

CORRECTION : BLINDAGE PAR UNE FEUILLE METALLIQUE

1) On lit sur la notice constructeur :

A $f = 2 \text{ kHz}$, range 3 V , inductude = 2% of reading ± 25

D'où $U_{2A} = 480 \text{ mV} \pm 9,6 \pm 0,25 = 480 \pm 12 \text{ mV}$

$U_{2A} = (4,8 \pm 0,1) 10^2 \text{ mV}$

à 95%, l'inductude est donnée par $\frac{2}{\sqrt{3}} \times 12 = 14 \text{ mV}$

$U_{2A} = (4,80 \pm 0,14) 10^2 \text{ mV}$

2)

f	31	50	78,6	110	1000	2200
GdB (dB)	-33,1	-29,6	-27,1	-25,8	-23,7	-23,6

On voit nettement qu'il s'agit d'un filtre Pass-Haut

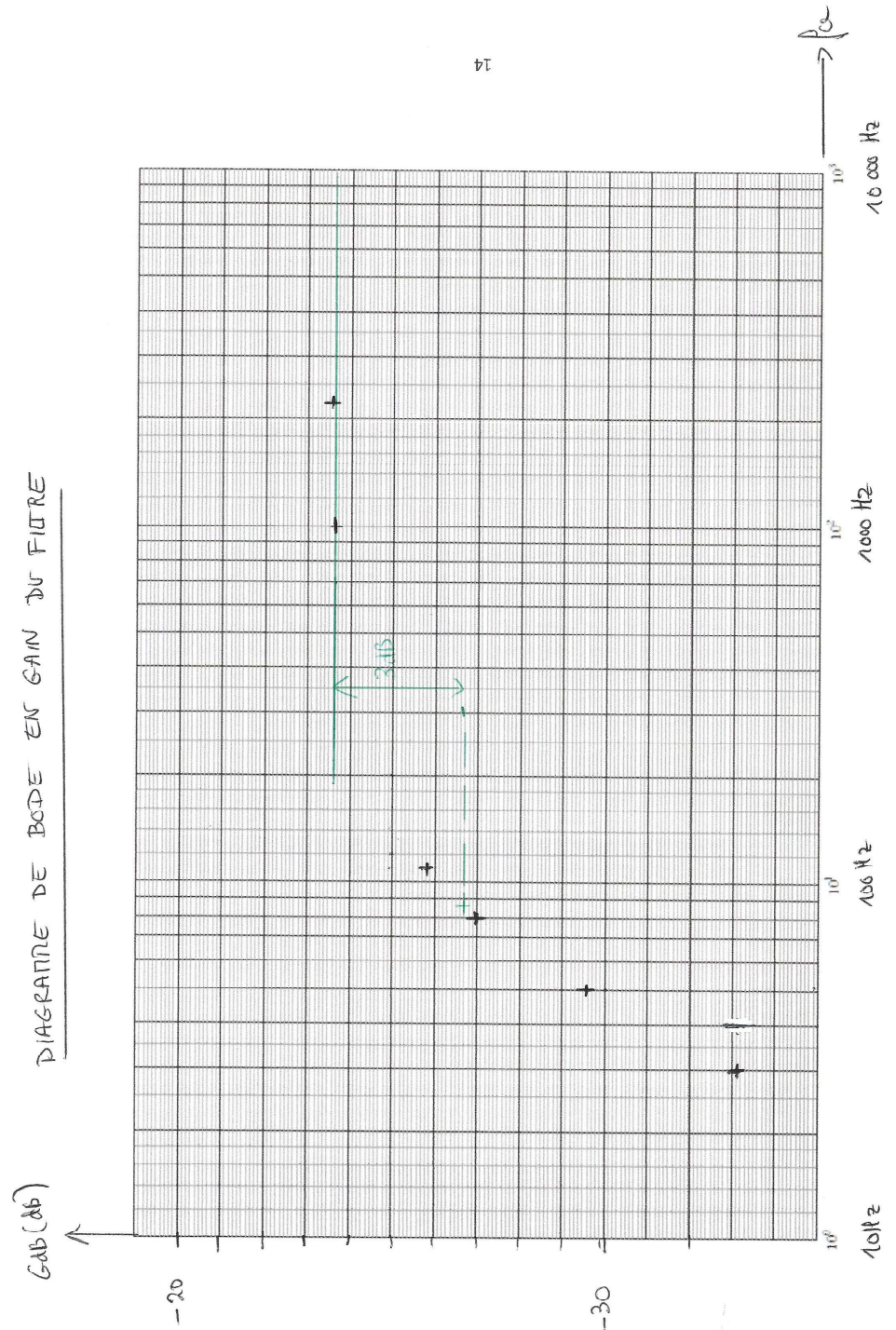
A basses fréquences, la pente est $\frac{33,1 - 27,1}{\log \frac{78,6}{31}} = \underline{14,8 \text{ dB/décade}}$
(on est assez proche de f_0)

