DS N°1 – CORRIGE DE LA PARTIE PHYSIQUE

Extrait Centrale TSI 2019 (1)

Accordeur de guitare

A) Le signal :

Q.1. Valeur approchée de la valeur moyenne du signal : $\boxed{10\ mV}$.

Q.2. Pour trois périodes environ on a 9,6 ms. Soit $T = 3{,}2$ ms.
$\boxed{f \simeq 315\ Hz}$.

Q.3. Il s'agit de la corde de mi aigu.

Q.4. Le signal observé n'est pas sinusoïdal. Son spectre contiendra donc plusieurs harmoniques.

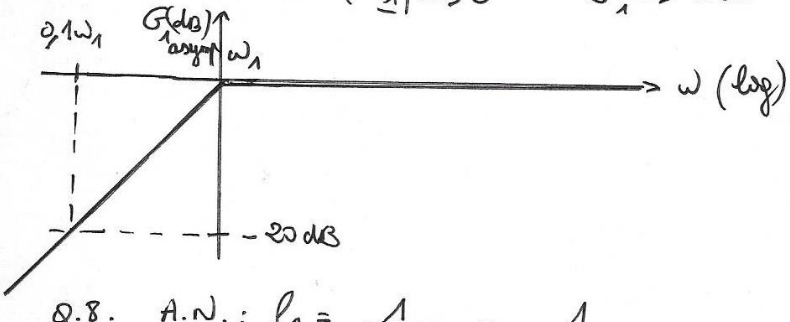
B) Premier filtre :

Q.5. $\underline{H_1}(j\omega) = \dfrac{\underline{u_1}}{\underline{u_e}} = \dfrac{R_1}{R_1 + \dfrac{1}{jC_1\omega}}$ (diviseur de tension)

$$\boxed{\underline{H_1}(j\omega) = \frac{jR_1C_1\omega}{1 + jR_1C_1\omega}}.$$

Q.6. On reconnaît un filtre passe-haut du 1er ordre.
$\boxed{\omega_1 = \dfrac{1}{R_1C_1}}$ ω_1 est la pulsation de coupure du filtre étudié.

Q.7. Si $\omega \to \infty$ $|\underline{H_1}| \to 1$ $G_1 \to 0$ dB.
Si $\omega \to 0$ $|\underline{H_1}| \to 0$ $G_1 \to -\infty$ $G_{1asympt} = 20 \log R_1C_1\omega$



Q.8. A.N. : $f_1 = \dfrac{1}{2\pi R_1C_1} = \dfrac{1}{2\pi \times 10^5 \times 10^{-7}}$ $\boxed{f_1 = 15{,}9\ Hz}$ $\dfrac{320}{15{,}9} \simeq 20$

Le fondamental du signal et ses harmoniques vont passer sans altération ce 1er filtre. Le rôle du 1er filtre est donc de supprimer le continu.

C) Deuxième filtre :

1) Préambule :

Q.9. $i_\oplus = i_\ominus = 0$ (ALI idéal)

$v_\oplus = v_\ominus$ (ALI idéal en régime linéaire)

$v_\oplus = e$

Au noeud $\ominus$, on applique la loi des noeuds en termes de potentiel.

$$\frac{\underline{v}_\ominus - 0}{\underline{Z}} + \frac{\underline{v}_\ominus - \underline{s}}{\underline{Z}'} = 0 . \qquad \underline{s} = \left(1+\frac{\underline{Z}'}{\underline{Z}}\right)\underline{v}_\ominus = \left(1+\frac{\underline{Z}'}{\underline{Z}}\right)\underline{e} .$$

$$\underline{H} = \frac{\underline{s}}{\underline{e}} \qquad \boxed{\underline{H} = 1+\frac{\underline{Z}'}{\underline{Z}}}$$

Q.10. $\boxed{\underline{H} = 1+\frac{R'}{R}}$ On a un montage amplificateur non inverseur.

2) Amplification légèrement sélective :

Q.11. $\underline{Z}_{eq}^{-1} = \frac{1}{R_2} + jC_2\omega \qquad \boxed{\underline{Z}_{eq} = \frac{R_2}{1+jR_2C_2\omega}}$.

