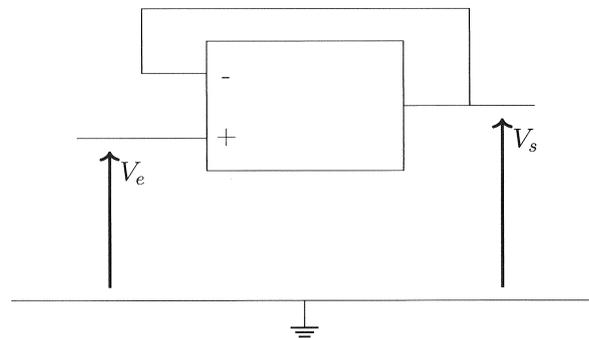


## DS 1 : Electronique analogique

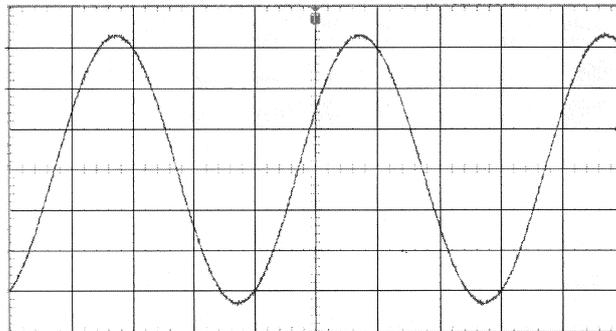
### A. GENERALITES SUR LES ALI (15%)

Dans cette partie, on considère un ALI alimenté en  $+15/-15$  Volts par une alimentation à point milieu. On admettra que les tensions de saturation haute et basse sont  $+/-15$  Volts.

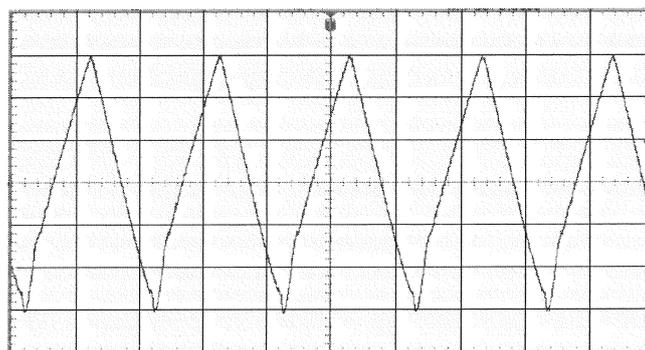
1. Représenter la tension de sortie en fonction de la tension différentielle d'entrée, en indiquant clairement les ordres de grandeur considérés (on indiquera la partie correspondant au régime linéaire et celle correspondant au régime saturé).
2. On s'intéresse au montage représenté ci-dessous. Montrer que  $V_s = V_e$ . Comment s'appelle ce montage? Quel est son intérêt? (on considérera le gain de l'ALI comme infini)



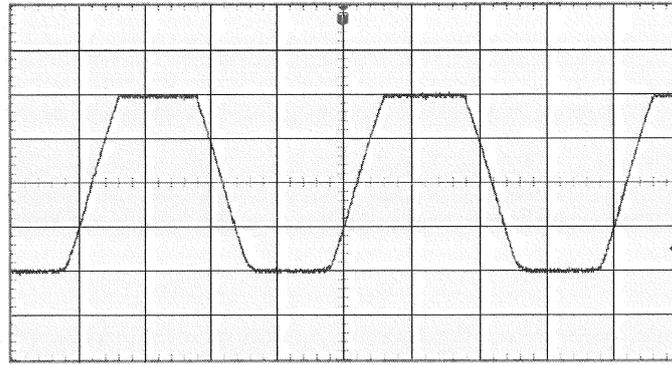
3. On alimente ce montage avec en entrée la tension dont l'oscillogramme est donné ci-dessous. Les réglages sont  $2V/div$  et  $100\mu s/div$ , quelles sont les caractéristiques de cette tension? Peut-on raisonnablement penser observer la même chose en sortie?



4. Toutes choses égales par ailleurs, on augmente la fréquence et on observe en sortie la tension ci-dessous. Les réglages sont  $2V/div$  et  $1\mu s/div$ . Quelle caractéristique de l'ALI est ainsi mise en évidence? Evaluer sa valeur numérique.



