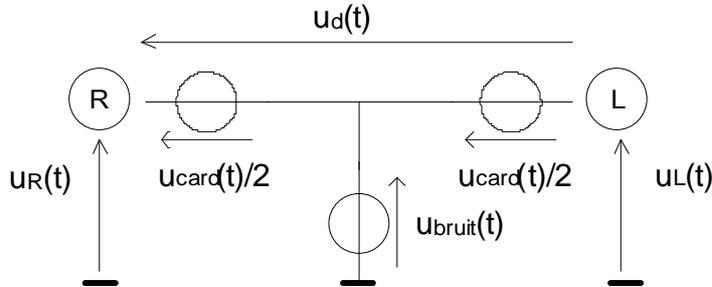


## BTS 2009 : CORRIGE

### PARTIE 1 : TRAITEMENT ANALOGIQUE DU SIGNAL ECG

1.

1.1.



1.2.  $u_d(t) = u_{card}(t)/2 + u_{card}(t)/2 = u_{card}(t)$   
 $2u_{mc}(t) = u_R(t) + u_L(t) = u_{card}(t)/2 + u_{bruit}(t) + [-u_{card}(t)/2u_R(t) + u_{bruit}(t)] = 2u_{bruit}(t)$   
 donc  $u_{mc}(t) = u_{bruit}(t)$

2.1.  $U_{eff} = A/\sqrt{2}$

2.2.  $P = U_{eff}^2/R$        $P_n = U_{eff}^2$

2.3.  $P_{ncard} = 20 \cdot (20 \cdot 10^{-6})^2 / 2 = 4000 \cdot 10^{-12} \text{ W} = 4 \text{ nW}$

2.4.  $P_{nbruit} = (0,1)^2 / 2 = 5 \cdot 10^{-3} \text{ W} = 5 \text{ mW}$

2.5.  $R_{SN} = -60,97 \text{ dB} \approx -61 \text{ dB}$

3.1.  $R_{SN}^S = 20 \cdot \log\left(\frac{V_{scard}}{V_{sbruit}}\right) = 20 \cdot \log\left(\frac{A_d \cdot U_{card}}{A_{mc} \cdot U_{bruit}}\right) = 20 \cdot \log\left(\frac{A_d}{A_{mc}}\right) + 20 \cdot \log\left(\frac{U_{card}}{U_{bruit}}\right)$

$R_{SN}^S = TRMC + R_{SN}^E$

3.2.  $R_{SN}^S = 20 \cdot \log\left(\frac{V_{scard}}{V_{sbruit}}\right) = 20 \cdot \log(100) = 40 \text{ dB}$

3.3.  $TRMC = R_{SN}^S - R_{SN}^E = 40 + 61 = 101 \text{ dB}$

3.4.  $A_d/A_{mc} \approx 111800$

3.5.  $A_{mc} = 0$        $TRMC$  infini

4.1.  $i^+ = i^- = 0$        $\varepsilon = 0$

4.2.  $v_g(t) = u_L(t) - u_R(t)$        $v_g(t) = R_g \cdot i_g(t)$

4.3.  $v_1(t) - v_2(t) = (2R + R_g) \cdot i_g(t)$

4.4.  $v_1(t) - v_2(t) = (2R + R_g) \cdot \frac{v_g(t)}{R_g} = \left(\frac{2R}{R_g} + 1\right) \cdot v_g(t) = \left(\frac{2R}{R_g} + 1\right) \cdot [u_L(t) - u_R(t)]$

4.5.  $v^+(t) = \frac{aR_2}{aR_2 + R_2} \cdot v_2(t) = \frac{a}{a+1} \cdot v_2(t)$

4.6.  $v_A(t) = \frac{\left(\frac{v_1(t)}{R_1} + \frac{v_s(t)}{aR_1}\right)}{\left(\frac{1}{R_1} + \frac{1}{aR_1}\right)} = \frac{a \cdot v_1(t) + v_s(t)}{a+1}$

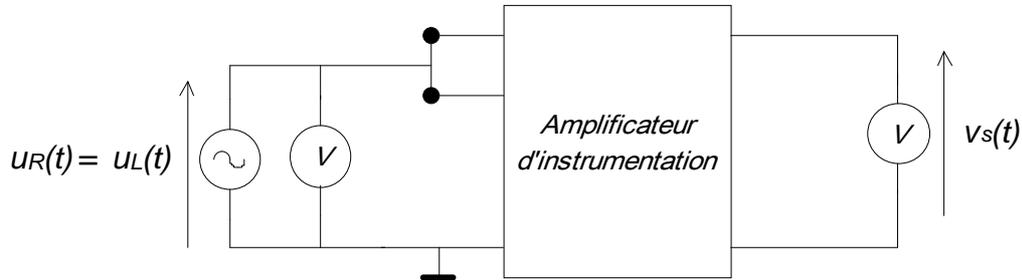
4.7.  $v_s(t) = (a+1) \cdot v_A(t) - a \cdot v_1(t) = (a+1) \cdot \frac{a}{a+1} \cdot v_2(t) - a \cdot v_1(t) = a \cdot (v_2(t) - v_1(t))$

