faire fonctionner le transistor en mode saturé : $V_g = 5,75V$

QIII.1.9 Tracer la forme d'onde de V_n en complétant le chronogramme sur le document réponse.



III.2 Charge de la capacité d'un pixel LCD

QIII.2.1 Donner en fonction de V_n , la charge Q_n stockée au nœud N du pixel.

$$Q_n = C_{gs} \cdot (V_n - V_g) + C_{st} \cdot (V_n - V_{st}) + C_{lc} \cdot (V_n - V_{com})$$

QIII.2.2 Donner l'expression du courant de drain I_d en fonction de V_g , V_n et V_d

$$I_d = \mu_0 \cdot \frac{W}{L} \cdot C_i \cdot [(V_g - V_t - V_n)(V_d - V_n) - \frac{1}{2} \cdot (V_d - V_n)^2]$$

QIII.2.3 Sachant que V_{st} et V_{com} sont des paramètres constants en fonction du temps en déduire la dérivé du potentiel V_n : $\frac{dV_n}{dt}$

$$\frac{dV_n}{dt} = \frac{1}{2} \cdot \mu_0 \cdot \frac{W}{L} \cdot \frac{C_i}{C_{px}} [(V_g - V_t - V_n)^2 - (V_g - V_t - V_d)^2]$$

QIII.2.4 Montrer que cette expression peut s'écrire sous la forme :

$$\frac{dV_n}{dt} = \frac{1}{2} \cdot \mu_0 \cdot \frac{W}{L} \cdot \frac{C_i}{C_{px}} [(V_g - V_t - V_n)^2 - (V_g - V_t - V_d)^2]$$

Par regroupement des termes

III.3 Décalage de tension

QIII.3.1 en ce plaçant dans le cas d'une transition négative à positive de V_d , donner l'expression de ΔV_n en fonction de V_g et des capacités du pixel.

$$\Delta V_n = 2V_g \frac{C_{gs}}{C_{gs} + C_{lc} + C_{st}} = 2V_g \frac{C_{gs}}{C_{pix}}$$

QIII.3.2 En déduire en le justifiant le principal intérêt de la capacité de stockage C_{st} .

La capacité C_{st} limite l'importance de la variation de tension engendrée par la capacité C_{gs} (Elle limite en outre la décharge du LCD pendant la durée de non sélection de ligne)

QIII.3.3 Sachant que l'on suppose un cristal liquide ayant une taille de $100 \times 200 \mu\text{m}$, donner la valeur de la capacité permettant de limiter ΔV_n à 2volt.

$$C_{st} = 2V_g \frac{C_{gs}}{\Delta V_n} - C_{lc} - C_{st}$$

QIII.3.4 Justifier le choix de cette valeur de en fonction des caractéristiques du cristal liquide fournies en annexe.

En fonction des caractéristiques du LCD il faut comme vue dans la question QII.1.7 un courant $I_{ds} = 150 \text{ nA}$ soit $V_{gs} = 5,75 \text{ v}$

Ce qui impose $V_{ds} = 4-12 \text{ v}$ on prendra 8 v (autre valeur possible.) Donc sachant que

$$I_d = \mu_0 \frac{W}{L} C_i [(V_{gs} - V_{th})V_{DS} - \frac{1}{2} V_{DS}^2]$$

$$\text{Cela donne } \frac{W}{L} = \frac{I_d}{\mu_0 C_i [(V_{gs} - V_{th})V_{DS} - \frac{1}{2} V_{DS}^2]} \text{ soit } W/L = 150$$

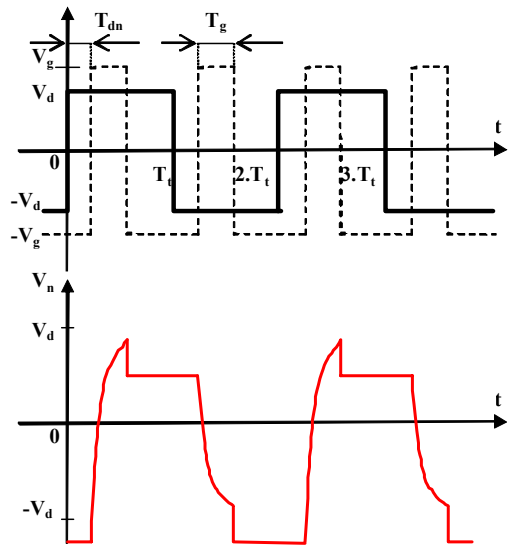
On prend technologiquement $L = 10 \mu\text{m}$ cela donne $W = 1500 \mu\text{m}$

*La capacité C_{gs} est du principalement au recouvrement entre la grille et la source de l'ordre $1 \mu\text{m}$ (lithographie) soit $C_{gs} = W * L * C_i = 1,5 \cdot 10^{-14} \text{ F}$*

En fonction des donner sur le LCD en considérant une capacité plan on obtient $C_{lc} = 3,5 \cdot 10^{-14} \text{ F}$

$$\text{Comme } C_{st} = 2V_g \frac{C_{gs}}{\Delta V_n} - C_{lc} - C_{st} \text{ on trouve : } C_{st} = 3,5 \cdot 10^{-13} \text{ F}$$

QIII.3.5 Tracer la forme d'onde de V_n , tenant compte de ΔV_n , en complétant le chronogramme sur le document réponse.



IV. Rétro éclairage

QIV Indiquer les différentes structures qui permettent d'assurer un transfert d'énergie entre la source DC et la charge (AC). On indiquera le nombre d'interrupteurs utilisés pour chaque structure (le transformateur peut comporter une ou deux bobines primaires et une bobine secondaire) et les contraintes que la structure impose au circuit magnétique.

	<i>Structure cellule</i>	<i>Nombre d'interrupteurs</i>	<i>Contrainte sur le circuit</i>
1	<i>Pont complet</i>	4	<i>Une bobine primaire</i>
2	<i>Demi-pont</i>	2	<i>Deux bobines primaires</i>
3	<i>Un convertisseur série</i>	1	<i>Une bobine primaire et une composante moyenne du flux non nulle</i>

IV.1 Étude avec une bobine primaire

QIV.1.1 Exprimer le flux Φ , le courant i_1 et la tension e_2 en fonction de t , L_1 , E , R , m .

