

I. PRESENTATION La tension $U_{DG(t)}$ que l'on souhaite visualiser comporte :

à garder	une composante utile que l'on souhaite visualiser $U_{CARD(t)}$, image de l'activité cardiaque . Son amplitude va de 0.5 mV à 5.0 mV et son spectre fréquentiel varie selon le rythme cardiaque, largeur de bande comprise entre 0.05 Hz et 100 Hz .	
à éliminer	une composante continue lentement variable $U_{CONT(t)}$ comprise typiquement entre 0 et ±300 mV	$U_{BRUIT(t)}$: composantes indésirables 50 Hz du réseau et par des alimentations à découpage dont f > 10 kHz .

On a : $U_{DG(t)} = V_{D(t)} - V_{G(t)} = U_{CARD(t)} + U_{CONT(t)} + U_{BRUIT(t)}$.

Il faut noter que les tensions $U_{DM(t)}$ et $U_{GM(t)}$ comporte en plus :

à éliminer	une composante de bruit de mode commun $U_{COM(t)}$ (essentiellement dûe au 50Hz). Cette composante peut être très importante si on ne fait pas attention à la limiter (circuit de garde ou cheville à la masse du montage)
------------	--

II. POUR SE CHAUFFER ET SE METTRE DANS LE SUJET.

Q1 $U_{DG} = V_D - V_G = (V_D - V_M) - (V_G - V_M) = U_{DM} - U_{GM}$ DG

Q2 $U_{DIFF} = U_{DM} - U_{GM} = ((U_{DG}/2) + U_{COM}) - (-(U_{DG}/2) + U_{COM}) = U_{COM}$

$U_{MC} = (U_{DM} + U_{GM})/2 = [((U_{DG}/2) + U_{COM}) + (-(U_{DG}/2) + U_{COM})] / 2 = U_{COM}$

III. UNE CHAINE D'ACQUISITION, AH OUI ...

Q3

nom	fonction	utile ?
ampli d'instrumentation	amplifier le mode diff virer le mode commun	oui car ici au départ. mode commun > mode diff
ampli d'isolation	isoler le bonhomme du système électrique de mesure	oui (normes de protection)
filtre passe-bas	virer la composante continu	oui pour éviter dérive des signaux
filtre passe-haut	virer les composantes inutiles haute fréquence (filtre anti - repliement)	oui car ici il y a du bruit HF et des composantes au-delà de $f_{ech}/2$
filtre coupe-bande	virer le 50 Hz qui traîne encore après amplification	oui car il en traîne encore après l'amplification
convertisseur An./ Num.	numérise le signal	oui
opto-isolateur	isoler le système électrique de mesure du reste du monde	oui pour assurer l'isolation galvanique et protéger le patient
μC ou μP ou DSP	traitement du signal	oui pour sortie la fréqu cardiaque et d'autres infos
liaison série RS232/422	transmission des données	oui si on veut mémorisation, visualisation ...

IV. CHEVILLE ET MODE COMMUN ...ET QUELQUES EXPERIMENTATIONS

Q4 Sur les figures, U_{DM} ressemble beaucoup à $U_{GM} \Rightarrow U_{COM} \gg U_{DG}$

Cheville non connectée	U_{COM} pic à pic = 200mV, 50 Hz principalement +composante haute fréquence/au 50 Hz
Cheville connectée	U_{COM} pic à pic < 2mV, 50 Hz + il n'y a plus la composante haute fréquence/au 50 Hz mais c'est l'oscillo qui l'a virée.

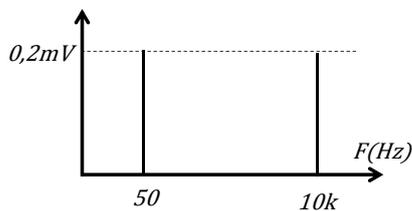
Q5 Connecter la cheville à M ou utiliser un circuit de garde relié à la cheville limite la tension de mode commun.