Ceci est compatible avec une pente basses - fréquences de $+20 \text{ dB/décade}$, et donc le diagramme de Bode est compatible avec un filtre pass-haut d'ordre 1.

$|H_0|$ est le gain à hautes fréquence $|H_0| = H(2200 \text{ Hz}) = \underline{6,6 \cdot 10^{-2}}$

On peut chercher f_0 par extrapolation du diagramme de Bode, en cherchant le point associé au gain $-23,6 - 3 \text{ dB} = -26,6 \text{ dB}$. On trouve $\underline{f_1 \approx 88 \text{ Hz}}$

DIAGRAMME DE BODE EN GAIN DU FIDRE

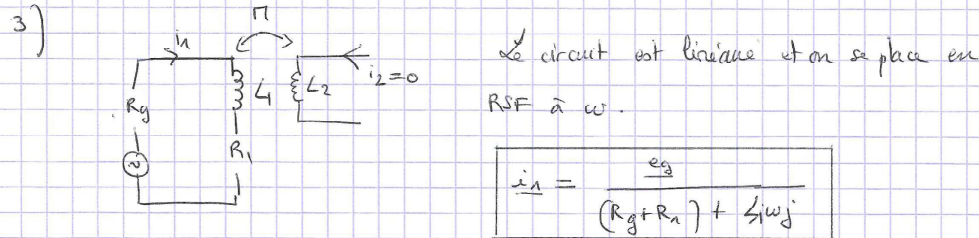


On peut estimer à l'œil $f_1 = 88 \pm 2 \text{ Hz}$

$$|H_0| = \frac{u_{2A} (2 \text{ kHz})}{e_g}$$

$$\frac{\Delta H_0}{H_0} = \sqrt{\left(\frac{\Delta u_{2A}}{u_{2A}}\right)^2 + \left(\frac{\Delta e_g}{e_g}\right)^2} \approx 3\%$$

$$|H_0| = (6,6 \pm 0,2) 10^{-2}$$

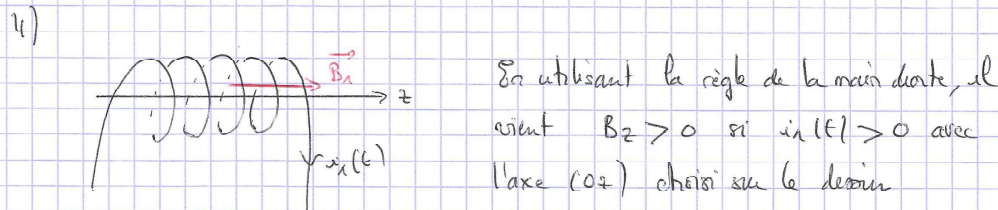


$$i_1 = \frac{e_g}{(R_g + R_1) + j\omega L_1}$$

D'où
$$I_m = \frac{e_m}{\sqrt{(R_g + R_1)^2 + L_1^2 \omega^2}}$$

$$e_g = \frac{1}{>0} [(R_g + R_1) + j\omega L_1]$$

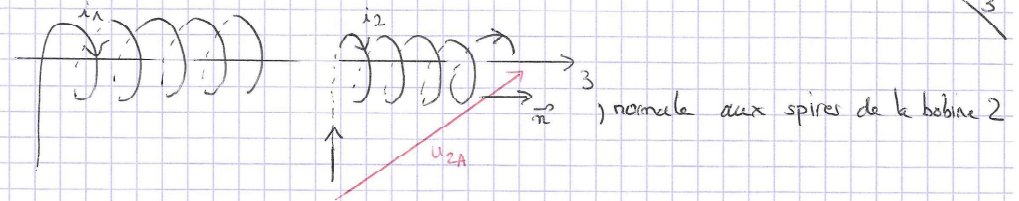
de est telle que $\cos \phi_e > 0$ et $\tan \phi_e = \frac{L_1 \omega}{R_g + R_1}$



$$B_z = \mu_0 n_1 \frac{e_g}{(R_g + R_1) + j\omega L_1}$$

Ainsi
$$f(\omega) = \frac{\mu_0 n_1}{(R_g + R_1) + j\omega L_1}$$

5) Le champ magnétique B_1 variable induit une tension dans la bobine 2 selon la loi de Faraday



u_{2A} et i_2 sont orientés dans le même sens.

