



Numéro de place

218850

Numéro d'inscription

12490

Signature

CHERNYAK

Nom

CHERNYAK

Prénom

NAZAR

Épreuve Physique-chim 2

CONCOURS CENTRALE-SUPÉLEC

Ne rien porter sur cette feuille avant d'avoir complètement rempli l'entête

Feuille

01 / 05

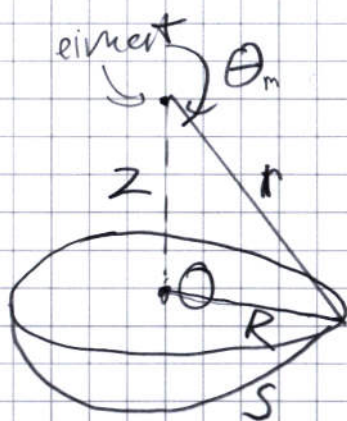
Q1 D'après la loi de Lenz, la bobine résiste le changement de champ magnétique engendré par les cordes vibrantes. Plus précisément, en changeant le flux magnétique à travers la bobine il apparaît une force électromotrice dans la bobine, d'après la loi de Faraday.

Q2 La loi de Faraday assure que la force électromotrice sur une bobine vaut moins la dérivée du flux magnétique à travers la bobine.

$$\mathcal{E}_{f.e.m} = - \frac{d\Phi_B}{dt}$$

Q3 où $\Phi_B = \iint_{S_{enclos}} \vec{B} \cdot d\vec{S}$ est le flux de $\vec{B}$ à travers la bobine (spire) S_{enclos} est la surface enclos par la spire

Q4 Schema:



$$r = \sqrt{z^2 + R^2}$$

On intègre $\vec{B} \cdot d\vec{S}$ sur un morceau de sphère
de rayon $r = \sqrt{R^2 + z^2}$ et de $\theta_m = \pi - \arccos\left(\frac{z}{r}\right)$
 $\vec{a} \cdot \vec{\theta} = 2\pi$

$$\begin{aligned}
 \phi &= \iint_S \vec{B} \cdot d\vec{S} = \int_{\theta=\theta_m}^{\pi} \int_{\phi=0}^{2\pi} \frac{\mu_0 M \cos\theta}{2\pi r^3} r^2 \sin\theta d\phi d\theta \\
 &= \int_{\theta=\theta_m}^{\pi} \frac{\mu_0 M \sin(2\theta)}{2r} d\theta \\
 &= \frac{\mu_0 M}{4r} \left(\cos(2\pi) - \cos(2\theta_m) \right) \\
 &= -\frac{\mu_0 M}{4r} \left(1 - \cos^2 \theta_m - 1 - 1 \right) \\
 &= -\frac{\mu_0 M}{2r} \frac{z^2 - R^2 - z^2}{r^2} \\
 &= \frac{\mu_0 M}{2(R^2 + z^2)^{3/2}} R^2
 \end{aligned}$$

Q7 D'après la loi de Faraday, la force électromotrice dans
1 spire $\mathcal{E}_1 = -\frac{d\phi}{dt} = \frac{3}{2} \frac{\dot{z} \mu_0 M R^2}{(R^2 + z^2)^{5/2}}$
dans la bobine il y a N spires, chaque subi $\mathcal{E}_1$, d'où

$$\mathcal{E}_{\text{fem}} = \frac{3}{2} \frac{\dot{z} N \mu_0 M R^2}{(R^2 + z^2)^{5/2}}$$

$$Q6 \quad e = \frac{AN}{2} \frac{3 \pi f z N \mu_0 M R^2}{(R^2 + z^2)^{5/2}} \approx 10^1 V$$

Q7 À priori, la réponse est non linéaire à cause de la présence de z au dénominateur, mais comme $R \gg z$,

$$e \approx \frac{3}{2} \frac{z N \mu_0 M R}{R^5}, \text{ ce qui est linéaire en } z \text{ approximativement}$$

Q8 en polaire, $dS = r d\theta dr$

$$Q9 \quad \phi = \int_{\theta=0}^{2\pi} \int_{r=0}^R r B_z(r, \theta, y) dr d\theta$$

Q10 Pour calculer une intégrale, qui est une aire sous une courbe, on peut l'approcher par N rectangles. Le haut de k -ième rectangle est $f\left((b-a)\frac{k}{N} + a\right)$ et longueur est $\frac{b-a}{N}$. ainsi:

$$\frac{b-a}{N} \sum_{k=0}^{N-1} f\left((b-a)\frac{k}{N} + a\right) \approx \int_a^b f(t) dt$$

