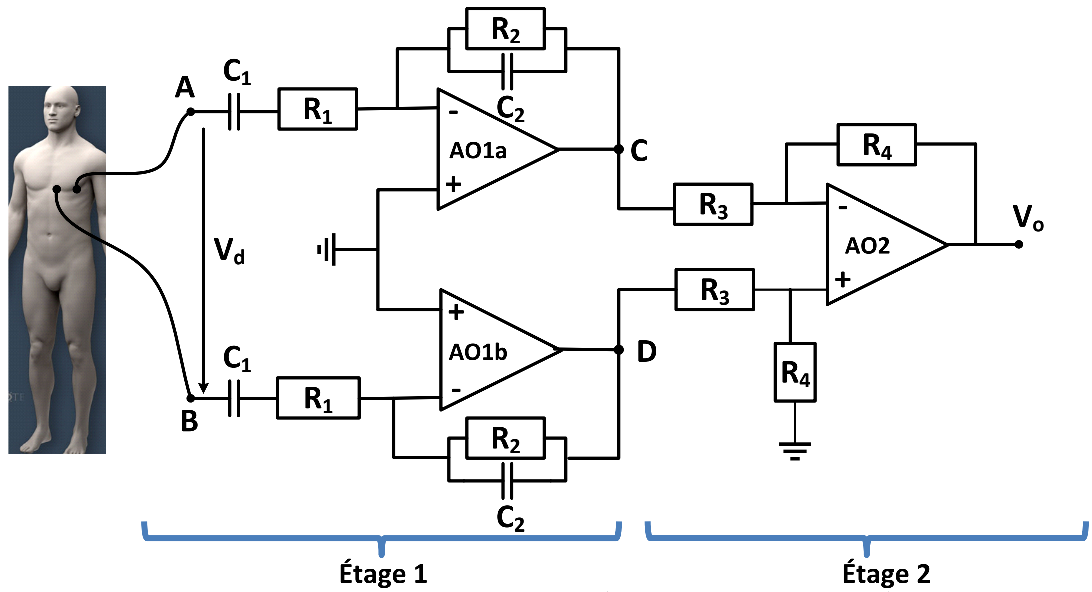
*Seul **le résultat final** de chaque étape est donné **au propre** dans la partie encadrée.*

1. Applications de l'AO (~ 40 mn)

On se propose d'étudier le circuit suivant pour une utilisation ECG :



a- Appliquer des signaux de test différentiels à l'entrée $\left(\underline{V_A}(j\omega) = -\underline{V_B}(j\omega)\right)$ et exprimer la fonction de transfert $\underline{H}(j\omega) = \frac{\underline{V_o}(j\omega)}{\underline{V_A}(j\omega) - \underline{V_B}(j\omega)} = \frac{\underline{V_o}(j\omega)}{\underline{V_d}(j\omega)}$ sous la forme canonique en faisant sortie le gain maximal G_d **(Rq : G_d** correspond à des fréquences où $Z_{c1} \rightarrow 0$ et $Z_{c2} \rightarrow \infty$).

$$\underline{H}(j\omega) = \frac{\underline{V_o}(j\omega)}{\underline{V_d}(j\omega)}$$