$e_1 = -N_1 \frac{d\phi}{dt}$	$e_2 = -N_2 \frac{d\phi}{dt}$	$N_1 \cdot i_1 + N_2 \cdot i_2 = \mathfrak{R} \cdot \phi$	$e_1 + E = 0$	$e_2 = R \cdot i_2$
-------------------------------	-------------------------------	---	---------------	---------------------

QIV.1.2 Donner les équations du transformateur : K fermé

$\phi = \frac{E \cdot t}{N_1}$	$i_1 = \frac{E \cdot t}{L_1} + m^2 \frac{E}{R}$	$e_2 = -m \cdot E$
--------------------------------	---	--------------------

QIV.1.3 Que se passe-t-il lorsque l'interrupteur K s'ouvre à l'instant T_1 ?

À l'instant T_1 , Le courant i_1 est nul (circuit ouvert) et le flux ne peut pas subir de discontinuité $\phi_{T_1} = \frac{E \cdot T_1}{N_1}$. Dans ces

conditions le courant i_2 prend une valeur $i_2(T_1)$ (pas d'inductance de fuite)

QIV.1.4 Donner les équations du transformateur : K ouvert

$e_1 = -N_1 \frac{d\phi}{dt}$	$e_2 = -N_2 \frac{d\phi}{dt}$	$i_2(T_1) = \frac{\mathfrak{R} \cdot \phi_{T_1}}{N_2}$	$e_2 = R \cdot i_2$
-------------------------------	-------------------------------	--	---------------------

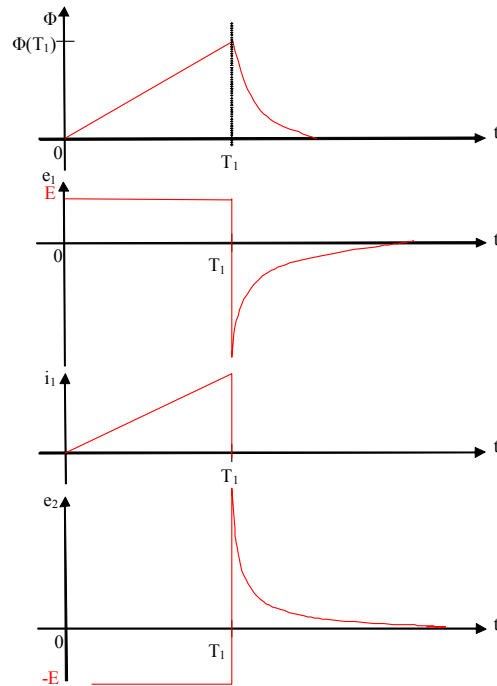
D'où :

$\phi = \phi_{T_1} \cdot e^{-\frac{(t-T_1)}{\tau_2}}$	avec $\tau_2 = \frac{L_2}{R}$	$e_2 = \frac{N_2}{\tau_2} \phi_{T_1} \cdot e^{-\frac{(t-T_1)}{\tau_2}}$
---	-------------------------------	---

QIV.2.5 Conclure quant à l'amorçage du tube.

Le transformateur est dit à flux « libre ». Les tensions dépendent uniquement de la charge si la charge se comporte comme un circuit ouvert, la tension tend vers l'infini ce qui provoque l'amorçage du tube (1000V).

QIV.1.6 Tracer sur le document réponse les grandeurs suivantes : Φ , e_1 , i_1 , e_2 .



IV.2. Étude de la structure en demi-pont

QIV.2.1 Exprimer le flux Φ , le courant i_1 et la tension e_3 en fonction de t , L , E , R , m .

$e_1 = -N \frac{d\phi}{dt}$	$e_3 = -N_3 \frac{d\phi}{dt}$	$N \cdot i_2 + N_3 \cdot i_3 = \Re \cdot \phi$	$e_2 + E = 0$	$e_3 = R \cdot i_3$
$e_2 = -N \frac{d\phi}{dt}$	$i_1 = 0$			

QIV.2.2 Donner les équations du transformateur : K2 fermé et K1 ouvert.

Conditions initiales $t=0$ $\phi = \phi_0$

$\phi = -\frac{E \cdot t}{N} + \phi_0$	$i_2 = \frac{E}{L} \cdot t + \frac{\Re \phi_0}{N} + m^2 \frac{E}{R}$	$e_3 = -m \cdot E$
--	--	--------------------

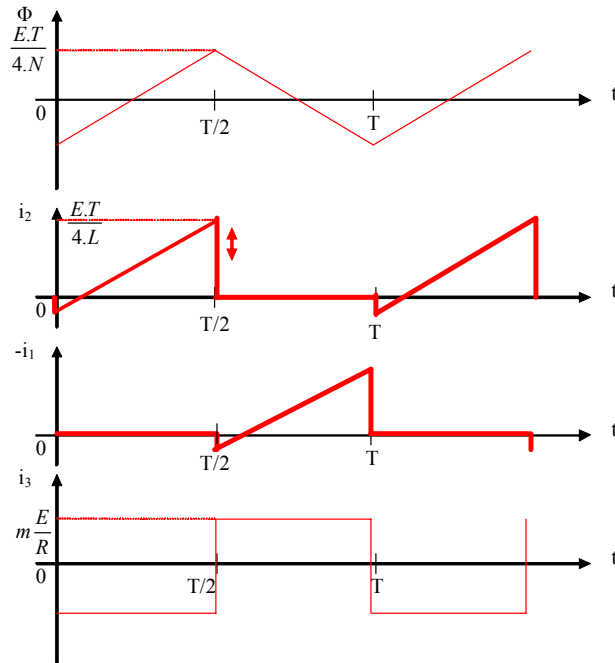
QIV.2.3 Donner les équations du transformateur : K1 fermé et K2 ouvert.