Q11 def phi(y):

 somme1 = 0

 for i in range(0, 100): # intégrale externe

 somme2 = 0

 for j in range(0, 100): # intégrale interne

 somme2 += $\left(\frac{R}{100}\right) * B\left(j * \frac{R}{100}, \frac{2 * \text{math.pi} * i}{100}, y\right)$

 somme1 += $\left(2\pi / 100\right) * \text{somme2}$

 return somme1

On suppose la constante R est défini à priori

Q12

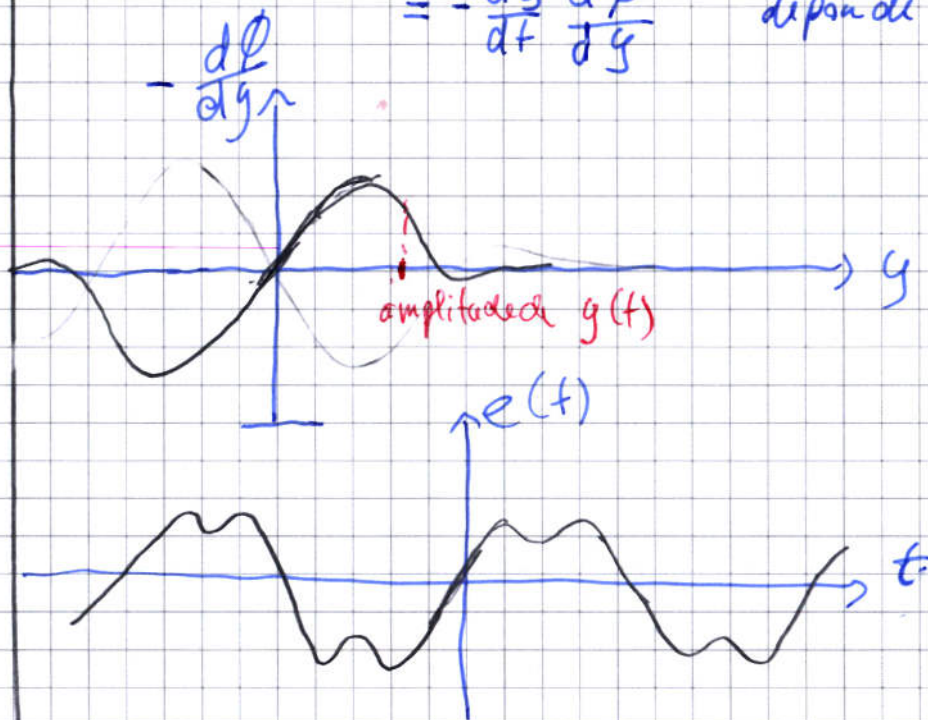
```

import matplotlib as plt
import numpy as np
Y = np.linspace(-1E-2, 1E-2, 100)
Phi = phi(Y)
plt.plot(Y, Phi)
plt.show()

```

Q13

l'énergie de $e = -\frac{d\phi}{dt}$

$$= -\frac{dy}{dt} \frac{d\phi}{dy} \quad \text{dépend de } \frac{d\phi}{dy}$$




Numéro de place

218850

Numéro d'inscription

12490

Signature

C. HERNYAK

Nom

C H E R N Y A K

Prénom

N a z a r

Épreuve

Physique-Chim 2

CONCOURS CENTRALE-SUPÉLEC

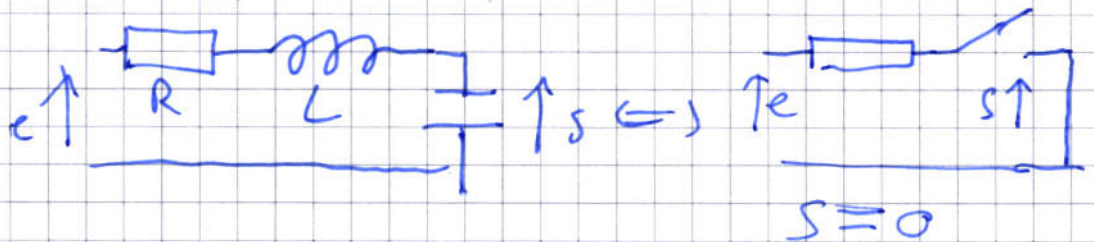
Ne rien porter sur cette feuille avant d'avoir complètement rempli l'entête

