

## SYSTEMES ELECTRONIQUES

Pour tous les exercices, la réponse aux questions comportera une expression littérale et la valeur numérique associée (avec l'unité adéquate).

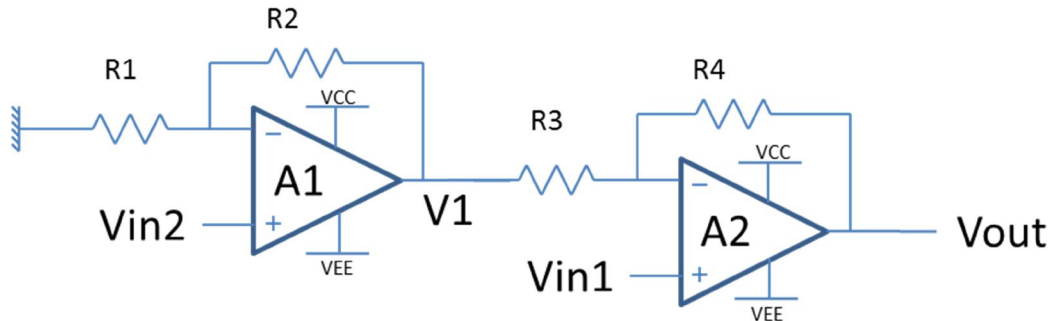


Figure 1

### 1.0: Analyse de la fonction de transfert

L'ensemble des questions ci-dessous portent sur le circuit de la figure 1. Les amplificateurs opérationnels A1 et A2 sont considérés idéaux. Le circuit est alimenté sous  $V_{CC}=3,3V$  et  $V_{EE}=-3,3V$ . Les résistances sont telles que  $R_4 = n R_3$  et  $R_1 = n R_2$ .

a/ Déterminez l'expression de  $V_{out}$  en fonction de  $V_{in1}$  et  $V_{in2}$ .

Le circuit est utilisé pour conditionner les signaux issus du pont de Wheatstone de la figure 2 ci-dessous :

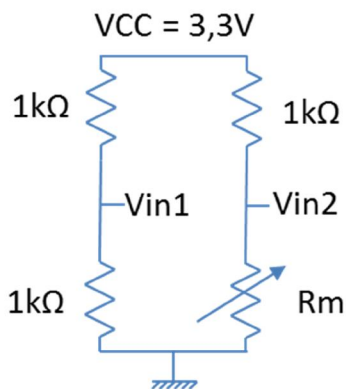


Figure 2

La résistance  $R_m$  est une jauge de contrainte dont la valeur varie en fonction de la charge appliquée selon la relation suivante:  $R_m = R_o + k m$  avec  $R_o = 1 \text{ k}\Omega$ ,  $k = 1\Omega/\text{kg}$  et  $m$  la masse appliquée en kg.

b/ Le circuit présente un CMRR de 120dB. Pour  $n=999$  et une masse de 100g appliquée, quelle est la tension en  $V_{out}$  ?

## 2.0 : Analyse en bruit

L'ensemble des questions ci-dessous portent sur le circuit de la figure 1. Les amplificateurs opérationnels A1 et A2 sont considérés idéaux sauf en ce qui concerne le bruit pour lequel les caractéristiques sont données par les courbes des figures 4 et 5. Les résistances sont telles que  $R_4 = R_1 = 49\text{k}\Omega$ ,  $R_3 = R_2 = 1\text{k}\Omega$ . Rappel:  $4kT = 1,6 \cdot 10^{-20} \text{ J}$ .

a/ Redessinez le schéma de la figure 1 dans la configuration de calcul du bruit (vous ferez apparaître les différentes sources).

b/ Dans le cas du bruit thermique uniquement, déterminez, pour chaque source de bruit, la densité spectrale de bruit en  $V_{out}$  (remplir le tableau page 3).