$e_1 = -N \frac{d\phi}{dt}$	$e_3 = -N_3 \frac{d\phi}{dt}$	$N \cdot i_1 + N_3 \cdot i_3 = \Re \cdot \phi$	$e_1 - E = 0$	$e_3 = R \cdot i_3$
$e_2 = -N \frac{d\phi}{dt}$	$i_2 = 0$			

Conditions initiales : $t = \frac{T}{2}$ et $\phi = \phi_2$ avec $\phi_2 = \frac{E \cdot T}{2 \cdot N} + \phi_0$

$\phi = -\frac{E \cdot (t - \frac{T}{2})}{N} + \phi_2$	$i_1 = -\frac{E}{L} \cdot (t - \frac{T}{2}) + \frac{\Re \phi_2}{N} - m^2 \frac{E}{R}$	$e_3 = m \cdot E$
--	---	-------------------

QIV.2.4 Tracer sur le document réponse les grandeurs suivantes : Φ , e_1 , i_1 , e_2 , i_3 .



QIV.2.5 Que se passe-t-il lorsque les deux interrupteurs sont ouverts (flux non nul)

Le fonctionnement inclus une durée δ durant laquelle les deux interrupteurs restent ouverts. Durant la durée δ le flux est libre, et la tension aux bornes du tube CCFL peut s'écrire :

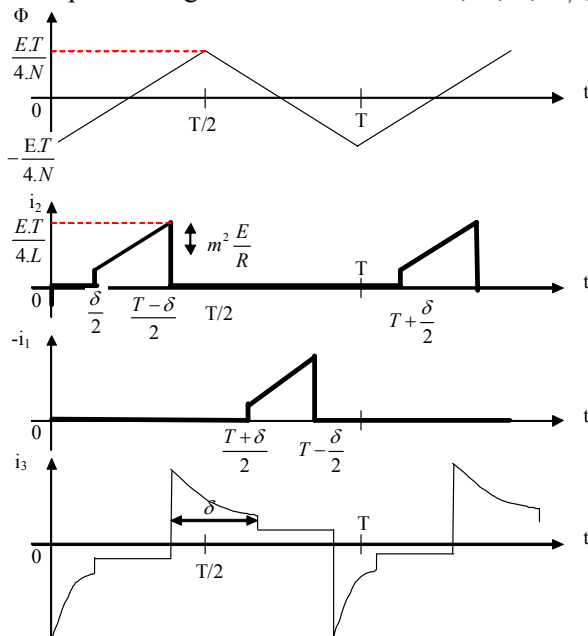
$$e_3 = R.m.\frac{E.T}{4.L}e^{-\frac{(t-T/2)}{\tau}} \text{ pour } \frac{T-\delta}{2} < t < \frac{T+\delta}{2} \text{ avec } \tau = \frac{L}{R}$$

QIV.2.6 Conclure quant à l'amorçage du tube.

La haute tension est obtenue durant les phases où les deux interrupteurs sont ouverts et le flux non nul (voir fonctionnement précédent).

Le réglage de la tension efficace aux bornes du tube CCFL, se fait par un contrôle de la durée de conduction des interrupteurs K1 et K2.

QIV.2.7 Tracer sur le document réponse les grandeurs suivantes : Φ , e_1 , i_1 , e_2 , i_3 .



QIV.2.8 En régime permanent (cycle périodique), à $t = T$ le flux $\Phi_T = \Phi_0$, quelle est la condition sur Φ_0 pour obtenir dans ce fonctionnement un flux avec une valeur moyenne nulle ?

$$\phi_0 + \phi_2 = 0 \text{ soit } \phi_0 = -\frac{E.T}{4.N}$$

QIV.2.9 Montrez que durant la durée δ le flux est libre, et la tension aux bornes du tube CCFL peut s'écrire :

$$e_3 = R.m.\frac{E.T}{4.L} e^{-\frac{(t-\frac{T}{2})}{\tau}} \text{ pour } \frac{T-\delta}{2} < t < \frac{T+\delta}{2} \text{ avec } \tau = \frac{L}{R}$$

QIV.2.10 Calculer la valeur efficace dans le cas où l'on considère que la surtension reste constante.

$$E_{3eff} = \left[\left(R.m.\frac{E.T}{4.L} \right)^2 .\delta + (m.E)^2 .\left(\frac{T}{2} - \delta \right) \right] .\frac{2}{T}$$

La grandeur de commande de la valeur efficace de la tension aux bornes du tube CCFL est la durée δ .

QIV.2.11 Expliquer le rôle des entrées 0VDn et LCMn sur le circuit représenté sur la figure « Convertisseur DC/AC » (page 5)

L'entrée LCMn est une entrée qui informe le circuit de commande (qui élabore la durée δ sur les interrupteurs MosFet) sur le courant qui alimente le tube CCFL.

L'entrée 0VDn est une information sur le courant qui alimente le tube CCFL. Ces deux informations sont indispensables pour assurer un éclairage constant face aux variations de la tension d'alimentation (de 5V à 24V) et dans le même temps garanti une utilisation du tube CCFL conforme aux caractéristiques nominales en limitant la tension maximale d'amorçage et le courant de fonctionnement.

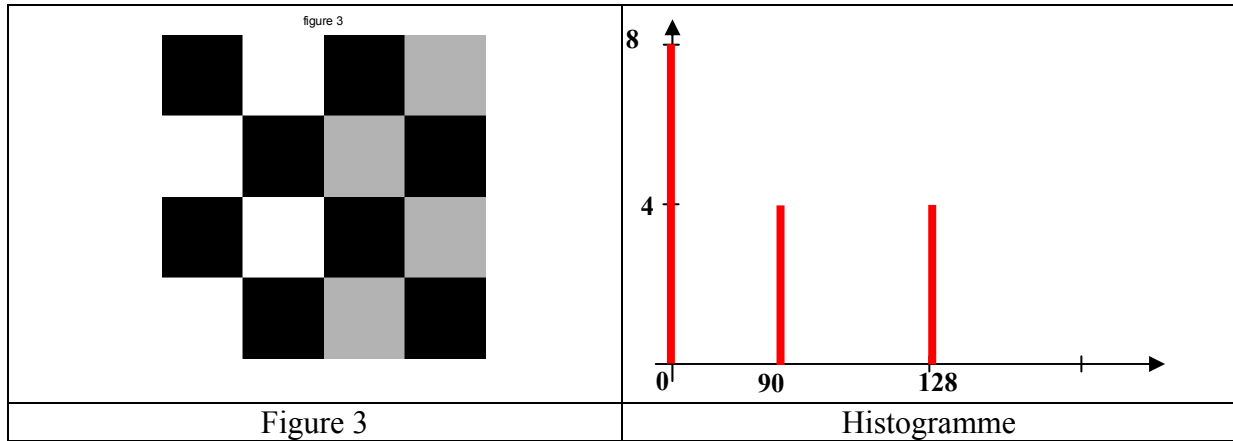
V. Traitement numérique du flux vidéo

V.1 Traitement de l'image

QV.1.1 L'image de la figure 3 est représentée par la matrice M_1 , notée $[M_1]$, calculer son histogramme.