Feuille

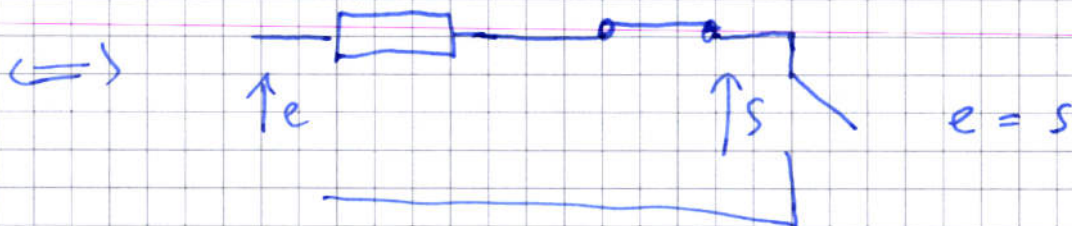
02 / 05

Q15

à hautes fréquences,



à basses fréquences

donc le micro a un effet filtrage passe-bas

Q16

Per Point diviseur de tension

$$\underline{S} = \underline{e} \frac{Z_C}{Z_R + Z_L + Z_C} = \frac{\frac{1}{j\omega C}}{R + j\omega L + \frac{1}{j\omega C}} \underline{e}$$

$$\underline{H} = \frac{1/j\omega C}{R + j\omega L + 1/j\omega C}$$

Q17

$$\underline{H} = \frac{1}{1 - \omega^2 LC + j\omega RC} = \frac{H_0}{1 - \frac{\omega^2}{\omega_0^2} + jQ \frac{\omega}{\omega_0}}$$

Ne rien écrire

dans la partie barrée

où $H_0 = 1$, $\omega_0 = 1/\sqrt{LC}$, et $Q = \frac{1}{R} \sqrt{\frac{L}{C}}$

Q18

on a par définition

$$|H|^2 = \frac{H_0^2}{\left(1 - \frac{\omega^2}{\omega_0^2}\right)^2 + \frac{\omega^2}{\omega_0^2 Q^2}}$$

$$\frac{d|H|^2}{d\omega} = \frac{-H_0^2 \left(\frac{2}{Q^2} - 1\right) \frac{\omega}{\omega_0} + \frac{\omega}{\omega_0} \left(\frac{4\omega^2}{\omega_0^2}\right)}{\left(1 - \frac{\omega^2}{\omega_0^2}\right)^2 + \frac{\omega^2}{\omega_0^2 Q^2}}$$

un resonance est en maximum de $|H|^2$, donc ω_r vérifie

$$\left. \frac{d|H|}{d\omega} \right|_{\omega_r} = 0, \text{ c\`ad } \frac{4\omega_r^2}{\omega_0^2} = 4 - \frac{2}{Q^2}$$

$$\text{ie } \omega_r^2 = \omega_0^2 \left(1 - \frac{1}{2Q^2}\right) > 0 \text{ car } Q > \frac{1}{\sqrt{2}}$$

$$\underline{\omega_r = \omega_0 \sqrt{1 - \frac{1}{2Q^2}}}$$

Q19

lorsque $\omega \rightarrow +\infty$,

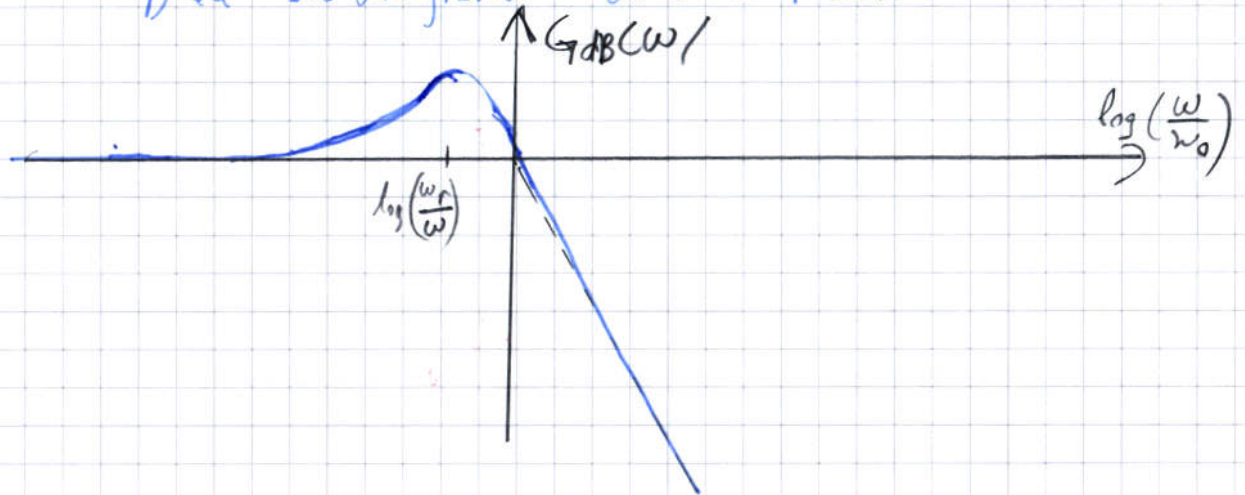
$$|H|^2 \simeq \frac{H_0^2 \omega_0^4}{\omega^4}$$