$$= G_d\, \underline{H'}(j\omega) =$$

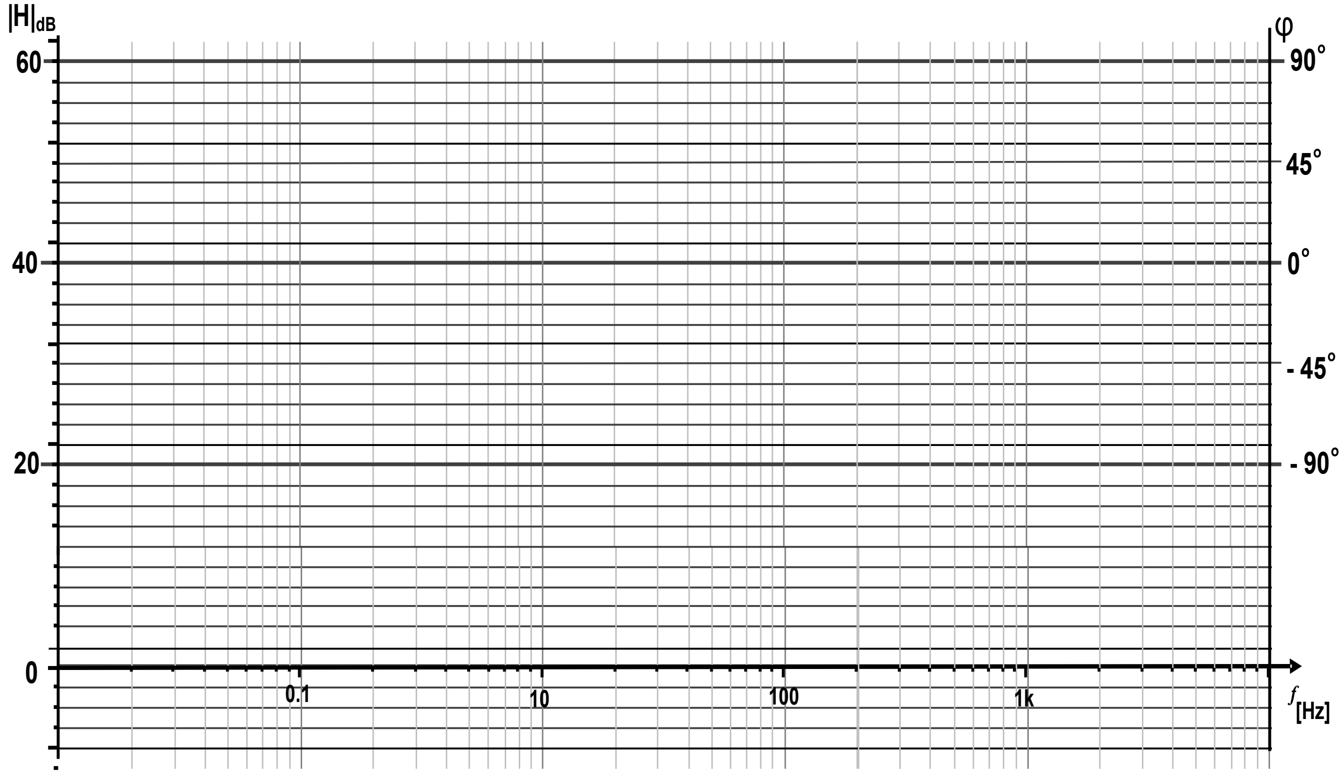
Les pôles f_{pi} :	**Les zéros f_{zi}**	**G_d =**

NOM: **PRENOM:** **N° place :** **SECTION :..**

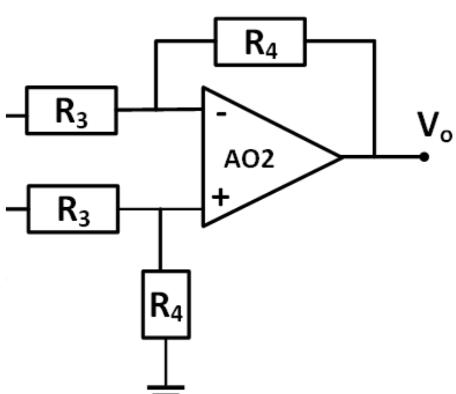
b- Dimensionner les éléments ci-dessous pour avoir: G_d de 100 (**G_{d1} = 20 pour l'étage 1 et G_{d2} =5 pour l'étage 2**), un **zéro à 10Hz** et un **pôle à 100Hz** (prendre $R_1 = R_3 = 1$ [kΩ]).

R_2 =	**R_4 =**	**C_1 =**	**C_2 =**

c- Tracer le diagramme de **Bode en amplitude et en phase** de H(jω).



d- Ajouter **une paire de capacité C_f** au deuxième étage pour avoir un **deuxième pôle à 100 Hz** en donnant **sa valeur.** Montrer en traitillé la modification que subirait alors le diagramme de **Bode en amplitude et en phase** sur le graphe de la question **c.**



C_f = nF

NOM: PRENOM: N° place : SECTION :..