On constate sur la figure 3 que seuls 3 niveaux de gris sont présents soit 0 (noir), gris niveau médian soit 90 et 128 (blanc). Occurrences du noir : 8 ; du gris : 4 ; du blanc : 4.

QV.1.2 Représenter cet histogramme sur le document réponse.



QV.1.3 Montrer que la transformée de Fourier du signal $x^*(t)$ notée $X^*(f)$ s'écrit :

$$X^*(f) = \sum_{n=-\infty}^{+\infty} x(nT) e^{-j2\pi f n T}$$

Le signal $x(t)$ est à énergie finie, il existe une transformée de Fourier $X(f) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) e^{j2\pi f t} dt$

Pour un signal échantillonné le signal $x^*(t)$ le signal $x(t)$ est multiplié par un train de Dirac $x^*(t) = x(t) \cdot \delta_T(t)$ avec $\delta_T(t) = \sum_n \delta(t - nT)$.

Soit $X^*(f) = \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \sum_n \delta(t - nT) e^{j2\pi f t} dt$ ou encore sous réserve de convergence

$$X^*(f) = \sum_n \int_{-\infty}^{\infty} x(t) \delta(t - nT) e^{j2\pi f t} dt$$

Compte tenu de la propriété concernant la distribution de Dirac : $\int_{-\infty}^{\infty} f(v) \delta(v - T) dv = f(T)$ et ainsi :

$$X^*(f) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x(n) e^{-j2\pi n T f}$$

QV.1.4 Montrer le caractère passe haut du filtre $H(z)$.

En régime harmonique: $H(z) = H(e^{j2\pi f T})$ soit $H(z) = (1 - 10 e^{-j2\pi f T}) + e^{-j2\pi f 2T}$

Pour $f \rightarrow 0$ $G = 20 * \log(8) = 18dB$

Pour $f \rightarrow \frac{1}{2T}$ $G = 20 * \log(12) = 21dB$

QV.1.5 On applique ce filtre au signal représenté sur la figure 3 de la documentation et décrit par la matrice $[M_1]$, calculer la matrice du signal filtré $[S]$,

0	0	0	150	-1785	-1275	-1275	-1785	510	0	0	358	-1253	-895	-895	-1253
0	0	0	765	-1275	-510	-510	-1275	765	0	0	537	-895	-358	-358	-895
0	0	0	765	-1275	-510	-510	-1275	765	0	0	537	-895	-358	-358	-895
510	765	765	1020	-1530	-1275	-1275	-1606	868	537	537	716	-1074	-895	-895	-1253

-1785 -1275 -1275 -1530	1020	765	765	868	-998 -895 -895 -1074	716	537	537	358
-1275 -510 -510 -1275	765	0	0	537	-895 -358 -358 -895	537	0	0	0
-1275 -510 -510 -1275	765	0	0	537	-895 -358 -358 -895	537	0	0	0
-1785 -1275 -1275 -1530	1020	765	765	868	-998 -895 -895 -1074	716	537	537	358
510	765	765	1020	-1530 -1275 -1275 -1606	868	537	537	716	-1074 -895 -895 -1253
0	0	0	765	-1275 -510 -510 -1275	765	0	0	537	-895 -358 -358 -895
0	0	0	765	-1275 -510 -510 -1275	765	0	0	537	-895 -358 -358 -895
510	765	765	1020	-1530 -1275 -1275 -1606	868	537	537	716	-1074 -895 -895 -1253
-1785 -1275 -1275 -1530	1020	765	765	868	-998 -895 -895 -1074	716	537	537	358
-1275 -510 -510 -1275	765	0	0	537	-895 -358 -358 -895	537	0	0	0
-1275 -510 -510 -1275	765	0	0	537	-895 -358 -358 -895	537	0	0	0
-1785 -1275 -1275 -1785	510	0	0	358	-1253 -895 -895 -1253	358	0	0	0

QV.1.6 Représenter l'image obtenue sur le document réponse.

Les valeurs <0 sont interprétées comme des valeurs nulles et les valeurs > 255 sont limitées à 255 (en caractères gras)