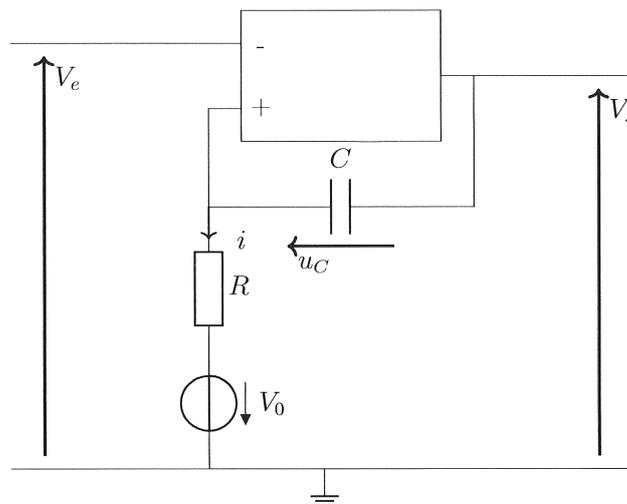
5. On revient à la fréquence de la question 3, et on ajoute une résistance de charge  $R_0 = 50\Omega$  entre la sortie et la masse. Les réglages sont  $2V/div$  et  $100\mu s/div$ . Quelle caractéristique de l'ALI est ainsi mise en évidence? Evaluer sa valeur numérique.



6. Donner le schéma d'un montage amplificateur non inverseur utilisant un ALI et 2 résistances. Etablir l'expression du gain de ce montage.
7. Proposer des valeurs pour les résistances pour avoir des gains de 10, 100 et 1000. Jusqu'à quelle valeur de gain peut-on aller avec un tel montage avec une tension d'entrée continue? Avec une tension d'entrée sinusoïdale de fréquence  $10kHz$ ? (de simples ordres de grandeur sont attendus)
8. On alimente ce montage, en prenant un gain de 10, avec la tension d'entrée de la question 3. Dessiner l'allure de la tension attendue en sortie.

### B. COMPTEUR D'IMPULSIONS (25%)

Le montage ci-dessous permet de réaliser un compteur d'impulsions analogique. L'ALI est alimenté en  $+V_{cc} / -V_{cc}$  avec  $V_{cc} = 7$  Volts par une alimentation à point milieu. Dans toute cette partie, il fonctionne en régime saturé et les tensions de saturation  $+V_{sat}$  et  $-V_{sat}$  sont considérées comme égales aux tensions d'alimentation  $+V_{cc}$  et  $-V_{cc}$ . On considérera que le temps de réponse de l'ALI est négligeable (on bascule de  $+/-V_{sat}$  à son opposé de manière instantanée). On prend pour ce montage  $R = 10k\Omega$ ,  $C = 650nF$  et  $V_0 = 1V$ .



9. Quelle est la valeur de  $i$  en régime stationnaire? De  $V_+$ ? Justifier le fait que  $V_s = -V_{sat}$  en régime stationnaire si  $V_e = 0$ . Quelle est alors la valeur de  $u_C$ ?
10. A  $t = 0$ , on envoie en entrée une impulsion très brève de durée  $\Delta t$ :  $V_e$  passe *instantanément* de 0 à  $-5$  volts puis, un temps  $\Delta t$  plus tard, repasse à 0 (toujours *instantanément*). Représenter cette impulsion.