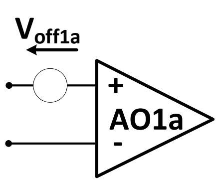
2. Bruit et Imperfections de l'AO (~ 30 mn):

a- Exprimer et calculer la **valeur RMS du bruit en tension** $\left(\sigma_n = \sqrt{\overline{v_{n,o}^{2}}\Big|_{tot}}\right)$ et sa **valeur crête-à-crête maximale** $\left(v_{n,pp,\,max}\right)$ à la sortie de l'amplificateur (avec C_f). Considérer seulement **les sources de bruit dominantes que sont (R_1, R_2) et négliger le filtrage basse fréquences au-dessous de 10 Hz.**

Rappel: $\overline{v_n^{2}}\Big|_{R=1k\Omega} = \left(4\ \mathrm{nV}/\sqrt{Hz}\right)^2$, $\int_0^{\infty} \frac{df}{1+\left(\frac{f}{f_c}\right)^2} = \frac{\pi}{2} f_c$ et $\int_0^{\infty} \frac{df}{\left(1+\left(\frac{f}{f_c}\right)^2\right)^2} = \frac{\pi}{4} f_c$

Contribution des R_1 $\overline{v_{n,o}^{2}}\Big\vert_{(R_1)}$ *[V^2]*	***Expression***	***Valeur [V^2]***
Contribution des R_2 $\overline{v_{n,o}^{2}}\Big\vert_{(R_2)}$ *[V^2]*		
Puissance totale $\overline{v_{n,o}^{2}}\Big\vert_{tot}$ *[V^2]*		
$\sigma_n = \sqrt{\overline{v_{n,o}^{2}}\Big\vert_{tot}}$ *[V]*		***Valeur [V]***
$v_{n,pp,\,max}$ ***[V]***		

b- Etablir l'expression de $\mathbf{V_{o,DC}}$ due aux tensions d'offset **DC** des trois amplificateurs (V_{off1a}, V_{off1b}, V_{off2}). Calculer sa valeur maximale $\mathbf{V_{o,DCmax}}$ si les AOs ont un $\left|V_{off,max}\right| = 0.1V$. *(Suivre le model donné ci-dessous).*



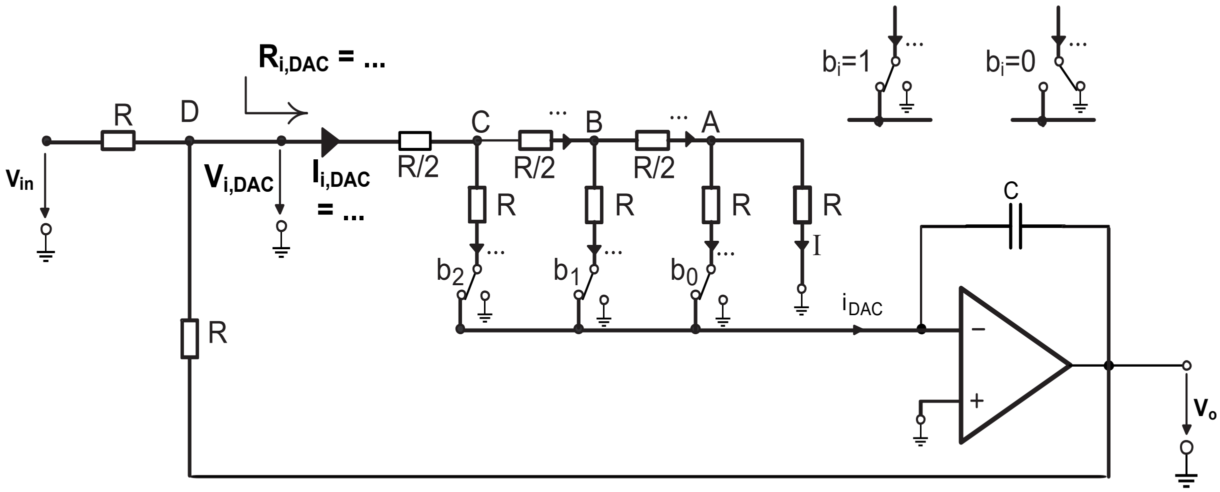
$\mathbf{V_{o,DC}} =$

$V_{o,DC\ max} =$ V

c- En déduire les amplitudes maximales des signaux ac à la sortie et à l'entrée ($\hat{V}_{o,max}$, $\hat{V}_{d,max}$) tolérables sans distorsion *(Les AOs sont polarisés entre $-V_{cc} = -5V$ et $V_{cc} = +5\ V$).*