$$u_{2A}(t) = - \frac{d\phi}{dt} = - \frac{d}{dt} (N_2 \pi r_2^2 B_z)$$

D'où
$$u_{2A} = - N_2 \pi r_2^2 (j\omega) f(\omega) e_g = \boxed{N_2 \pi r_2^2 (j\omega) B_z}$$

6) On en déduit
$$H_A = \frac{u_{2A}}{e_g} = - N_2 \pi r_2^2 (j\omega) f(\omega)$$

$$\Rightarrow \boxed{H_A = - N_2 \pi r_2^2 (j\omega) \frac{\mu_0 n_1}{(R_g + R_1) + j\omega L_1}}$$

On retrouve bien la fonction de transfert d'un filtre passe-haut d'ordre un.

$$\frac{H_A}{\omega \rightarrow 0} \rightarrow 0 \quad \frac{H_A}{\omega \rightarrow \infty} \rightarrow - \frac{N_2 \pi r_2^2 \mu_0 n_1}{L_1}$$
 La modélisation théorique semble en accord avec l'expérience.

On en déduit
$$H_0 = - \frac{N_2 \pi r_2^2 \mu_0 n_1}{L_1}$$

$$f_1 = \frac{R_g + R_1}{L_1} \cdot \frac{1}{2\pi}$$

$$L_1 = \frac{R_g + R_1}{2\pi f_1}$$

AN
$$L_1 = \frac{50,0 + 11,2}{2\pi \cdot 88}$$

$$L_1 = 0,11 \text{ H} = 1,1 \cdot 10^{-1} \text{ H}$$

7) Le filtre obtenu est un filtre passe-bande d'ordre 2.

Par rapport au filtre expérimental de l'expérience A, ce filtre diffère essentiellement en hautes fréquences ($f > 1 \text{ kHz}$)

On a effectivement le même type de comportement à basses fréquences ($f < 1 \text{ kHz}$), même pente à basses fréquences, mêmes valeurs du gain.

On constate donc que la présence de la feuille d'Aluminium provoque un comportement du dispositif qui coupe les hautes fréquences.

(Ceci peut sans doute s'expliquer par le fait que les métaux réfléchissent d'autant mieux les champs électromagnétiques que la fréquence augmente car l'effet de peau est plus important - cf cours de spé)

8) Pour trouver f_0 , le plus précis, c'est d'étudier le diagramme de Bode en phase et de trouver la fréquence pour laquelle $\arg(H_0) = \pi$