Q6 Il reste une composante 50Hz sur U_{DG} d'amplitude pic à pic **0,4 mV**. Un filtre réjecteur permettra de l'éliminer.

Q7 Le signal utile à lui une amplitude pic à pic de **1 mV** (U_{DG} sur Figure 7 partie gauche). Cela est cohérent avec le début du sujet : amplitude entre **0,5 mV** et ...

Q8 Sur U_{DG} (Figure 7 partie gauche), on voit que la durée entre deux pics diminue sensiblement ! Entre les deux premiers pics, on a un peu moins que 1s (soit une pulsation légèrement supérieure à 60 batt/min)

Dans toute la suite de l'étude, la cheville est reliée à un circuit de garde.
 On supposera **pour toute la suite de l'étude**, que U_{COM} ne comporte que du **50 Hz** et on fixe : $U_{COM} = 1mV$ d'amplitude.
 De même, **pour toute la suite de l'étude**, on suppose que U_{BRUIT} ne comporte que du **50Hz** avec une amplitude de **0,2 mV** et du **20kHz** avec une amplitude de **0,2 mV**.



Q9

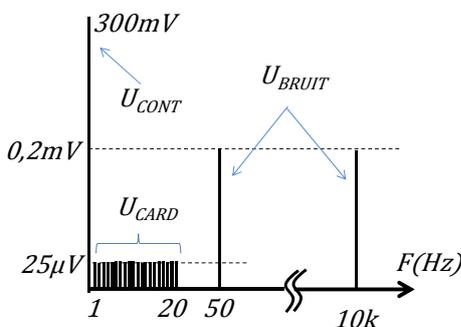
V. QUELS SIGNAUX ?

Q10 60 pulsations par minutes \Rightarrow période de $U_{CARD} = 1s$

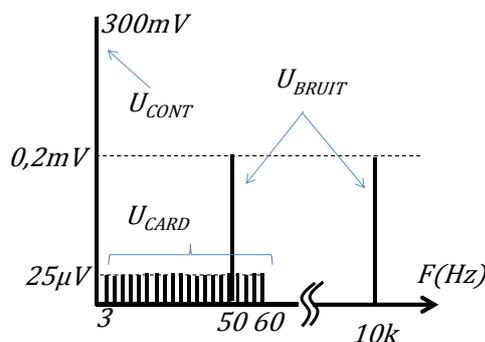
Q11 fréquence du fondamental du signal $U_{CARD} : 1Hz$

Q12 niveau maximal de U_{CARD} possible : $20 \times 25\mu V = 500\mu V = 0,5mV$ (on retrouve ce que l'on a mesuré sur la figure 7 pour U_{DG}).

Q13 Cœur à 60 puls/mn



Q14 Cœur à 180 puls/mn.



problème pour traiter le signal : le 50 Hz est dans la zone utile \Rightarrow il faut soigner le câblage et la réjection du mode commun pour en avoir le minimum et faire un filtre qui coupe très étroitement autour de 50 Hz (plus facile en numérique ou avec composant dédié).

VI. L'AMPLI D'INSTRUMENTATION

L'amplificateur choisie est un **AD620A**, il est alimenté en $\pm 5 V$

Q15 plage tension entrée de l'ampli : (Input Voltage Range) : $-V_s+1,9 \quad +V_s-1,2$, ici $V_s = 5V$, soit : **-3,1 à 3,8 volts**.

Q16 niveau max de V_{DM} (ou V_{GM}) en entrée de l'ampli? : $U_{COM} + U_{DG} / 2 = U_{COM} + (U_{CARD(t)} + U_{CONT(t)} + U_{BRUIT(t)}) / 2 = 1mV + (5mV + 300mV + 0,2 + 0,2) / 2 \approx 150mV$, c'est bon.

Si on avait connecté le bras gauche à M, on aurait eu V_{GM} avec un niveau max de 300mV ce qui convient encore.