$\hat{V}_{o,max} =$ V	$\hat{V}_{d,max} =$

3- Filtre programmable (~ 40 mn)



a- Indiquer sur les pointillés du schéma ci-dessus **les courants** des branches en fonction de I. En déduire $\mathbf{I_{i,DAC}}$ en fonction de I.

b- Donner la valeur de $\mathbf{R_{i,DAC}}$ en fonction de R (déterminer d'abord les résistances entre les nœuds A, B, C et la masse).

c- Exprimer $\mathbf{V_{i,DAC}}$ en fonction de R et de I. En déduire **I** en fonction de $V_{i,DAC}$ et de R:

a) $\mathbf{I_{i,DAC}}$ =	b) $\mathbf{R_{i,DAC}}$ =	c) $\mathbf{V_{i,DAC}}$ =	c) **I** =

d- Déterminer $\mathbf{V_o}$ en fonction de $\sum_{i=0}^{2} b_i 2^i$, I et Z_c puis en fonction de $\sum_{i=0}^{2} b_i 2^i$, $V_{i,DAC}$ et RC

e- Déterminer $\mathbf{V_{i,DAC}}$ en fonction de V_{in} et V_o:

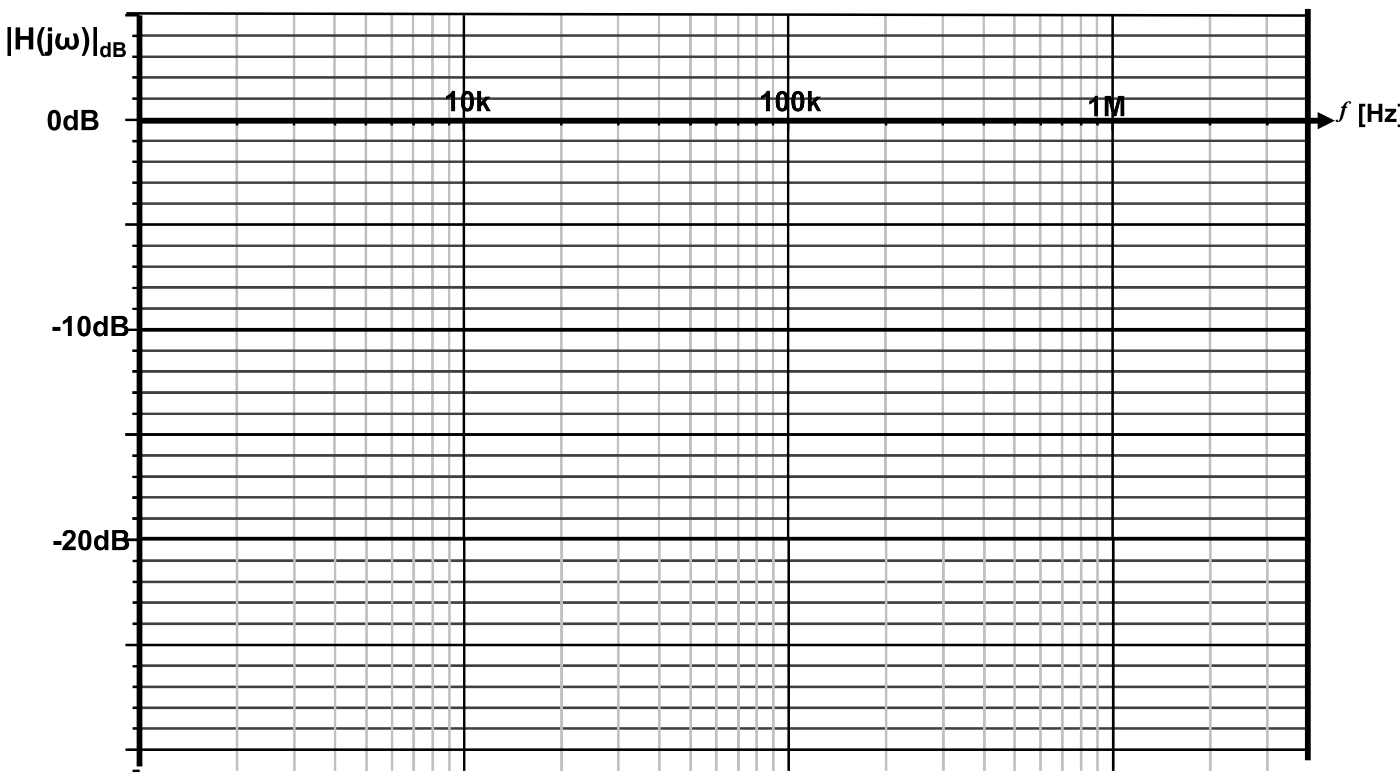
d) $\mathbf{V_o}$ =	d) $\mathbf{V_o}$ =	e) $\mathbf{V_{i,DAC}}$ =