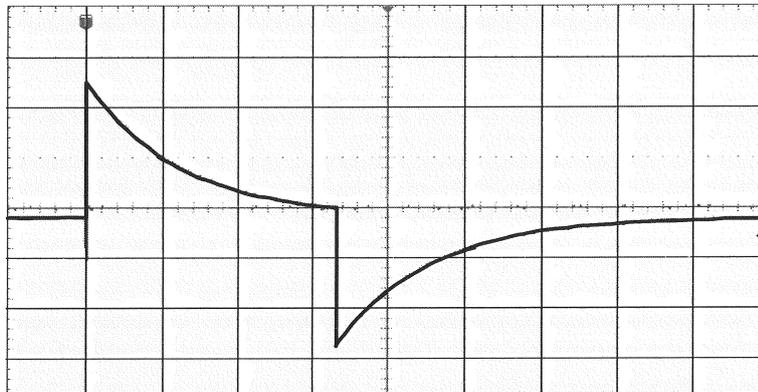
- 11.** Que signifie *très brève* pour  $\Delta t$ ? (Avec quelle grandeur caractéristique du circuit faut-il comparer). En déduire une condition sur  $\Delta t$ . Expliquer pourquoi la valeur de  $u_C$  ne varie quasiment pas entre  $t = 0$  et  $t = \Delta t$ .
- 12.** Expliquer pourquoi le passage de  $V_e$  de 0 à  $-5$  volts à  $t = 0$  fait basculer la sortie à  $+V_{sat}$ , et pourquoi le retour à 0 à  $t = \Delta t$  ne provoque pas un autre basculement.
- 13.** Montrer que, suite au basculement (on prend  $t = 0$  au moment du basculement),  $u_C$  évolue de la manière suivante :

$$u_C = 2V_{sat} e^{(-t/\tau)} - (V_{sat} + V_0)$$

Donner l'expression de  $\tau$  ainsi que son sens physique.

- 14.** A quel instant  $t_1$  la sortie va-t-elle repasser en saturation basse? Donner l'expression en fonction de  $R$ ,  $C$ ,  $V_{sat}$  et  $V_0$  et faire l'application numérique. On donne  $\ln(14) \simeq 2,6$ .

On donne ci-dessous un enregistrement de la tension  $V_+$  suite à une impulsion. L'instant  $t = 0$  est décalé à une division après la gauche de l'écran. Les réglages sont  $5V/div$  et  $5ms/div$ .



- 15.** Expliquer les deux phases observées dans l'évolution de cette tension (expliquer en particulier la valeur minimale prise par  $V_+$ ).
- 16.** Sur la même échelle de temps que l'enregistrement précédent, représenter l'évolution des tensions  $u_C$  et  $V_s$ .

Le montage reçoit en entrée des impulsions périodiques, toujours de largeur  $\Delta t$  et avec une période  $T$ , dans le but de pouvoir mesurer la fréquence  $f$  de ces impulsions.

- 17.** Quelle condition doit respecter  $T$  vis-à-vis des caractéristiques du montage?
- 18.** Représenter sur un même graphe, sans échelle mais en respectant les conditions des questions 11 et 17, les tensions  $V_e$  et  $V_s$  (sur au moins une période  $T$  et au plus deux). Indiquer clairement les trois temps caractéristiques.
- 19.** Donner l'expression de la valeur moyenne  $\langle V_s \rangle$  de  $V_s$  en fonction de  $V_{sat}$ ,  $f$  et  $t_1$ .
- 20.** Quel type de filtre pourrait-on utiliser en aval du montage précédent pour obtenir  $\langle V_s \rangle$ ? Préciser comment il doit être branché (faire un schéma) et proposer des valeurs pour ses composants si  $f = 10$  Hz.
- 21.** On souhaite obtenir avec un voltmètre une tension directement proportionnelle à  $f$ . Expliquer comment compléter le montage en aval du filtre pour obtenir ce résultat.

## C. COMPAREUR À HYSTÉRÉSIS, FILTRAGE ET AMPLIFICATION

Les systèmes étudiés dans cette partie utilisent des amplificateurs linéaires intégrés. Il est important de se rappeler des principales propriétés de ces circuits.

**Q28.** Quelles sont les principales caractéristiques d'un amplificateur linéaire intégré, en le supposant tout d'abord idéal, puis en considérant un amplificateur réel de type standard.

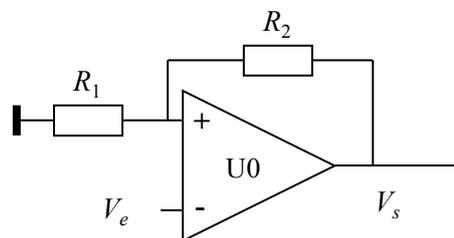
**Q29.** Donner des ordres de grandeurs pour les caractéristiques d'un amplificateur réel standard.