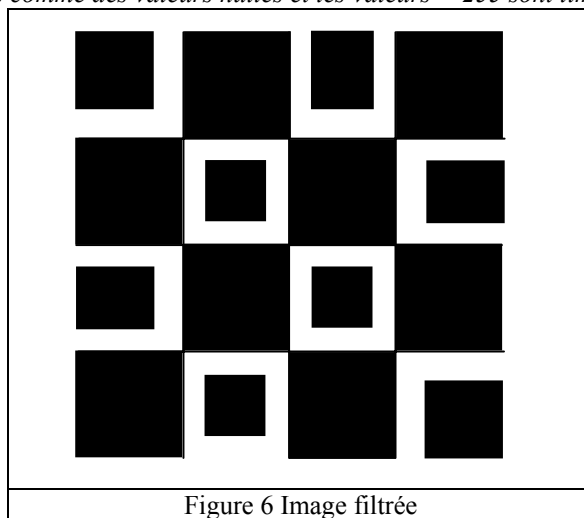
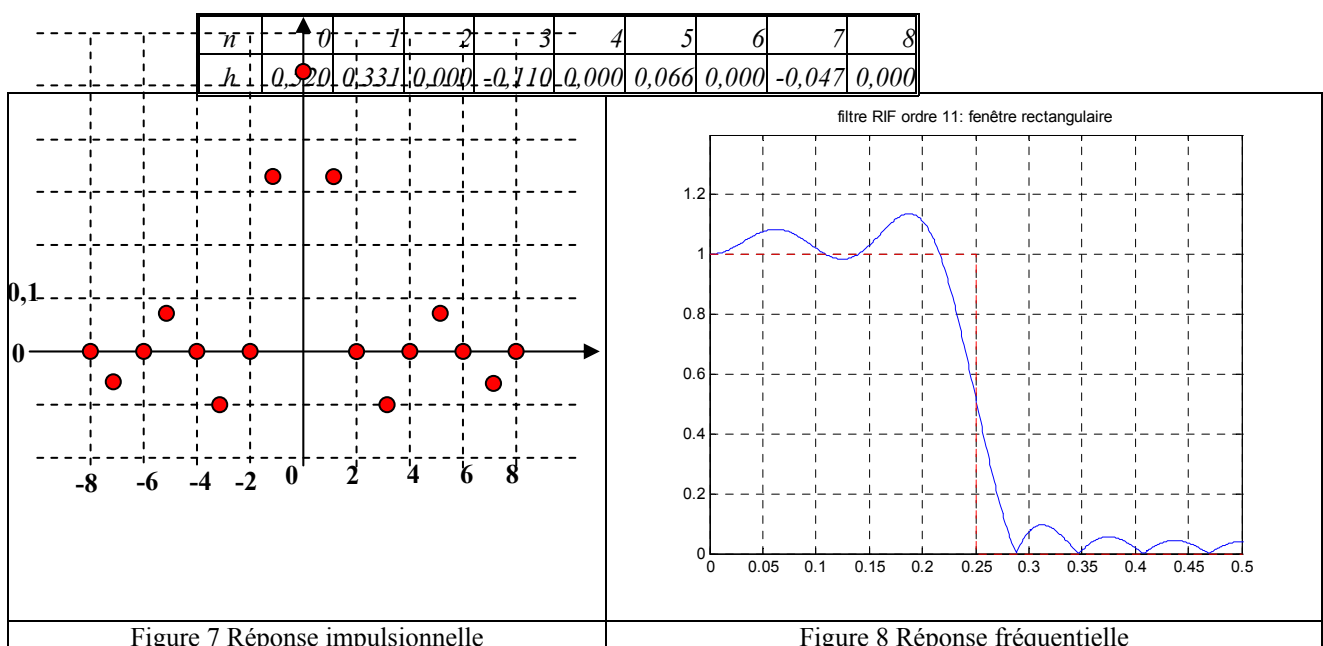


Figure 6 Image filtrée

QV.1.7 Calculer et représenter la réponse impulsionnelle sur le document réponse.

$$x(t) = \int_{-\infty}^{\infty} X(f) \cdot e^{j2\pi ft} \cdot df \text{ Soit } h(nT) = \frac{\sin(n\frac{\pi}{2})}{n\pi} \text{ pour } -8 < n < 8 \text{ et } h(0) = \frac{1}{2}$$



QV.1.8 Calculer et représenter la réponse fréquentielle sur le document réponse.

$$X^*(f) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} h(n).e^{-j2\pi nTf} \text{ pour } -8 < n < 8 \text{ en utilisant la symétrie de la réponse impulsionnelle}$$

$$X^*(f) = \left[h(0) + \sum_{n=1}^8 2.h(n) \cos(2\pi fnT) \right]$$

QV.1.9 Calculer et représenter la réponse impulsionnelle sur le document réponse.

0	1	2	3	4	5	6	7	8
1,000	0,965	0,865	0,716	0,540	0,364	0,215	0,115	0,080

Valeurs de la fenêtre de Hamming

Voir document réponse

QV.1.10 Calculer et représenter la réponse fréquentielle sur le document réponse.

n	0	1	2	3	4	5	6	7	8
ham	0,501	0,308	0,000	-0,076	0,000	0,023	0,000	-0,005	0,000

Réponse impulsionnelle avec la fenêtre de Hamming

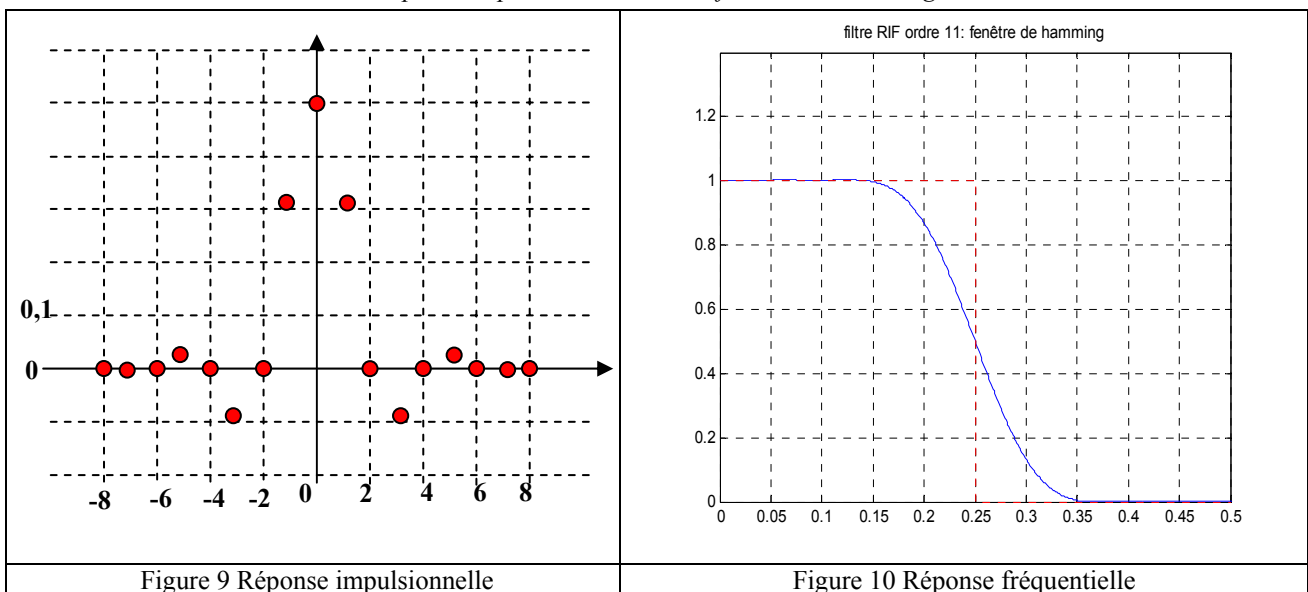


Figure 9 Réponse impulsionnelle

Figure 10 Réponse fréquentielle

QV.1.11 La réponse impulsionnelle en dimension 2 est représentée à la figure 11, L'effet de ce filtre est représenté sur la figure 12, interpréter et commenter ces résultats.