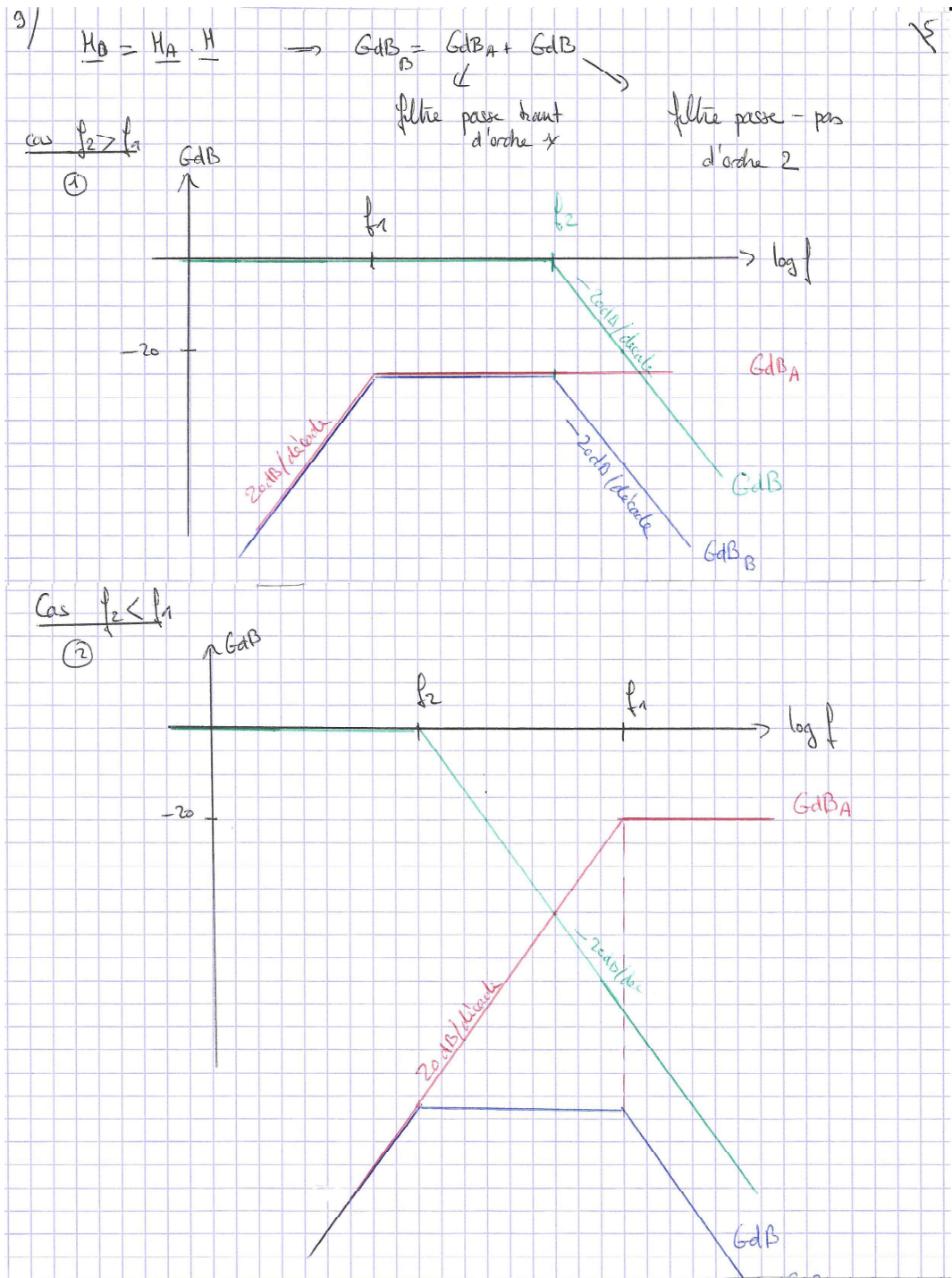
On trouve $f_0 = 1,1 \text{ kHz}$

Pour déterminer H_0' , il suffit de mesurer $H_B(f_0)$. On trouve $GdB(f_0) = -23,6 \text{ dB}$ et il vient $H_0' = -6,61 \cdot 10^{-2}$ car $\varphi(f_0) = \pi$.

Pour déterminer les fréquences de coupure à -3 dB , afin de trouver Φ , on peut soit utiliser le diagramme de la phase et chercher les fréquences telles que $\varphi = 225^\circ/135^\circ$, soit utiliser le diagramme de gain et chercher les fréquences telles que $GdB = GdB(f_0) - 3$

Je choisis la première méthode $f_{c1} = 85 \text{ Hz}$ et $f_{c2} = 15 \text{ kHz}$

On en déduit : $\Phi = \frac{f_0}{f_{c2} - f_{c1}} = \frac{1,1}{15 - 0,085} = 0,067 = 6,7 \cdot 10^{-2}$



Comme on retrouve le même comportement basses-féquences pour $f < 1 \text{ kHz}$ pour $G_{BA} \text{ exp}$ et $G_{BA} \text{ théorique}$, on en déduit que nous sommes dans la situation ① : $f_2 > f_1$.