4.8. D'après 4.4 et 4.7 :  $v_s(t) = a \cdot (v_2(t) - v_1(t)) = -a \cdot \left(\frac{2R}{R_g} + 1\right) \cdot [u_L(t) - u_R(t)]$

$$v_s(t) = a \cdot \left( \frac{2R}{R_g} + 1 \right) \cdot [u_R(t) - u_L(t)]$$

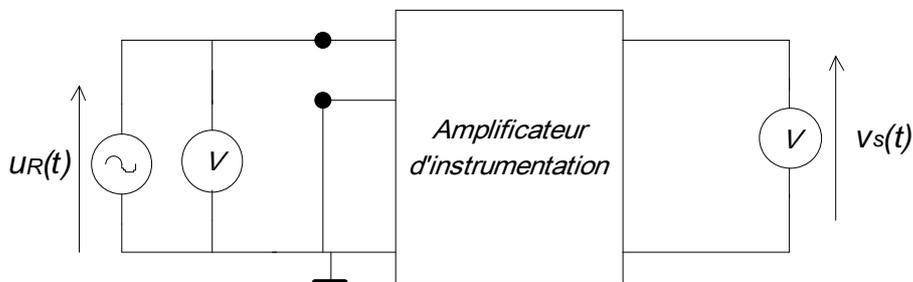
4.9.  $A_d = a \cdot \left( \frac{2R}{R_g} + 1 \right)$        $A_{mc} = 0$

5.1.



Si  $u_R(t) = u_L(t) : u_d(t) = 0$  et  $v_s(t) = A_{mc}u_{mc}(t) = A_{mc}u_R(t)$

5.2.



Si  $u_L(t) = 0 : v_s(t) = A_{mc}u_R(t)/2 + A_d u_R(t) \approx A_d u_R(t)$  car  $A_d \gg A_{mc}$

5.3.

N° expérience	1	2	3
$\Delta a$	4	10	20
$A_d$	$10 \times 10^3$	$10 \times 10^3$	$10 \times 10^3$
$A_{mc}$	$19 \times 10^{-3}$	$47 \times 10^{-3}$	$90 \times 10^{-3}$
TRMC (dB)	114,4	106,6	100,9
$R'_2$ (M $\Omega$ )	2,04	2,10	2,20
Tolérance (%)	2	5	10

5.4.  $R_{SN}^S = TRMC + R_{SN}^E$      $TRMC_{min} = R_{SN}^S - R_{SN}^E = 40 - (-61) = 101 \text{ dB}$ , la tolérance maximale sur la résistance est donc de 5%, cas n°2.

## PARTIE 2 : TRAITEMENT DE L'ELECTROCARDIOGRAMME

1.

- 1.1. Période 1s, fréquence 1Hz soit 60 battements par minute.
- 1.2. Les fréquences sont identiques, il s'agit du fondamental.
- 1.3. La fréquence maximale du spectre valant 100 Hz, il faut échantillonner à  $F_{\text{emin}} = 200$  Hz.
- 2.1. La fréquence d'échantillonnage étant fixée à 448 Hz, la fréquence maximale du signal doit être inférieure à 224 Hz, ce qui n'est pas le cas de la fréquence  $f_2$
- 2.2. Un signal échantillonné à la fréquence  $F_e$  produisant des signaux aux fréquences  $F_e - f$  et  $F_e + f$ , le signal à la fréquence  $f_1$  produit un signal à  $f'_1 = F_e - f_1 = 298$  Hz et celui à la fréquence  $f_2$ , un signal à la fréquence  $f'_2 = F_e - f_2 = 48$  Hz.
- 3.1. La fréquence minimale du signal échantillonné  $F'_{\text{min}}$  est égale à la différence  $F_e - F_{\text{max}} = 448 - 100 = 348$  Hz.
- 3.2. La fréquence maximale du signal devant être inférieure à  $448/2 = 224$  Hz, on choisira une fréquence de coupure du filtre anti-repliement de 224 Hz.
- 3.3.  $G = 20 \cdot \log(1/100) = -40$  dB
- 3.4. Les filtres d'ordre 4 et 12 présentent une atténuation supérieure à 40 dB à 348 Hz.
- 3.5. A 150 Hz le filtre d'ordre 4 atténue d'environ 14 dB ce qui est insuffisant.
- 4.1. Le premier filtre est non récursif car l'état de la sortie à l'instant  $nT_e$  ne dépend pas de l'état de la sortie aux instants précédents.
- 4.2. Le second filtre est récursif car l'état de la sortie à l'instant  $nT_e$  dépend de l'état de la sortie aux instants précédents.
- 4.3. Filtre RII :  $G \approx -65$  dB, filtre RIF :  $G \approx -67$  dB. Cette composante est éliminée ( $G < -40$  dB).
- 4.4.  $\phi = -2\pi \cdot \Delta t / T = -\omega \cdot \Delta t$
- 4.5.

		Filtre RIF		Filtre RII	
		Retard $\Delta t$ (s)	Déphasage $\phi$ (rad)	Retard $\Delta t$ (s)	Déphasage $\phi$ (rad)
Fréquence de l'harmonique	10 Hz	0,02	$-4\pi/10 = -1,26$	0,01	$-2\pi/10 = -0,628$
	20 Hz	0,02	$-8\pi/10 = -2,51$	0,03	$-12\pi/10 = -3,77$

- 4.6. Le retard introduit par le filtre RIF est indépendant de la fréquence alors qu'il augmente avec la fréquence pour le filtre RII.
- 4.7. Les signaux à l'entrée et à la sortie du filtre RIF ont la même forme (le retard étant le même pour les deux fréquences).
- 4.8. Les signaux à l'entrée et à la sortie du filtre RII n'ont pas la même forme.
- 5.1.  $\phi(f) = -12,6 \cdot f / 100$
- 5.2.  $\phi(\omega) = -0,02 \cdot \omega$
- 5.3.  $\Delta t = -\phi / \omega = 0,02$  s

## PARTIE 3 : CONCLUSION

Le choix du filtre RIF s'impose, le signal ECG ne devant pas être déformé par le filtre.