$$G_{dB}(\omega) \simeq 20 \log(|H(j\omega)|) = 20 \log(H_0) - 40 \log\left(\frac{\omega}{\omega_0}\right)$$

lorsque $\omega \rightarrow 0$, $|H| \rightarrow H_0 = 1$

$$G_{dB}(\omega) \rightarrow 0 = \log H_0$$

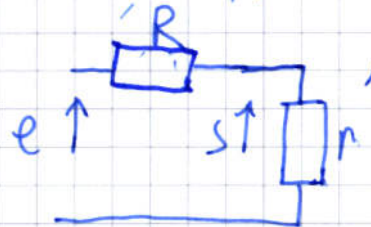
D'où le diagramme de Bode ressemble à



Q20 Expérimentalement, il faut mesurer l'amplitude de sortie de filtre en variant en continu (utilise un générateur basse fréquence) un signal d'amplitude constant en variant la fréquence de façon exponentielle (par exemple, on note les mesures à 100 Hz, 200 Hz, 500 Hz, 1000 Hz, ...).
Puis on trace les points sur un papier logarithmique.

Q21 On peut aussi brancher le GBF à "l'entrée" du micro, car l'entrée est la force électromotrice, on a accès que à la sortie.

Q22 aux basses fréquences le circuit équivaut à un potentiomètre et



pont diviseur de tension qui permet de régler la volume de la guitare

Q23 Caractérisation série et parallèle des impédances :

$$\underline{\underline{\frac{1}{Z}}} = \frac{1}{Z_L + Z_R} + \frac{1}{Z_C} = j\omega C + \frac{1}{R + j\omega L}$$

$$\text{d'où } \underline{\underline{Z}} = \frac{1}{j\omega C + \frac{1}{R + j\omega L}} = \underline{\underline{\frac{R + j\omega L}{1 + j\omega RC - \omega^2 LC}}}$$

Q24 Par pont diviseur de tension :

$$\underline{U_r} = \frac{r}{r + \underline{Z}} \underline{E} \quad \text{et} \quad \underline{U_z} = \frac{\underline{Z}}{r + \underline{Z}} \underline{E}$$

$$\text{d'où} \quad \frac{\underline{U_r}}{\underline{U_z}} = \frac{r}{\underline{Z}}$$

$$\text{ie } \underline{\underline{Z}} = r \frac{\underline{U_z}}{\underline{U_r}}$$

$$\text{Q25 en basses fréquences } \frac{1}{Z_L + Z_R} + \frac{1}{Z_C} = \frac{1}{R} + j\omega C \simeq \frac{1}{R}$$
$$\text{et } \frac{1}{Z_L + Z_R} = \frac{1}{R + j\omega L} \simeq \frac{1}{R}$$

$$\text{d'où } \underline{\underline{Z}} \simeq R$$

donc en lisant la valeur de l'asymptote $f \rightarrow 0$

Fender :

$$R \simeq 2r$$
$$\simeq 20 \text{ k}\Omega$$

Dynabonic

$$R \simeq 0,7r$$
$$\simeq 7 \text{ k}\Omega$$



Numéro de place

218850

Numéro d'inscription

12490

Signature

CHERNYAK

Nom

CHERNYAK

Prénom

Nazar

Épreuve

Physique-Chim 2

CONCOURS CENTRALE-SUPÉLEC

Ne rien porter sur cette feuille avant d'avoir complètement rempli l'entête

Feuille

03 / 05

Q26

donc ce cas $\underline{Z} = R + j\omega L$,
par pont diviseur de tension

$$\underline{U}_2 = \underline{E} \frac{\underline{Z}}{\underline{Z} + r} \quad \underline{U}_r = \underline{E} \frac{r}{\underline{Z} + r}$$

$$\frac{\underline{U}_2}{\underline{U}_r} = \frac{\underline{Z}}{r} = \frac{R + j\omega L}{r}$$

$$\frac{|\underline{U}_2|^2}{|\underline{U}_r|^2} = \frac{R^2 + \omega^2 L^2}{r}$$

$$(L\omega)^2 = r \frac{|\underline{U}_2|^2}{|\underline{U}_r|^2} - R^2$$

$$\text{d'on} \quad L = \frac{1}{\omega} \sqrt{r \left(\frac{|\underline{U}_2|}{|\underline{U}_r|} \right)^2 - R^2}$$