Rq : si vous ne répondez pas à la question e, considérer que $V_{i,DAC} = \frac{V_{in}+V_o}{2}$ **pour la suite.**

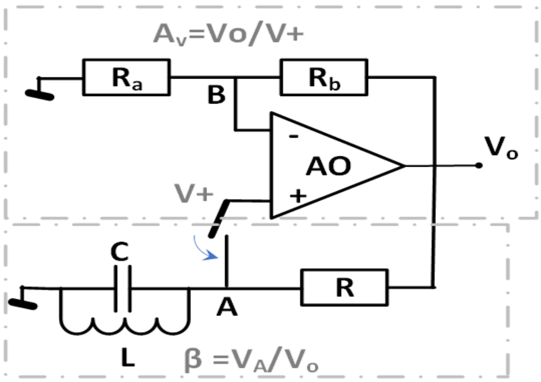
f- Déduire de (d) et (e) la fonction de transfert du filtre programmable $\mathbf{H_f(j\omega) = V_o / V_{in}}$ ainsi que son pôle programmable $\mathbf{f_p}$. Calculer **RC** pour que le contrôle digital (1 1 1) donne pôle à **70 kHz**

$\mathbf{H_f(j\omega)}$ =	$\mathbf{f_p}$=	**RC =**

g- Tracer ci-dessous les digrammes de **Bode en amplitude de $\mathbf{H_f(j\omega)}$** pour (b_2 b_1 b_0) égale à **(1 1 1) ; (0 1 1) ; (0 0 0)** en donnant à chaque fois sur la figure la valeur de la fréquence de coupure.



4. Oscillateur (~ 30 mn):



a. Prévoir théoriquement la fonction de transfert : $\boldsymbol{\beta(i\omega)} = \frac{\boldsymbol{V_A}}{\boldsymbol{V_o}}$ et $A_V = \frac{\boldsymbol{V_o}}{\boldsymbol{V_+}}$. (Rappel : $\underline{Z_L}(j\omega) = j\omega L$)

b. **Exprimer la fréquence d'oscillation** en fonction des éléments du circuit (après avoir fermé la boucle , $V_+=V_A$) et donner la valeur du produit **LC** pour une fréquence d'oscillation **f_o = 1kHz.** Expliquer brièvement la **démarche suivie**.

c. En déduire le module |**β(jf_o)**| à la fréquence d'oscillation.

d. Donner la condition sur la valeur de $\mathbf{R_a}$ et $\mathbf{R_b}$ pour amorcer l'oscillation.

e. Pour R_a = 10 kΩ et R_b = 20 kΩ et ±Vcc = ±5V, donner approximativement l'amplitude du signal V_o ($\widehat{V_o}(f_o)$), V_B ($\widehat{V_B}(f_o)$) et V_A ($\widehat{V_A}(f_o)$).

a.

$\boldsymbol{\beta(i\omega)} =$ $A =$

b. Fréquence d'oscillation f_o :

$f_o =$ **LC =**

c.

$|\boldsymbol{\beta(jf_0)}| =$

d. **Condition sur R_a et R_b**

e.	**e.**	**e.**
$\widehat{V_o}(f_o) =$	$\widehat{V_o}(f_o) =$	$\widehat{V_o}(f_o) =$