La réponse impulsionnelle présente des « rebondissements » donc sur les transitions nettes (passage noir / blanc) il existe des valeurs transitoires qui sont traduites par des dégradés de gris qui sont interprétés par l'œil comme des « échos ».

Élimination des parasites

QV.1.12 Calculer la valeur du point aberrant $M_2(10,14)$.

$$M_2(10,14) = 90$$

Changement de format

QV.1.13 Montrer que le spectre du signal de base est répliqué M fois.

Soit $Y(f)$ la transformée de Fourier du signal de base $y(t)$ (avant l'introduction de $M-1$ zéros supplémentaires entre deux instant d'échantillonnage) :

$$X(f) = \sum_k y(k).e^{-j2\pi f.K.T_e}$$

Dans le cas présent ($M-1$) zéros sont introduits entre deux instants d'échantillonnage, soit $y_M(t)$ le signal temporel modifié. Calculons sa transformée de Fourier $X_M(f)$. Dans ce calcul nous prendrons $y_M(n.T_e) = 0$ sauf lorsque $n=M.k$ alors $y_M(M.k.T_e) = y(k.T_e)$:

Soit : $X_M(f_M) = \sum_n y_M(n.T_e).e^{-j2\pi f_n.T_e}$ ou encore $X_M(f_M) = \sum_k y(k.T_e).e^{-j2\pi f_M.k.T_e}$ nous retrouvons la

transformée $X_M(f_M)$ mais avec une multiplicité en fréquence

QV.1.14 Calculer et représenter la réponse impulsionnelle du filtre non causal.

Le gabarit en fréquence est échantillonné donc la transformée de Fourier inverse produit une réponse impulsionnelle périodique :

Soit: $Nb_Ech=17$ $K = \frac{Nb_Ech-1}{2}$ $\Delta F = \frac{1}{2K}$; $K_1 = \frac{K}{M}$

$$h(n.T_e) = \left[\frac{1 + \sum_{p=-K_1}^{K_1} 2 \cdot \cos(2\pi p \Delta F n T_e)}{17} \right]$$

0	1	2	3	4	5	6	7	8
0,294	0,251	0,142	0,021	-0,059	-0,069	-0,024	0,033	0,059

Réponse impulsionnelle

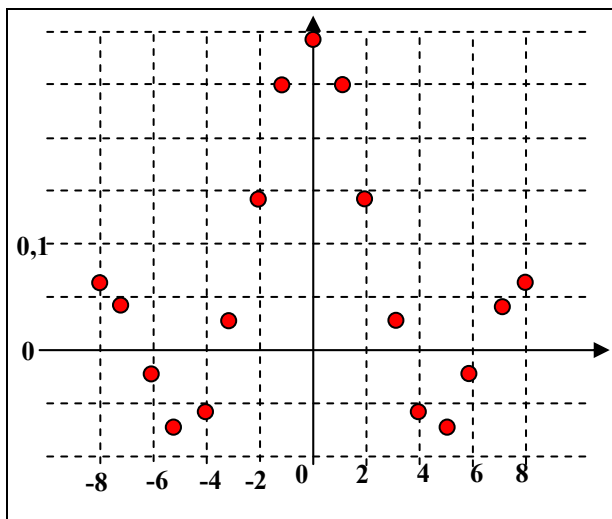


Figure 13 Réponse impulsionnelle

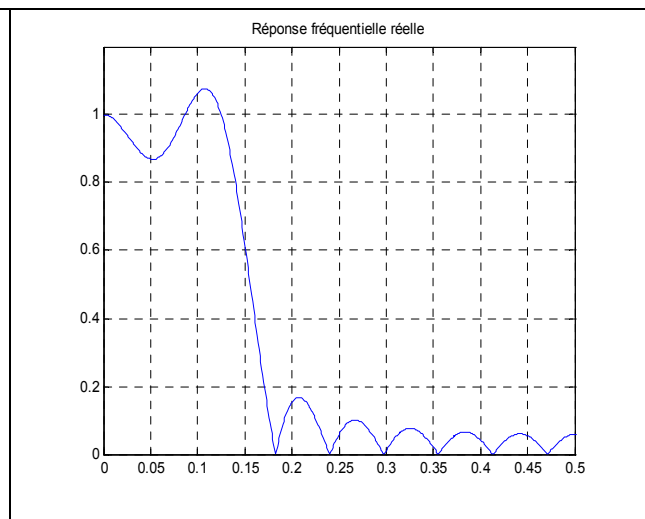


Figure 14 Réponse fréquentielle

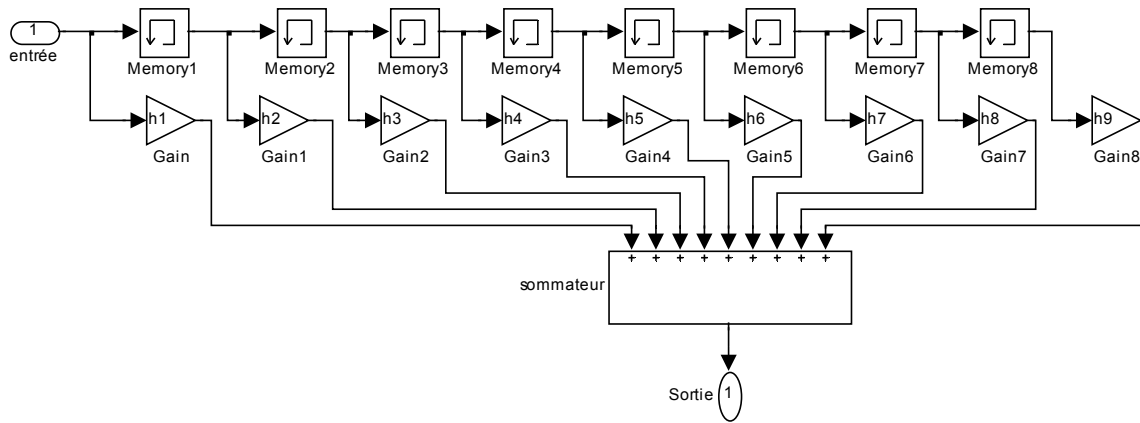
QV.1.15 Calculer le temps de propagation de groupe afin de rendre ce filtre causal.