Q.12. En se servant du Q.9, on a :

$$\underline{H}_2 = 1 + \frac{\underline{Z}_{eq}}{R_3} \qquad \boxed{\underline{H}_2 = 1 + \frac{R_2}{R_3(1+jR_2C_2\omega)}}.$$

Q.13. Il vient $\boxed{G_0 = \frac{R_2}{R_3}} \qquad \boxed{\omega_2 = \frac{1}{R_2C_2}}$

Q.14. BF $\quad \underline{H}_2 \to 1+G_0 \qquad |\underline{H}_2| \to 1+G_0$

HF $\quad \underline{H}_2 \simeq \frac{G_2}{j\frac{\omega}{\omega_2}} + 1 \qquad |\underline{H}_2| \to 1$

ou $|\underline{H}_2| = \left|\frac{1+G_0+j\frac{\omega}{\omega_2}}{1+j\frac{\omega}{\omega_2}}\right| = \left[\frac{(1+G_0)^2+\left(\frac{\omega}{\omega_2}\right)^2}{1+\left(\frac{\omega}{\omega_2}\right)^2}\right]^{1/2}$

Si $\omega \to 0 \qquad |\underline{H}_2| \to 1+G_0$

Si $\omega \to \infty \qquad |\underline{H}_2| \to 1$.

Q.15. $f_2 = \frac{1}{2\pi R_2C_2} = \frac{1}{2\pi \times 680\,10^3 \times 470\,10^{-12}}$

$G_0 = \frac{R_2}{R_3} = \frac{680}{6}$

$\boxed{f_2 \simeq 498\ Hz. \quad G_0 \simeq 113.}$

Ce filtre amplifie fortement le fondamental du signal ($f = 320\,Hz$) et ne modifie pas l'amplitude des harmoniques de rang élevé.

Il sert donc à amplifier uniquement le fondamental

D) Filtrage (très) sélectif commandé :

3

1) Diagramme de Bode :

Q.16. On a ici un filtre passe-bande d'ordre 2 car le gain diminue rapidement en-dehors de la bande passante de + ou – 20 dB/déc

Fréquence centrale : $\boxed{f_0 \simeq 330\text{ Hz}}$

Q.17. La bande passante à -3 dB est un intervalle de fréquences telles que $G_{dB} \geq G_{max} - 3$ dB.

On lit $f_{c_1} \simeq 320$ Hz $\quad f_{c_2} \simeq 340$ Hz. $\quad \boxed{\mathcal{B} = [320\text{ Hz}, 340\text{ Hz}]}$

Q.18. Pour $f_{co} = 315$ Hz, on lit $G_{dB} = -6\text{ dB} = 20\log|\underline{H}|$.

$|\underline{H}| = 0{,}5 \Rightarrow$ on a alors une atténuation de 50 %.

Le filtre est donc très sélectif ; on peut calculer que Q vaut environ 17.

2) Analyse spectrale :

Q.19. Sur le spectre proposé, on retrouve bien une amplitude de 10 mV pour le continu ($f = 0$). Le fondamental est situé un peu au-dessus de 300 Hz, ce qui est compatible avec les 315 Hz trouvés en Q.2. Les harmoniques suivants sont des multiples de 315 environ.

Par ex : $4 \times 315 = 1260\text{ Hz} \simeq 1300\text{ Hz}$

$10 \times 315 = 3150\text{ Hz} \simeq 3200\text{ Hz}$ aux incertitudes près sur le relevé initial.

Q.20. A la sortie du 1er filtre, seul le continu est supprimé, le reste du spectre n'est pas modifié. Il s'agit donc du spectre a).

Q.21. Pour le deuxième filtre, le fondamental est multiplié par environ 100 et l'harmonique 2 est lui aussi amplifié alors que les harmoniques suivants sont un peu moins modifiés en amplitude.

Amplitude du fondamental : $\simeq 18$ mV.