Un filtre passe-bas R-C du premier ordre et de fréquence de coupure  $f_c = 10\text{Hz}$  est connecté en  $V_{out}$  (figure 3) :

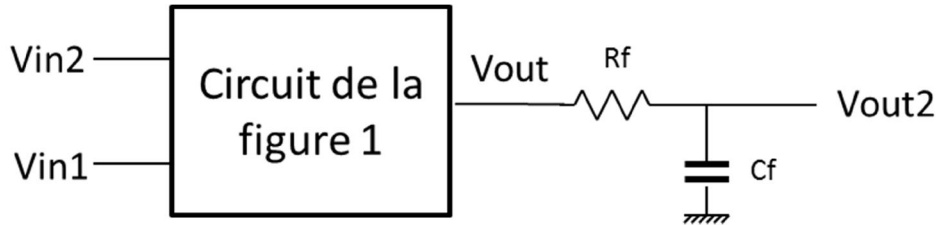


Figure 3

c/ Déterminez la puissance de bruit en sortie du filtre ( $V_{out2}$ ) en négligeant le bruit propre du filtre

d/ Déterminez la valeur de  $R_f$  et de  $C_f$  pour ce filtre afin que la puissance de bruit apportée par le filtre soit au plus égale à 10% de la puissance de bruit déterminée à la question précédente.

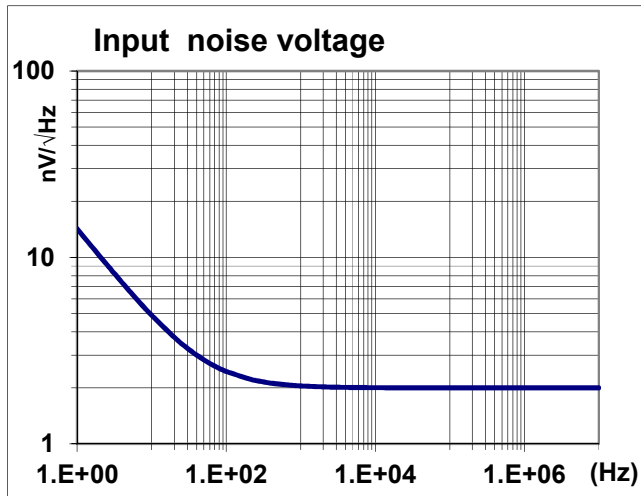


Figure 4

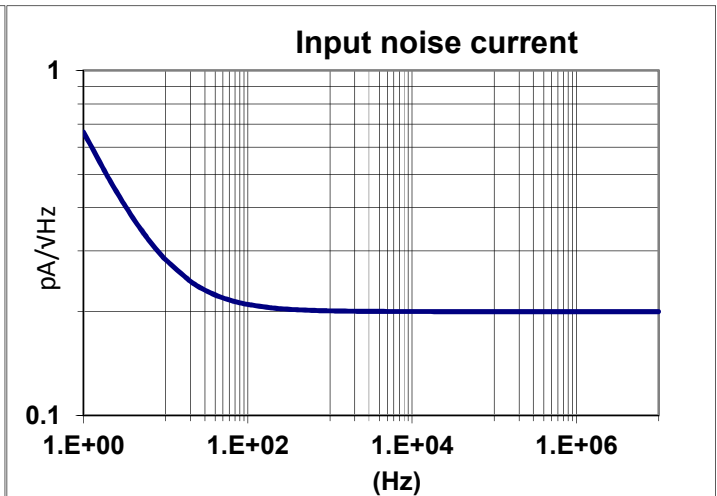


Figure 5

## 3.0: stabilité

L'ensemble des questions ci-dessous porte sur le circuit de la figure 1. Les résistances sont telles que  $R_4 = R_1 = 49\text{k}\Omega$ ,  $R_3 = R_2 = 1\text{k}\Omega$ . Les caractéristiques des amplificateurs opérationnels A1 et A2 sont données dans le tableau ci-dessous et sur la courbe de la figure 6.

Paramètre	Valeur	unité
Impédance d'entrée différentielle	$\infty // 3$	$\Omega // \text{pF}$
Impédance d'entrée de mode commun	$\infty // 2$	$\Omega // \text{pF}$

a/ Déterminez le gain en boucle ouverte, les pôles et le produit gain-bande des amplificateurs opérationnels. Quel est le gain minimal de boucle fermée que l'on peut réaliser avec de tels amplificateurs opérationnels ? Est-ce cohérent avec les gains réalisés par le circuit de la figure 1 ?

b/ Pour chaque étage, donnez le schéma du bloc F et déterminez ses paramètres. Quel étage présente la configuration la plus défavorable pour la stabilité ?

c/ A l'aide de la méthode exposée en cours, déterminez la marge de phase pour l'étage du circuit présentant la configuration la plus défavorable (les formules utilisées seront explicitées en reportant  $|1/F|$  sur le graphe figure 6). Concluez sur la stabilité de l'ensemble.