Application numérique :

Fender

$$\underline{L} = 60 \text{ mH}$$

DynaBonic

$$\underline{L} = 20 \text{ mH}$$

Ne rien écrire

dans la partie barrée

Q27 $Z \approx R \frac{jQ \frac{\omega}{\omega_0}}{1 - \frac{\omega^2}{\omega_0^2}} \approx R(j\omega_0 Q) \left(1 + \frac{\omega^2}{\omega_0^2} + \dots\right)$
 $\approx R j \frac{\omega}{\omega_0} Q$

$$Z \approx \frac{R j Q \frac{\omega}{\omega_0}}{j \frac{\omega}{Q \omega_0}} = R Q^2 = \frac{1}{R} \frac{L}{C}$$

On peut obtenir $C = \frac{L}{R \cdot Q^2}$ et où Q^2 est
mesure comme $\geq$ à la
fréquence ω_r , le maximum
de $|Z|$
 $\approx \frac{L}{R |Z_{max}|}$
 $\approx \frac{L}{R r \frac{|Q_z|}{|U_r|}}$

Résultats :

Fender

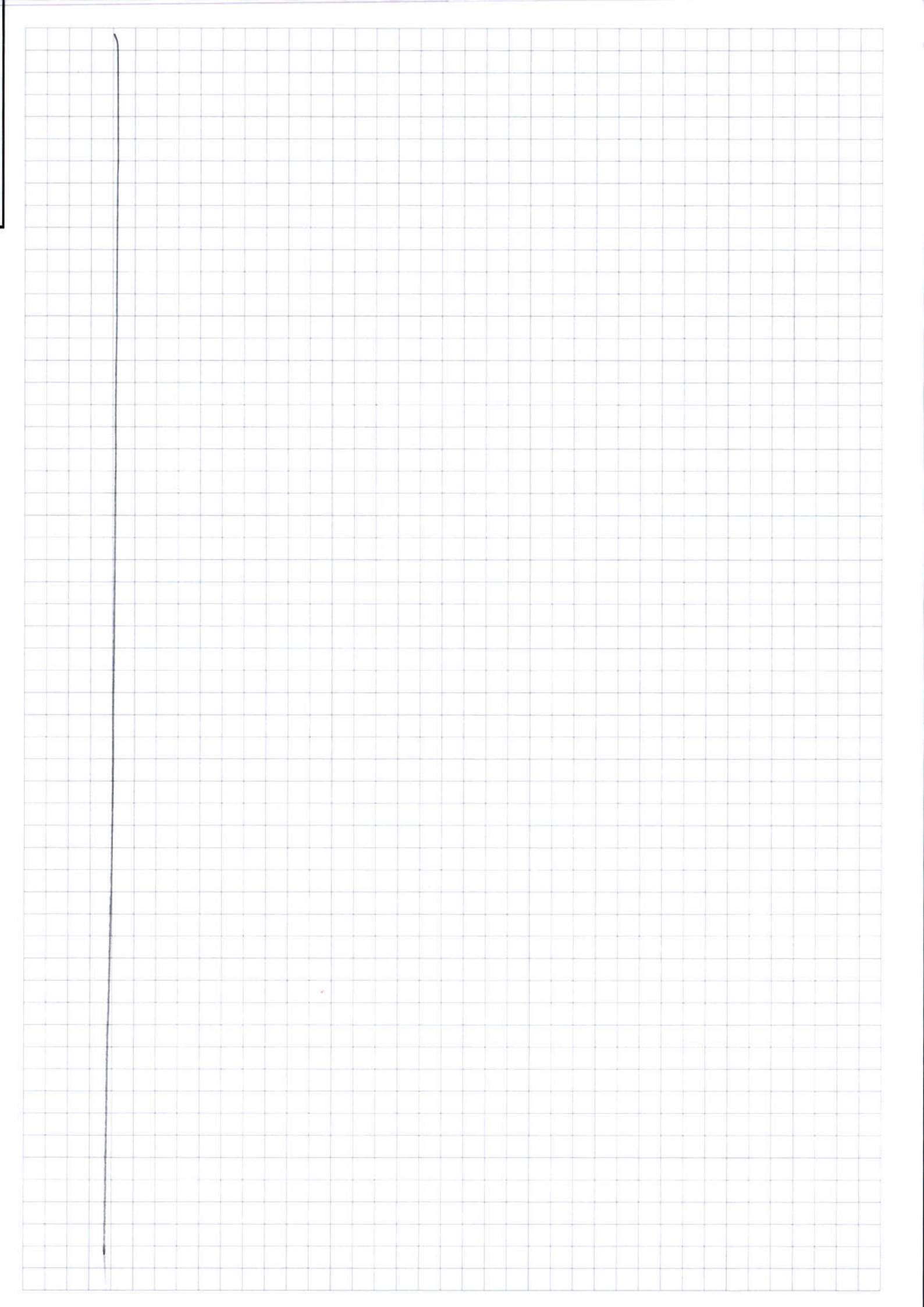
$$Q^2 = 2 \cdot 10^2$$

$$C = 3.0 \times 10^{-13} \text{ F}$$

Dynabenciel

$$Q^2 = 10^3$$

$$C = 5 \times 10^{-13} \text{ F}$$



Q29 Equations de Maxwell

$$\text{div } \vec{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0} \quad (\text{M.G})$$

$$\text{div } \vec{B} = 0 \quad (\text{M.F})$$

$$\text{rot } \vec{B} = \mu_0 \vec{J} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \quad (\text{M.A})$$

$$\text{rot } \vec{E} = - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \quad (\text{M.F})$$

dans le vide, il n'y a pas de charge ni de courant donc

$$\text{div } \vec{E} = 0 \quad \text{div } \vec{B} = 0$$

$$\text{rot } \vec{B} = \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t} \quad \text{rot } \vec{E} = - \frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$$

Q30 On a $\text{rot } \text{rot } \vec{E} = \text{grad } \text{div } \vec{E} - \Delta \vec{E}$
 $\quad \quad \quad = 0 \quad (\text{M.G})$

donc $-\Delta \vec{E} = \text{rot } \text{rot } \vec{E}$

$$(\text{M.F}) \quad = \text{rot } \left(- \frac{\partial \vec{B}}{\partial t} \right)$$