### C.I. Oscillateur de relaxation

Cet oscillateur est construit autour d'un amplificateur linéaire intégré idéal, noté U0, alimenté sous les tensions  $\pm 15\text{ V}$ . On considère que la tension de saturation est  $V_{sat} = 14\text{ V}$ .

#### C.I.1. Comparateur à hystérésis

Dans un premier temps on considère le circuit suivant la Figure F5. On choisit des résistances parmi la série E12 à 10% de précision  $R_1 = 1,8\text{ k}\Omega$  et  $R_2 = 2,2\text{ k}\Omega$ .



**Figure F5.** Comparateur à hystérésis

**Q30.** Que peut-on dire du fonctionnement du circuit U0 ?

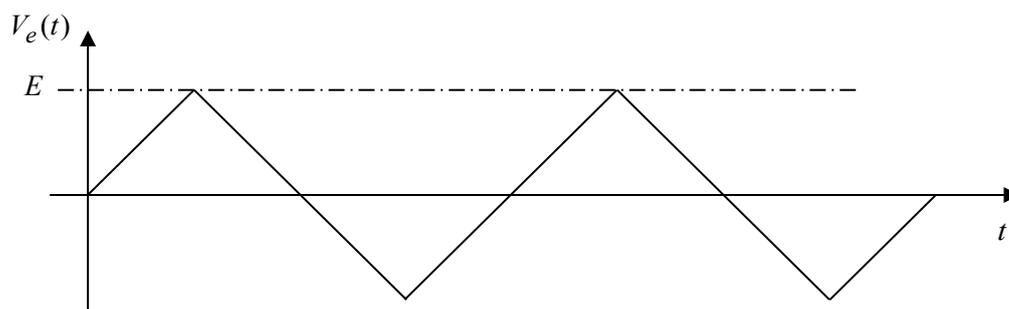
**Q31.** Exprimer la tension au niveau de l'entrée (+), notée  $V^{(+)}$ , en fonction des éléments du schéma et de la tension  $V_s$ .

**Q32.** La tension  $V_e$  croît de  $-15\text{ V}$  à  $+15\text{ V}$ . Montrer qu'il existe une tension de basculement. Tracer la courbe donnant  $V_s$  en fonction de  $V_e$ ; préciser quelques valeurs numériques permettant un tracé relativement satisfaisant de cette courbe.

**Q33.** Même question si maintenant la tension  $V_e$  décroît de  $+15\text{ V}$  à  $-15\text{ V}$ . Tracer la courbe donnant  $V_s$  en fonction de  $V_e$ . sur le même graphe qu'à la question précédente, mais avec une couleur différente.

**Q34.** Pourquoi appelle-t-on ce circuit un comparateur à hystérésis ?

Pour tester le comparateur à hystérésis on impose à présent, à l'aide d'un générateur de fonctions, une tension  $V_e(t)$ , triangulaire, symétrique, de période  $T$  et d'amplitude  $E = 15\text{ V}$  (voir Figure F6).



**Figure F6.** Signal de test appliqué au comparateur.

**Q35.** Reproduire cette courbe sur la copie et y superposer le tracé de la courbe donnant  $V_s(t)$  en fonction du temps, à la même échelle.

### C.II.1. Étude du filtre

Sur la Figure F9 on donne le schéma d'un filtre. On note  $\underline{H}_F(\omega)$  sa fonction de transfert.

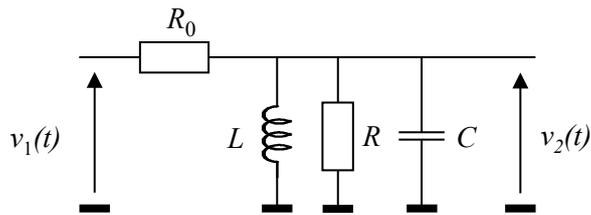


Figure F9. Schéma du filtre.

Q45. Déterminer l'expression de  $\underline{H}_F(\omega)$  et la mettre sous la forme  $\underline{H}_F = \frac{H_0}{1 + jQ_F \left[ x - \frac{1}{x} \right]}$  avec

$$x = \frac{\omega}{\omega_0}, \quad \omega_0 \text{ étant la pulsation propre du filtre.}$$

Expliciter littéralement  $Q_F$ ,  $H_0$  et la fréquence caractéristique  $f_0$ .