La réponse causale nécessite une réponse impulsionnelle définie pour un temps $n.T_e > 0$, il existe une avance de $8.T_e$, un décalage de $8.T_e$ est par conséquent nécessaire pour rendre le filtre causale.

QV.1.16 Calculer et représenter la réponse fréquentielle réelle.

$$X^*(f) = \left[h(0) + \sum_{n=1}^8 2.h(n) \cos(2\pi f n T) \right]$$

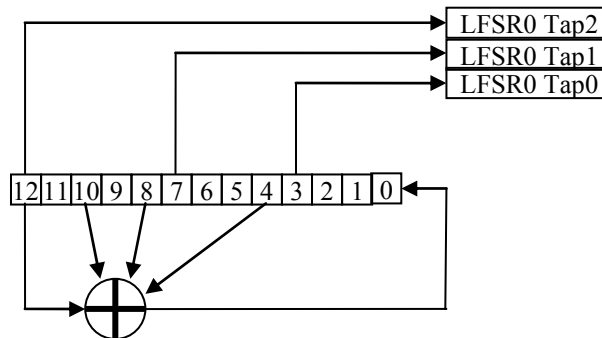
QV.1.17 A l'aide de fonctions « mémoire » (retard), de fonctions « sommateur » et de fonctions « gain » proposer l'architecture de ce filtre.



V.2 Cryptage

QV.2.1 Proposer la structure (registre à décalage et XOR) associée au polynôme générateur LFSR0. Le registre à décalage sera codé de l'étage 12 à l'étage 0 ; la rétroaction se faisant sur l'étage 0 ;

$$x^{13} + x^{11} + x^9 + x^5 + 1$$



QV.2.2 Indiquer l'état initial des registres à décalage.

H	b12	b11	b10	b9	b8	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
int	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0

QV.2.3 Compléter le document réponse.

H	b12	b11	b10	b9	b8	b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0
int	1	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0
↑	0	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0
↑	0	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1
↑	0	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0
↑	0	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1
↑	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	1
↑	1	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0
↑	0	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0
↑	1	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0
↑	1	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0
↑	0	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0
↑	0	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1
↑	1	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	1	1

QV.2.4 Donner l'équation de la sortie D_{out} du brouilleur (Shuffle).

$$Dout_n = S_n \cdot QB_n + \overline{S_n} \cdot QA_n$$

$$QA_n = DA_{n-1}; QB_n = DB_{n-1}$$

$$DA_n = S_n \cdot Din_n + \overline{S_n} \cdot QB_n$$

$$DB_n = S_n \cdot QA_n + \overline{S_n} \cdot Din_n$$

$$Dout_n = S_n \cdot DB_{n-1} + \overline{S_n} \cdot DA_{n-1}$$

$$Dout_n = S_n \cdot (S_{n-1} \cdot QA_{n-1} + \overline{S_{n-1}} \cdot Din_{n-1}) + \overline{S_n} \cdot (S_{n-1} \cdot Din_{n-1} + \overline{S_{n-1}} \cdot QB_{n-1})$$

QV.2.5 Compléter le document réponse.

On supposera que $LFSR_{1,2,3} Tap_{0,1,2} = 0$

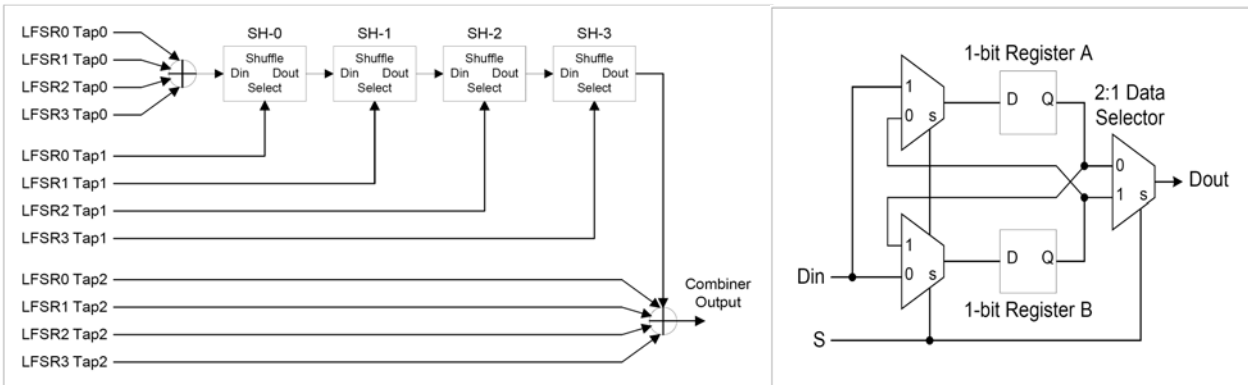
On appellera DA, DB l'entrée des registres A et B ; et QA, QB leurs sorties

H	LFSR0 TAP1	LFSR0 TAP0	DA	QA	DB	QB	DOUT	LFSR0 TAP2	Combiner Output
Int	0	0	1	0	0	1	0	1	1
↑	0	0	0	1	0	0	1	0	1
↑	1	1	1	0	0	0	0	0	0
↑	0	0	0	1	0	0	1	0	1
↑	0	0	0	0	0	0	0	0	0
↑	1	1						1	
↑	1	1						1	
↑	0	0						0	
↑	1	1						1	
↑	0	0						1	
↑	0	0						0	
↑	0	0						0	
↑	0	0						1	

QV.2.5 Décrire les structures suivantes :

- LFSR0 ;
- Shuffle ;
- Module LSFR

à l'aide d'un langage de haut niveau (C, VHDL)



Module LSFR

Shuffle

LFSR0 est initialisé avec les bits 0 à 11 du premier paquet de 56 bits et le complément du bit 12.