théorème de Schwarz $= - \frac{\partial}{\partial t} (\text{rot } \vec{B})$

$$(\text{M.A}) \quad = - \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} \times \epsilon_0 \mu_0$$

donc on obtiens l'équation de d'Alembert

$$0 = \Delta \vec{E} - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2}$$

où $c = \frac{1}{\sqrt{\epsilon_0 \mu_0}}$



Numéro de place

218850

Numéro d'inscription

12490

Signature

CHERNYAK

Nom

CHERNYAK

Prénom

Nazar

Épreuve

Physique - Chim 2

CONCOURS CENTRALE-SUPÉLEC

Ne rien porter sur cette feuille avant d'avoir complètement rempli l'entête

Feuille

04

05

Q31

Comme ce sont des ondes planes progressives harmoniques

$$\Delta^2 \vec{E} = -k^2 \vec{E} \quad \text{et} \quad \frac{\partial^2 \vec{E}}{\partial t^2} = -\omega^2 \vec{E}$$

d'où si $\vec{E}$ propage dans le vide, alors

$$\left(-k^2 + \frac{\omega^2}{c^2}\right) \vec{E} = 0 \quad (\text{D'Alembert})$$

$$\text{donc} \quad k^2 = \frac{\omega^2}{c^2}$$

$$\text{ic} \quad k = \pm \frac{\omega}{c}, \quad \underline{\vec{k} = \frac{\omega}{c} \vec{e}_z} \quad \text{si } k > 0$$

de même pour $\vec{B}$, qui obéit à l'équation de d'Alembert aussi d'après maxwell - Faraday en complexe

$$\vec{k} \wedge \vec{E} = j\omega \vec{B}$$

$$\text{donc} \quad \vec{B} = \frac{1}{c} \vec{e}_z \wedge \vec{E}$$

Q32

Comme i est sinusoïdale, l'effet du peau dans le conducteur fait que le courant est surfacique. à l'intérieur du conducteur, on a

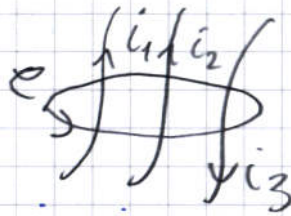
$$\vec{J} = \sigma \vec{E}$$

pour un conducteur parfait $\sigma \rightarrow +\infty$, donc

$$\vec{E} \rightarrow \vec{0}$$

Q33

Schema:



On a $i_{\text{enlacé}} = i_1 + i_2 - i_3$ dans cette assemblée.
plus généralement on choisit $\mathcal{C}$ qui enlace les courants qui nous intéressent.