Nom :

Prénom :

source	Expression littérale du bruit en Vout	Application numérique

### Caractéristiques en boucle ouverte

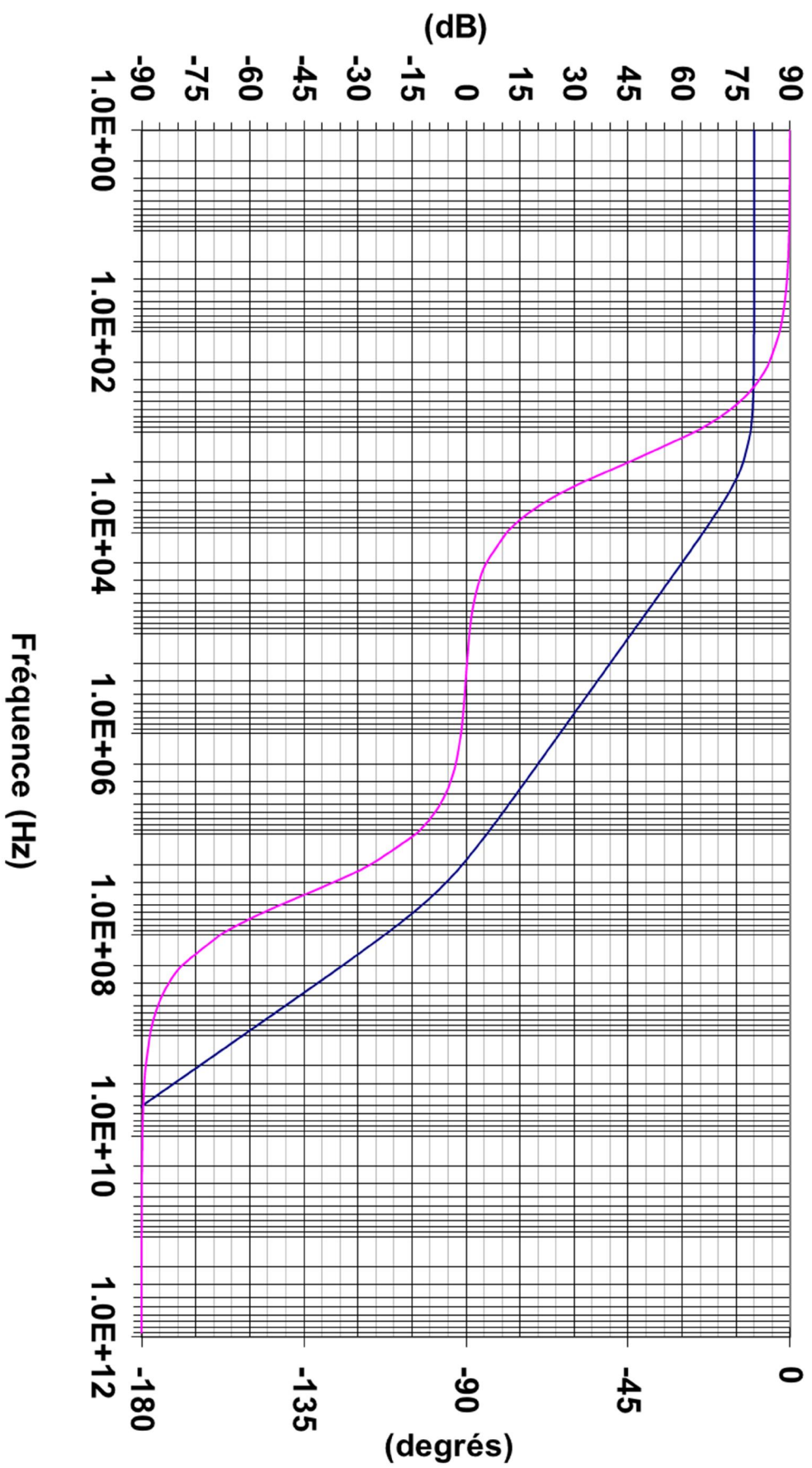


Figure 6