Q46. Donner l'expression reliant le facteur de qualité, la fréquence propre et la bande passante à -3 dB.

On choisit  $R_0 = 470 \Omega$ ,  $R = 120 \Omega$ ,  $L = 50 \mu\text{H}$  et  $C = 50 \text{ nF}$  de sorte que :  $H_0 \approx 0,2$ ,  $f_0 \approx 100 \text{ kHz}$  et  $Q_F \approx 3$ .

Q47. Faire une représentation graphique approchée du gain en décibel  $G_{\text{dB}}$  en fonction de  $\log(x)$  ; préciser quelques valeurs sur ce graphe. Faire apparaître sur ce graphe la "bande passante à -3 dB".

### C.II.2 Étude de l'amplificateur

On considère deux structures possibles à placer en sortie du filtre pour amplifier le signal (Figures F10 et F11). Le circuit U1 est un amplificateur linéaire intégré supposé idéal.

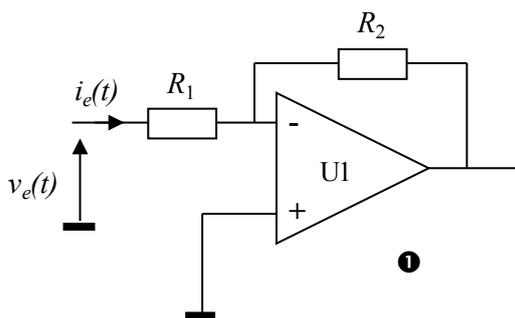


Figure F10. Structure amplificatrice n°1.

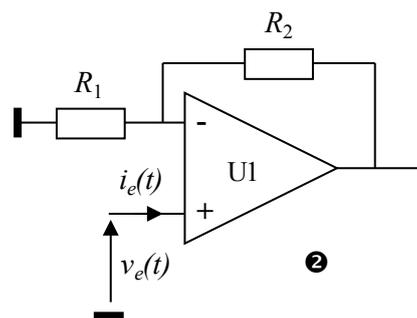


Figure F11. Structure amplificatrice n°2.

Q48. Déterminer, en précisant bien les hypothèses faites, les fonctions de transfert de ces deux structures, notées respectivement  $\underline{A}_1$  et  $\underline{A}_2$ .

Q49. Déterminer les impédances d'entrée  $Z_{e1}$  et  $Z_{e2}$  de chaque montage et expliquer pourquoi la structure n°2 est a priori un meilleur choix pour l'application envisagée.

Q50. En déduire alors l'expression de la fonction de transfert globale du montage associant les deux blocs fonctionnels filtre puis amplificateur en la mettant sous la forme  $\underline{H}_{FA} = \frac{H_1}{1 + jQ \left[ x - \frac{1}{x} \right]}$  ;

expliciter  $H_1$  et  $Q$ .

## D- MODELE ET EXPÉRIMENTATION : LA MODULATION D'AMPLITUDE

On utilise un multiplieur analogique pour obtenir un signal « modulé » : celui-ci devrait fournir en sortie le produit des deux tensions d'entrée divisé par 10V.

Les deux signaux d'entrée sont envoyés par ces deux GBF :