L'ensemble doit comporter un séquenceur fonctionnant sur une horloge principale **Hmaster**. Il délivrera l'impulsion (**INIT_LSFRx**) d'initialisation des LFSRx.

Description de LFSR0

Entrées : **Hmaster** et **INIT_LSFRx**

Lorsque l'événement **INIT_LSFRx** est détecté, le vecteur **DECAL** est initialisé

Au front montant de **Hmaster** le processus est lancé.

```

Entity LSFRO is
Port ( Hmaster :      in std_logic ;
      INTIT_LSFrx :  in std_logic ;
      PAQUET: in std_logic_vector (12 down to 0); -- on se limite à LSFRO
      DECAL:      buffer std_logic_vector (12 down to 0);
      LSFRO_Tap0:  out std_logic;
      LSFRO_Tap1:  out std_logic;
      LSFRO_Tap2:  out std_logic;)
End LSFRO;

```

Architecture COMPORTE of LSFRO is

Process (Hmaster'event)

Begin

```

If (Hmaster'event and INTIT_LSFrx = '1' then DECAL<= PAQUET;
                                DECAL(12) <= not (PAQUET(12));
                                DECAL(11) <= PAQUET (11);
                                DECAL(10) <= PAQUET (10);
                                DECAL(9) <= PAQUET (9);
                                DECAL(8) <= PAQUET (8);
                                DECAL(7) <= PAQUET (7);
                                DECAL(6) <= PAQUET (6);
                                DECAL(5) <= PAQUET (5);
                                DECAL(4) <= PAQUET (4);
                                DECAL(3) <= PAQUET (3);
                                DECAL(2) <= PAQUET (2);
                                DECAL(1) <= PAQUET (1);
                                DECAL(0) <= PAQUET (0);
                                LSFRO_Tap0 <= DECAL(3);
                                LSFRO_Tap1 <= DECAL(7);
                                LSFRO_Tap2 <= DECAL(12);

```

Elself (Hmaster'event and INTIT_LSFrx = '0' then

```

DECAL(12) <= DECAL(11);
DECAL(11) <= DECAL(10);
DECAL(10) <= DECAL(9);
DECAL(9) <= DECAL(8);
DECAL(8) <= DECAL(7);
DECAL(7) <= DECAL(6);
DECAL(6) <= DECAL(5);
DECAL(5) <= DECAL(4);
DECAL(4) <= DECAL(3);
DECAL(3) <= DECAL(2);
DECAL(2) <= DECAL(1);
DECAL(1) <= DECAL(0);
DECAL(0) <= DECAL(4)+DECAL(8)+DECAL(10)+DECAL(12);

```

endif;

end process;

end COMPORTE;

Description du Shuffle

Entity MUX2-1 is

Port (E0, E1, sel : in bit ;

Out : out bit) ;

End MUX2-1

Architecture COMP of MUX2-1 is

Begin

If sel=0 then Out<=E0 else Out=E1;

endif;

end COMP;

entity REG is;

port (D : in std_logic ;

Hmaster : in std_logic ;

Q: out std_logic);

```

End REG;
Architecture COMP of REG is
Begin
Process (Hmaster'event)
  If (Hmaster'event) then Q<=D;
  End if;
End process
End COMP

```

```

entity SHUFFLE is
port ( Din :          in std_logic ;
      Hmaster :       in std_logic ;
      Dout:          out std_logic);
End SHUFFLE;

```

```

Architecture STRUCTURE of SHUFFLE is
Component MUX2-1
Port (E0, E1, sel : in bit ; Out : out bit) ;
End component;

```

```

Component REG
port ( D ; Hmaster : in std_logic ; Q:out std_logic);
End component;

```

Signal DA, DB, QA, QB : std_logic ;

```

Begin
Instance1: MUX2-1 (Din, QA, Sel, DB);
Instance2: MUX2-1 (QB, Din, Sel, DA);
Instance3: REG(DA, Hmaster, QA);
Instance4: REG(DB, Hmaster, QB);
Instance1: MUX2-1 (QA, QB, Sel, Dout);
End STRUCTURE,

```

Description du module LFSR

```

entity MODULE_LFSR is
port ( LFSR0_TAP0 :          in std_logic ;
      LFSR1_TAP0 :          in std_logic ;
      LFSR2_TAP0 :          in std_logic ;
      LFSR3_TAP0 :          in std_logic ;
      LFSR0_TAP1 :          in std_logic ;
      LFSR1_TAP1 :          in std_logic ;
      LFSR2_TAP1 :          in std_logic ;
      LFSR3_TAP1 :          in std_logic ;
      LFSR0_TAP2 :          in std_logic ;
      LFSR1_TAP2 :          in std_logic ;
      LFSR2_TAP 2:          in std_logic ;
      LFSR3_TAP2 :          in std_logic ;
      COMB_OUT:           out std_logic);
End MODULE_LFSR;

```

```

Architecture STRUCTURE of MODULE_LFSR is
Component SHUFFLE
Port (Din, S : in bit ; Dout : out bit) ;
End component;

```

```

Signal Dout1, Dout2, Dout3,Dout4: std_logic ;
Signal Din1 : std_logic ;
Begin
Din <= LFSR0_TAP0 XOR LFSR1_TAP0 XOR LFSR2_TAP0 XOR LFSR3_TAP0;
Instance1: SHUFFLE (Din1, LFSR0_TAP1, Dout1);
Instance2: SHUFFLE (Dout1, LFSR1_TAP1, Dout2);

```

```
Instance3: SHUFFLE (Dout2, LSFR2_TAP1, Dout3);  
Instance4: SHUFFLE (Dout3, LSFR3_TAP1, Dout4);  
COMB_OUT <= LSFR0_TAP2 XOR LSFR1_TAP2 XOR LSFR2_TAP2 XOR LSFR3_TAP2 XOR Dout4;  
End STRUCTURE,
```

On peut reprendre la même organisation en langage C en tenant compte des temps d'exécution des différentes procédures et de prendre comme période de l'horloge maître la durée la plus grande.