Maxwell-Faraday: $\text{rot } \vec{E} = -\frac{\partial \vec{B}}{\partial t}$

Maxwell-Ampère: $\text{rot } \vec{B} = \mu_0 \vec{J} + \mu_0 \epsilon_0 \frac{\partial \vec{E}}{\partial t}$

(Approximation ARQS) $\approx \mu_0 \vec{J}$

$\mu_{0, \text{enlacé}} \stackrel{\text{def}}{=} \iint_{S_{\text{perpendiculaire à } \mathcal{C}}} \mu_0 \vec{J} \cdot d\vec{S} = \iint_S \text{rot } \vec{B} \cdot d\vec{S}$

(Théorème de Stokes) $= \oint_{\mathcal{C}} \vec{B} \cdot d\vec{l}$

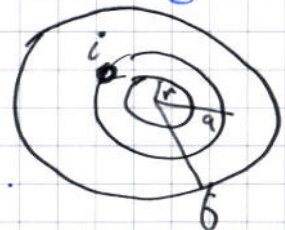
Q34

On choisit le contour $\mathcal{C}$ qui est le cercle de rayon r dans le plan orthogonale à $\vec{e}_z$
* cas $r < a$

$i_{\text{enlacé}} = 0$, car le courant est surfacique.

donc $0 = \oint_{\mathcal{C}}^{\text{eff}} B_0(r) \exp(j\omega t - jkz) dl$

$\forall t, \forall r < a \quad 0 = 2\pi B_0(r) \exp(j(\omega t - kz))$



donc $B_0(r \leq a) = 0$

* Si $a < r < b$, seulement le courant intérieur est enlacé

d'où
$$\mu_0 i(z, t) = \oint_0^{2\pi} \vec{B} \cdot d\vec{\ell}$$
$$= 2\pi B_0(r) \exp(j\omega t - kz)$$

$a < r < b \Rightarrow B_0(r) = \frac{\mu_0}{2\pi} i(z, t) \exp(-j\omega t + kz)$

* Si $r < b$, alors on enlace le courant intérieur et extérieur.

Comme ils sont égaux et opposés, l'enlacement = 0, donc
comme dans le 1er cas,

$B_0(r > b) = 0$

Q

Q41

C'est un pont diviseur de tension, donc
 pour $(V_1 - 0) = \frac{R}{R+R+R+R} (V_{cc} - 0)$
 $= \frac{1}{4} V_{cc}$

de même pour les autres. Comme l'impédance d'entrée
 de A_0 A_1 A_2 sont élevées, alors on
 considère que il n'y a pas de courant qui se dirige
 vers les entrées (-)

Q42

	S_0	S_1	S_2	b_2	b_1
$0 < V_e < \frac{1}{4} V_{cc}$	0	0	0	0	0
$\frac{1}{4} V_{cc} < V_e < \frac{2}{4} V_{cc}$	1	0	0	1	0
$\frac{2}{4} V_{cc} < V_e < \frac{3}{4} V_{cc}$	1	1	0	0	1
$\frac{3}{4} V_{cc} < V_e < V_{cc}$	1	1	1	1	1

Q43

Pour 2 bits de résolution, on a du avoir $3 = 2^2 - 1$
 amplificateurs linéaires : 1 pour chaque niveau $V_0 \dots V_2$
 pour 24 bits, il faut $2^{24} - 1$ amplificateurs par
 analogie