Q17 niveau max signal de sortie (output swing) : $-V_s+1,1$ $+V_s-1,2$ soit **-3,9 à 3,8 volts**.

Q18 gain maximal possible ? Attention, la composante continue est aussi amplifiée ici, c'est elle qui va limiter fortement le gain possible !

$\pm 150\text{mV} \rightarrow \pm 3,8\text{V}$: gain de 25,3 mais le débattement ($2 \times 3,8 = 7,6\text{V}$) est supérieur à celui de l'ADC (~~qui est de 5V~~) (erreur, il est en vrai de 2,5 V : 0 à V_{ref}).

Rq : Sans le circuit de garde qui recentre le potentiel de M, on aurait pu avoir une tension continue max de 300mV ou mini de -300 mV pour une sortie max de 3,8 V ou mini de -3,8V \Rightarrow gain de 16,6.

Si on prend un débattement côté sortie de l'ampli de $2,5\text{V}$ (on suppose qu'il y a un système de décalage pour rester dans les $[0 \text{ à } 5]\text{V}$; alors on trouve (avec le circuit de garde, dans le pire des cas ($\pm 150\text{mV}$ côté entrée = débattement de 300mV), un gain de $2,5\text{V}/300\text{mV} = 8,4$.

Q19 le potentiel d'OUTPUT peut se décaler de $-V_s+1,6$ à $+V_s-1,6$. cf reference input

Pour la suite, on prendra un gain **G = 8**.

Q20 $R_G = 7,06 \text{ k}\Omega$

Q21 Pour $G = 8$ (voisin de 10), on a : CMRR = 93dB mini, (par sécurité on prendra 73dB)

Q22 La tension de mode commun vaut 1mV (en 50Hz) $A_d = 8$, CMMR = 73 dB \Rightarrow $A_{mc} = 1,8 \times 10^{-3}$, la composante 50Hz issue du mode commun vaudra donc : $1,8\mu\text{V}$: négligeable (le 50 Hz en sortie de l'ampli est induit uniquement par la composante différentielle)

Q23 La composante utile vaut au max : $5\text{mV} \times 8 = 40\text{mV}$

VII. LA SECURITE

Q24 Protection du patient en limitant les courants.

Q25 Même raison. (pile \Rightarrow énergie embarquée petite)

Q26 ADP 3607-5 (+5V à partir du 3,3V) et ADP3605 (-5V à partir du +5V)

Q27 Protection du patient avec cet isolement galvanique.

VIII. LE SOFT

Q28 Non, cela signifie que les composantes au-delà de $F_e/2$ sont négligeables et ne pose pas de problème de repliement (en particulier le 20kHz ; filtré par le produit gain-bande de l'AD620 ? : NON ! BP = 800 kHz avec $G=10$, il ressort donc $0,2 \times 8 = 1,6 \text{ mV}$... pas si négligeable que cela par rapport à la composante utile!). En fait le μC peut échantillonner au-delà de 40kHz (pas de problème alors de repliement du spectre) puis faire un filtrage numérique pour virer le 20kHz avec sous échantillonnage pour sortie une information à $F_e = 500 \text{ Hz}$.

Q29 $F_e = 500 \text{ Hz}$. OK si il n'y avait pas le 20kHz, car sinon $f_{max} = 100\text{Hz}$ bien en dessous de $F_e/2$.

Q30 Quels sont les fonctions que doit réaliser le programme dans le μC à partir des acquisitions? Expliquer à partir de la doc fournie.

Enlever le continu : passe-haut avec coupure à 0,05 Hz

Enlever le 50 Hz : coupe-bande étroite centrée sur 50Hz

Enlever les éventuelles composantes au-delà de 100 Hz : passe-bas qui coupe à 100Hz.

Q31 Filtres à phase linéaire

IX. LES ERREURS

Q32 voir ref [4]

Fin.