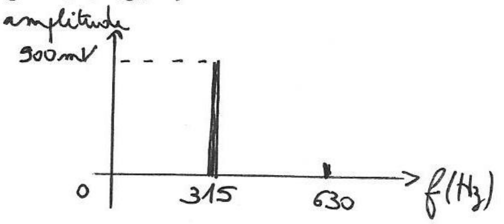
$\Rightarrow$ on attend 1800 mV avec le deuxième filtre (F_c)

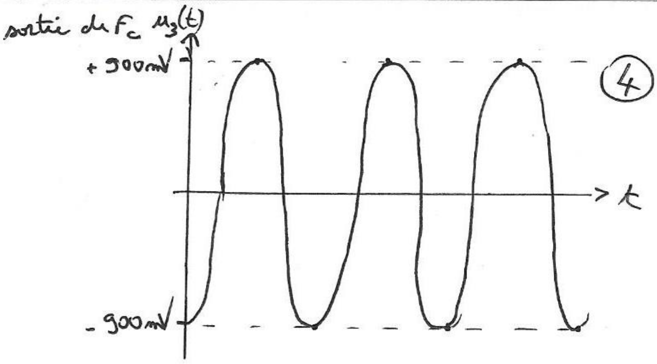
$\Rightarrow$ spectre d).

Q.22. A la sortie de (F_c), on aura presque uniquement le fondamental atténué de 50 %, soit une amplitude de 900 mV. L'harmonique de rang 2 avec $f = 630$ Hz est atténué de plus de 20 dB et sera donc d'amplitude très faible, ainsi que les harmoniques suivants, quasi-inexistants.

Le signal de sortie sera donc une sinusoïde de fréquence 315 Hz et d'amplitude 900 mV (en première approximation).

On obtient :





E) Mise en forme :

Q.23. On constate que dans la figure 8, il n'y a pas de rétroaction sur l'entrée inverseuse de l'ALI. On est donc en régime saturé pour le montage.

ALI idéal en régime saturé : $i_\oplus = i_\ominus = 0$

$u_S = +U_{sat}$ si $v_\oplus > v_\ominus$ ici $V^+ > V^-$

$u_S = -U_{sat}$ si $v_\oplus < v_\ominus$ ici $V^+ < V^-$

Q.24. Avec un pont diviseur de tension (car $i_\oplus = 0$), on a :

$$\boxed{V^+ = \frac{R_4}{R_4+R_5} u_S}$$

$V^- = u_3$ donc $\boxed{\varepsilon = \frac{R_4}{R_4+R_5} u_S - u_3}$

Q.25. Si $u_3 \nearrow$ $\varepsilon \searrow$.

Q.26. u_3 très faible, $\varepsilon > 0$. On a donc $\boxed{u_S = +U_{sat}}$.

$$\varepsilon = \frac{R_4}{R_4+R_5} U_{sat} - u_3$$

$u_S = +U_{sat}$ tant que $\varepsilon > 0$, soit $u_3 < \frac{R_4}{R_4+R_5} U_{sat}$.

Basculement de u_S pour $\boxed{U_{seuil} = \frac{R_4}{R_4+R_5} U_{sat}}$

On a alors $u_S = -U_{sat}$ et $\varepsilon = -\frac{R_4}{R_4+R_5} U_{sat} - u_3$, $\varepsilon < 0$.

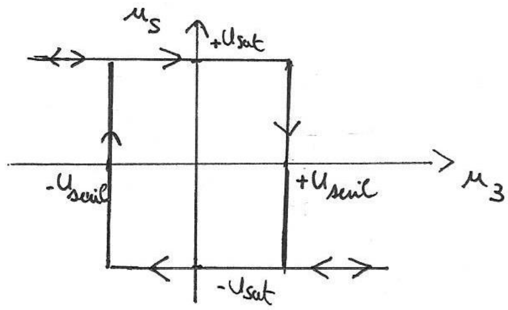
Q.27. Si u_3 diminue, $\varepsilon \nearrow$.

$u_S = -U_{sat}$ tant que $\varepsilon < 0$, soit $u_3 > -\frac{R_4}{R_4+R_5} U_{sat}$.