(On avait trouvé effectivement $f_1 = 88 \text{ Hz}$ dans la question 2)

$$10) \underline{H_p} = \frac{H_0'}{1 + jQ\left(\frac{f}{f_0} - \frac{f_0}{f}\right)} = \frac{H_0' \frac{f}{f_1}}{1 + j \frac{f}{f_1}} \cdot \frac{1}{1 + j \frac{f}{f_2}}$$

$$\frac{H_0' \cdot j \frac{f}{f_0 Q}}{j \cdot \frac{f}{f_0 Q} - \frac{2f^2}{f_0^2} + 1} = \frac{H_0' \frac{f}{f_1}}{1 + j \frac{f}{f_1} \left(\frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}\right) - \frac{f^2}{f_1 f_2}}$$

On en déduit $f_1 f_2 = f_0^2$ $\frac{1}{f_0 Q} = \frac{1}{f_1} + \frac{1}{f_2}$

et $H_0' \cdot \frac{1}{f_0 Q} = \frac{H_0}{f_1}$

D'où $H_0' = \frac{H_0}{f_1} \cdot \left(\frac{f_1 f_2}{f_1 + f_2} \right) = H_0 \frac{f_2}{f_1 + f_2}$

$$f_0 = \sqrt{f_1 f_2} \quad \text{①}$$

$$Q = \frac{\sqrt{f_1 f_2}}{(f_1 + f_2)} \quad \text{②}$$

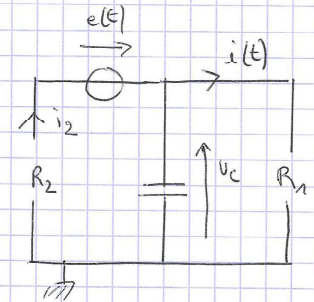
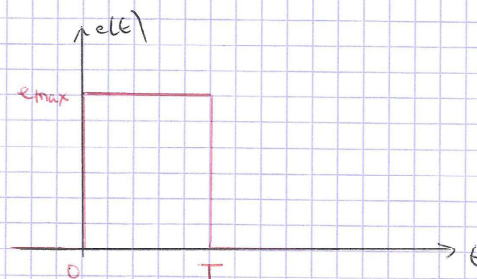
En utilisant ① et ②, on obtient $f_1^2 - \frac{f_0}{Q} f_1 + f_0^2 = 0$
 or $f_2^2 - \frac{f_0}{Q} f_2 + f_0^2 = 0$

D'où
$$\begin{cases} f_1 = \frac{f_0}{2Q} - \frac{1}{2} \sqrt{\frac{f_0^2}{Q^2} - 4f_0^2} \\ f_2 = \frac{f_0}{2Q} + \frac{1}{2} \sqrt{\frac{f_0^2}{Q^2} - 4f_0^2} \end{cases}$$

AN. $\begin{cases} f_1 = 74 \text{ Hz} \\ f_2 = 16 \text{ kHz} \end{cases}$

On obtient le bon ordre de grandeur pour f_1 .
 La présence de la feuille d'Aluminium provoque un comportement qui coupe les hautes fréquences.

III De la difficulté de blindage efficacement



11)
$$\begin{cases} u_C = R_1 i = e(t) - R_2 i_2 \\ i_2 = i + C \frac{du_C}{dt} \end{cases}$$

$$\Rightarrow \frac{e - u_c}{R_2} = \frac{u_c}{R_1} + C \frac{du_c}{dt}$$

$$\Leftrightarrow \frac{du_c}{dt} + \frac{1}{C} \left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} \right) u_c = \frac{e(t)}{R_2 C} \quad (E)$$

12) u_c , étant une tension aux bornes d'un condensateur, est une tension CONTINUE.

Pour $t < 0$ $u_c = 0$

Pour $t > 0$ (E) devient $\frac{du_c}{dt} + \frac{u_c}{R_{eq} C} = \frac{e_{max}}{R_2 C}$

On peut résoudre (E) :

$$u_c(t) = e_{max} \frac{R_{eq}}{R_2} + A e^{-\frac{t}{\tau}} \quad \text{avec } \tau = R_{eq} C$$

$R_{eq} = \frac{R_1 R_2}{R_1 + R_2}$

Par continuité de u_c , il vient :

$$u_c(t) = \frac{R_1}{R_1 + R_2} e_{max} \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$$

$$\tau = \frac{R_1 R_2 C}{R_1 + R_2}$$

13) Il vient assez facilement $i(t) = \frac{u_c(t)}{R_1}$

$$i(t) = \frac{e_{max}}{R_1 + R_2} \left(1 - e^{-\frac{t}{\tau}} \right)$$