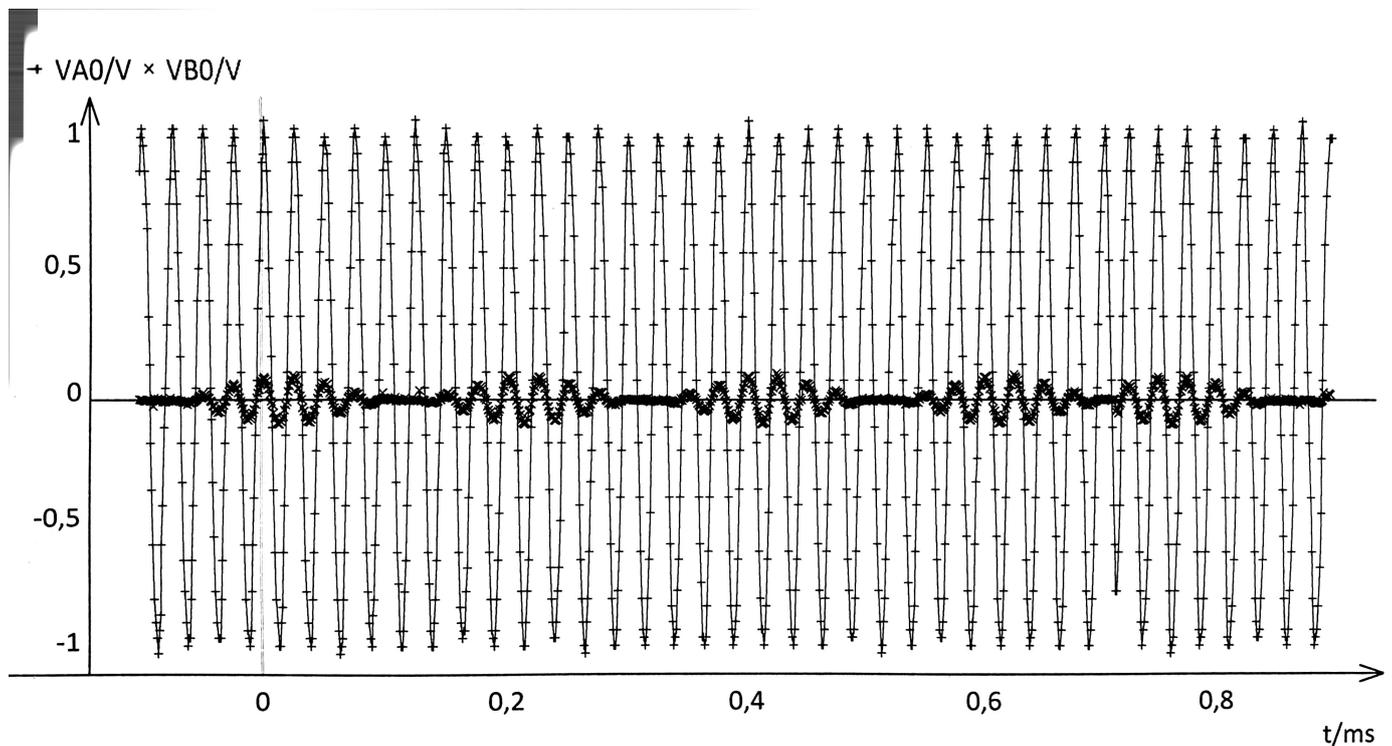
**Signal GBF1**



**Signal GBF2**

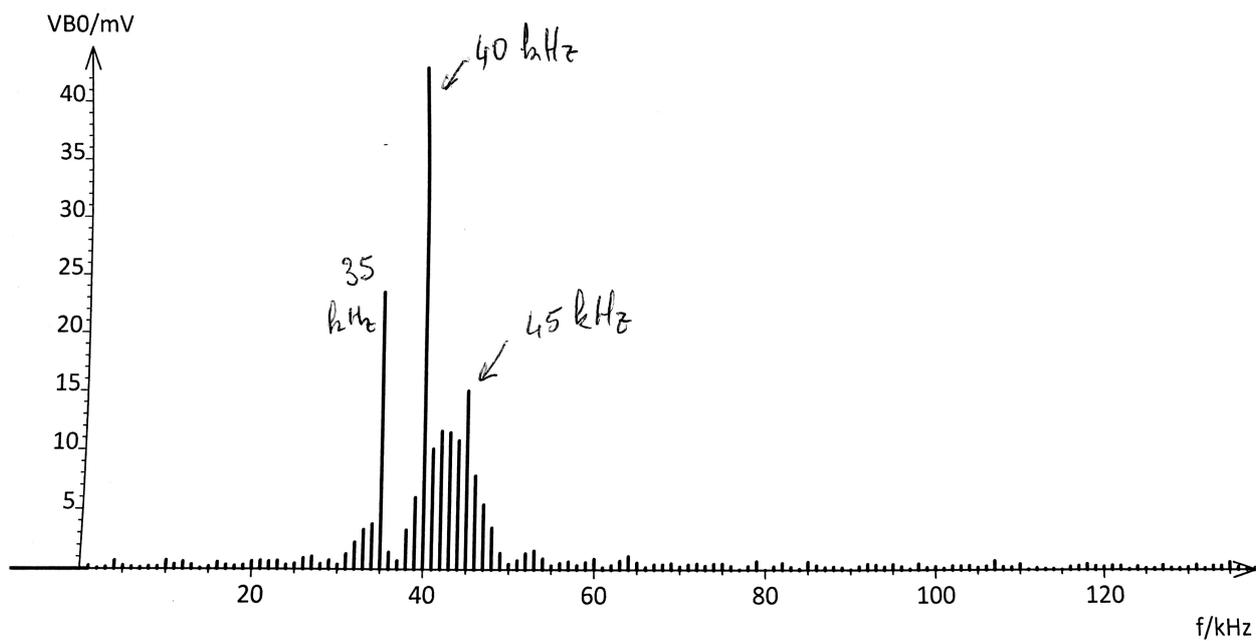
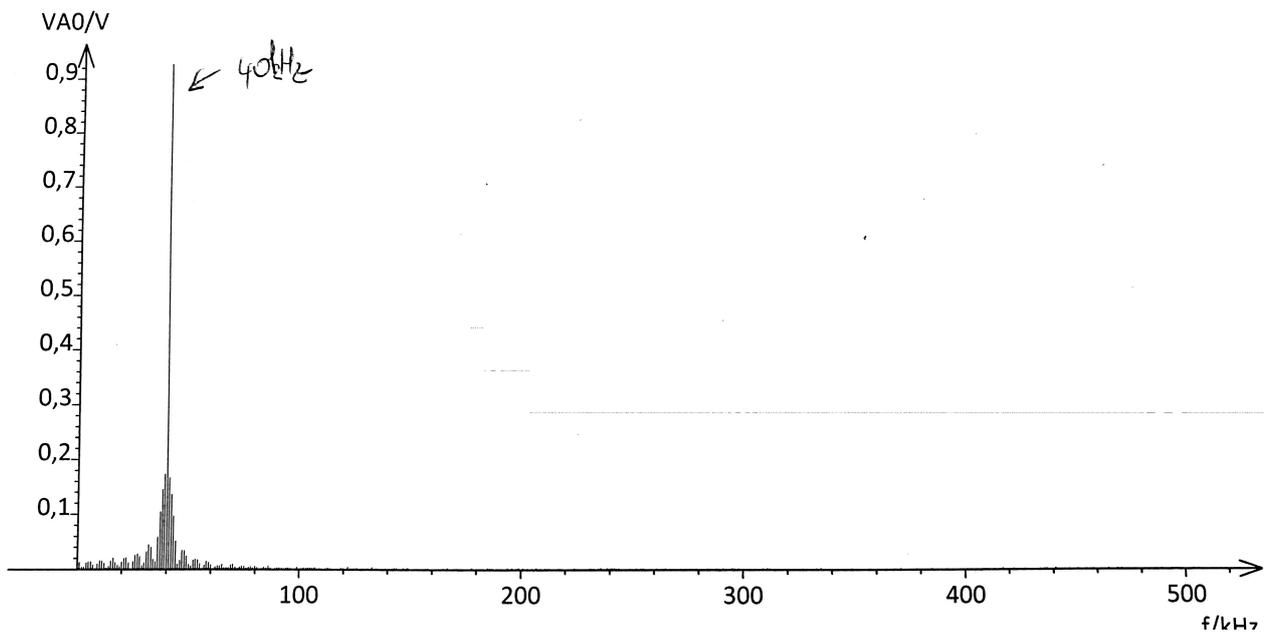
On exporte les données sur REGRESSI sous les appellations VA0 et VB0

**Q51.** Associez à ces noms : un des signaux d'entrée d'un GBF (lequel ?) et le signal de sortie du multiplieur.



**Q52.** Quel sera l'incrément fréquentiel de la FFT ?

Les FFT sont les suivantes (celle de VA0 n'est pas zoomée)



**Q53.** Confirmez l'incrément fréquentiel de la FFT

**Q54.** Retrouver la fréquence d'échantillonnage

**Q55.** Expliquer la présence des pics à 35 kHz et à 45 kHz

*On rappelle la formule de trigonométrie :*

$$\cos(a) \cos(b) = \frac{1}{2}(\cos(a + b) + \cos(a - b))$$