$\Rightarrow$ Basculement de u_S pour $-U_{seuil}$

5

Q.28. On obtient :



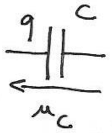
Q.29. $U_{seuil} = \frac{1}{11} 5 = 0{,}45\,V$. Voir tracé.

Q.30. Si la corde est trop désaccordée, f_{co} est loin de $f_0 = 330\,Hz$. u_3 aura alors une valeur trop faible pour faire basculer l'ALI de la figure 8. Le signal de sortie sera continu et non exploitable.

F) Retour sur le filtre sélectif commandé :

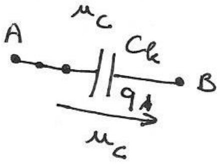
1) Capacité commutée :

Q.31.

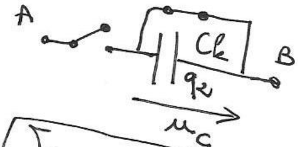


$\boxed{q = C u_C}$

Q.32.



pour $0 \leq t \leq \frac{T_k}{2}$ $u_C = V_B - V_A$ $\boxed{q_1 = C_k(V_B - V_A)}$.



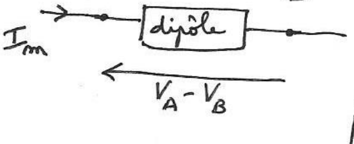
pour $\frac{T_k}{2} \leq t \leq T_k$ $u_C = 0$ $\boxed{q_2 = 0}$.

$\boxed{\delta q = C_k(V_A - V_B)}$

Q.33. Si $t \gg T_k$ $Q = \frac{t}{T_k}\delta q$. $\boxed{Q = \frac{C_k}{T_k}(V_A - V_B)t}$.

Q.34. $I_m = \frac{Q}{t}$ $I_m = \frac{C_k}{T_k}(V_A - V_B)$ $\boxed{I_m = C_k f_k (V_A - V_B)}$

Q.35.

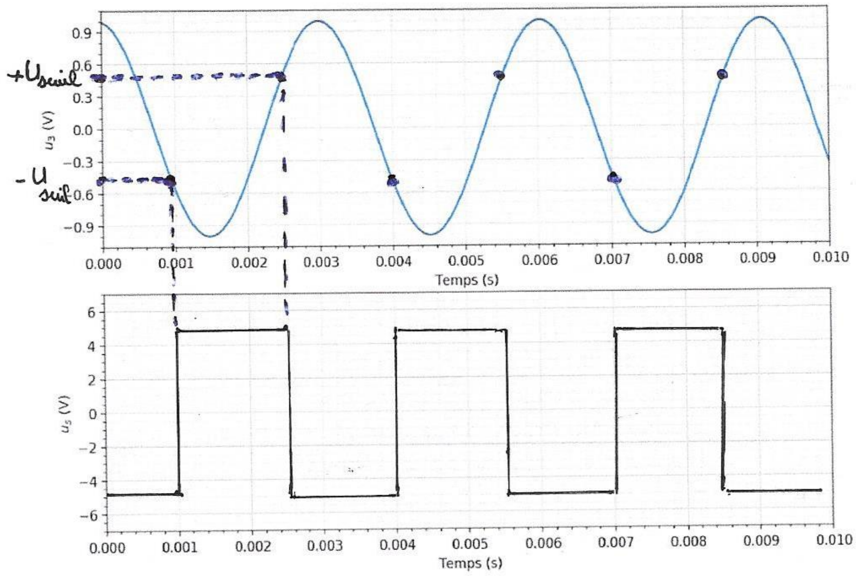


$V_A - V_B = \frac{1}{C_k f_k} I_m$.

La capacité commutée est donc équivalente à une résistance $\boxed{R_k = \frac{1}{C_k f_k}}$

Q.36. On peut fabriquer à partir de cette capacité commutée un filtre passe-bande d'ordre 2 dont la fréquence centrale dépend de R_k et donc de f_k. En réglant f_k on pourra alors choisir la fréquence centrale du filtre sélectif F_c.

Question 29 premier exemple



Question 29 deuxième exemple

u_3 est trop faible.
L'ALI ne bascule pas.
On reste à saturation en sortie, par exemple à $-U_{sat}$.