Q44

on a u_c objet l'équation différentielle

$$RC \frac{du_c}{dt} + u_c = V_e \quad (\tau = RC)$$

$$u_c(t) = V_e (1 - e^{-t/\tau})$$

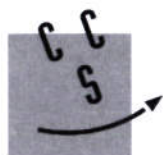
car si

$$\frac{u_c}{V_e} = 0.99, \text{ alors } e^{-t/\tau} = 0.01$$

$$-t/\tau = \ln 0.01 = -2 \ln(10)$$

$$\text{donc } t = \tau 2 \ln(10)$$

$$\approx 4.6 \tau$$



CONCOURS CENTRALE-SUPÉLEC

Numéro de place

218850

Numéro d'inscription

12490

Signature

CHERNYAK

Nom

CHERNYAK

Prénom

Nazar

Épreuve

Physique-Chim 2

Ne rien porter sur cette feuille avant d'avoir complètement rempli l'entête

Feuille

05

05

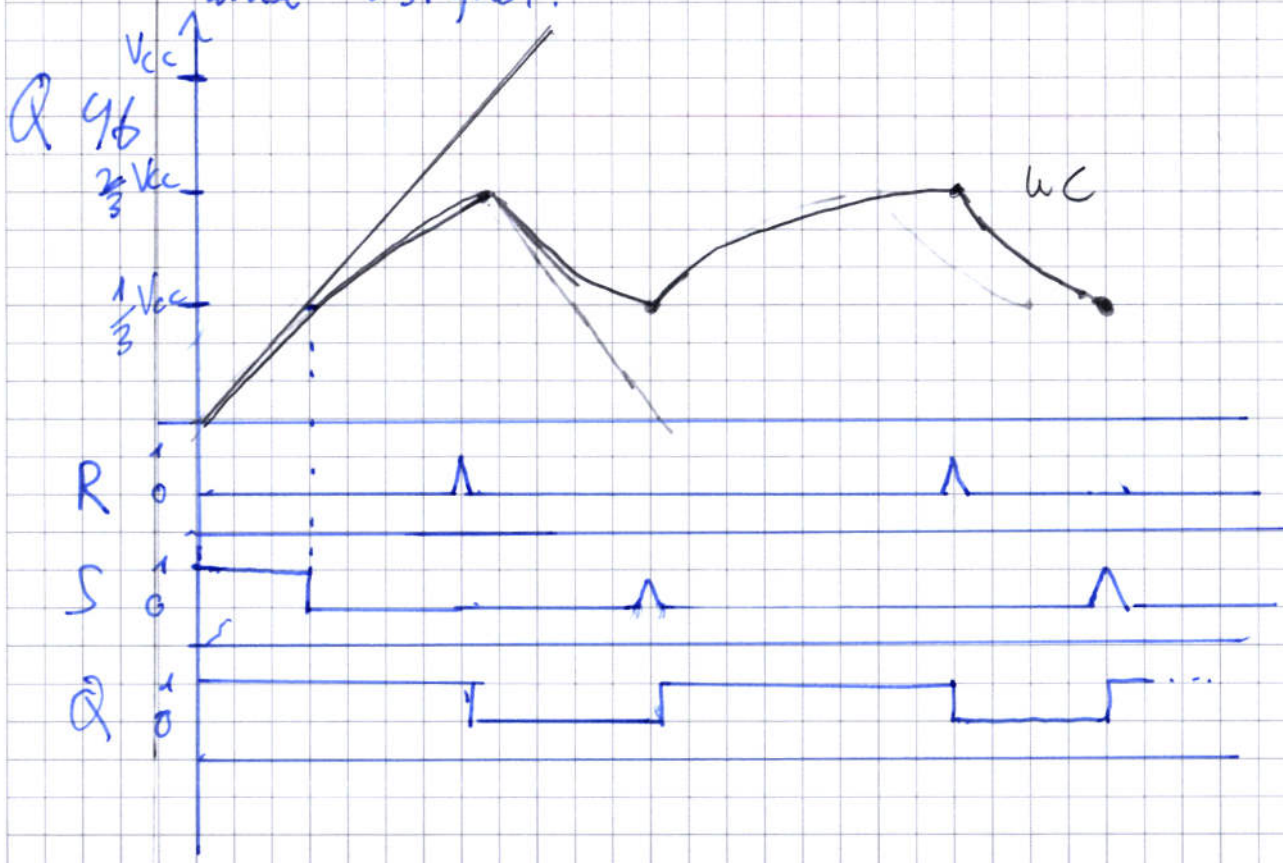
Q44
suite

il faut que $4.6 RC < \frac{T}{2}$, ou T est la
periode d'horloge pour avoir une précision de $\pm 1\%$

Q45

lorsque l'interrupteur est ouvert, aucun courant peut
sortir du condensateur car l'entrée d'amplificateur
a une impédance d'entrée importante. La tension V_c reste
constante.

Cette circuit sert à échantillonner le signal d'entrée
et de enregistrer son valeur lorsque l'horloge
donne le signal.



Ne rien écrire

dans la partie barrée

Q47 L'état de l'out se produise quand le condensateur se charge, mais la résistance de l'horloge le quelle ce change la condensateur. et $R_A + R_B$, donc il n'y a pas de moyen de faire un temps de charge plus rapide que le temps de décharge.

On peut choisir $R_A \gg R_B$, dans quelle cas le condensateur se charge plus lentement que il se décharge, temps de bas sera petit devant temps de haut. puis, on le met dans un porte NOT pour récupérer le signal inverse

