

## ELECTRONIQUE ANALOGIQUE

- Une réponse comporte une phrase et une expression littérale le cas échéant.
- La valeur numérique éventuellement demandée comportera l'unité adéquate faute de quoi la réponse ne sera pas prise en compte

### 1.0 : Conversion DC-DC linéaire (35%)

Un système de télémessure (figure 1a) est constitué d'une batterie, d'un régulateur et d'un tag communicant sans fil. Le tag comporte un microcontrôleur, un émetteur et une horloge temps réel. En fonctionnement normal, l'horloge temps réel réveille le microcontrôleur de façon cyclique avec une période de  $T$ , celui-ci alimente ses capteurs et réalise les mesures, puis il alimente l'émetteur qui transmet les mesures à un concentrateur et enfin, le microcontrôleur coupe l'émetteur et les capteurs et retourne à l'état de veille. La consommation du tag lors d'un cycle complet est décrite par le graphe de la figure 1b, les valeurs correspondantes sont données dans le tableau de la figure 1c. Les caractéristiques du régulateur sont données dans le tableau figure 1d. La batterie est constituée de la mise en série de  $N$  cellules. La capacité d'une cellule est de 200mAh et présente la courbe de décharge de la figure 1e.

a/ Déterminer l'expression du courant moyen consommé par le tag ( $I_{\text{tag}_{\text{moy}}}$ ) en fonction de  $T$ , durée du cycle complet. En déduire l'expression du courant moyen débité par la batterie ( $I_{\text{batt}_{\text{moy}}}$ ).

b/ Quelle est la tension minimale  $V_{\text{batt}_{\text{min}}}$  nécessaire pour garantir un fonctionnement du système ? En déduire la capacité utile de la batterie pour  $N=4$ .

c/ Pour  $N=4$ , quelle valeur de  $T$  assure une autonomie de 1000 heures ?

d/ Déterminer le nombre de cellules  $N$  qui seraient nécessaire pour pouvoir utiliser la capacité totale des cellules.

e/ Quelle tension maximale doit pouvoir supporter le régulateur sur son entrée pour la valeur de  $N$  précédemment déterminée ?

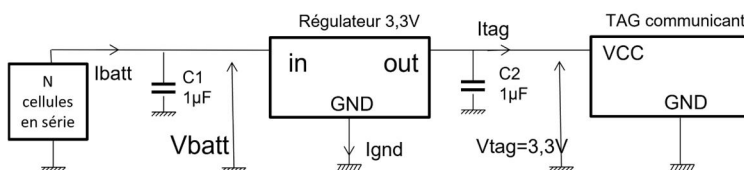


Figure1a

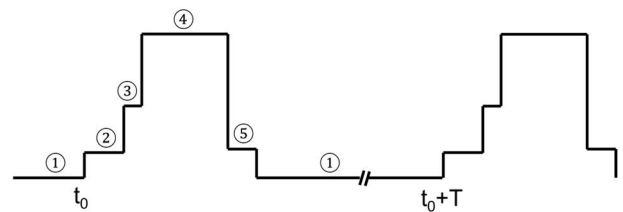


Figure 1b

N°	signification	durée	Consommation
①	Tag en veille	Dépend de T	50 $\mu$ A
②	Réveil et mesures	5ms	1 mA
③	Préparation d'émission	3ms	5 mA
④	Emission des mesures	10ms	60 mA
⑤	Préparation au retour en veille	2ms	2 mA

symbole	valeur
V <sub>in max</sub>	À déterminer
V <sub>out</sub>	3,3V
Drop-out: V <sub>DO</sub>	300mV
I <sub>gnd</sub>	100 $\mu$ A
I <sub>out max</sub>	100mA

Figure 1c

Figure 1d

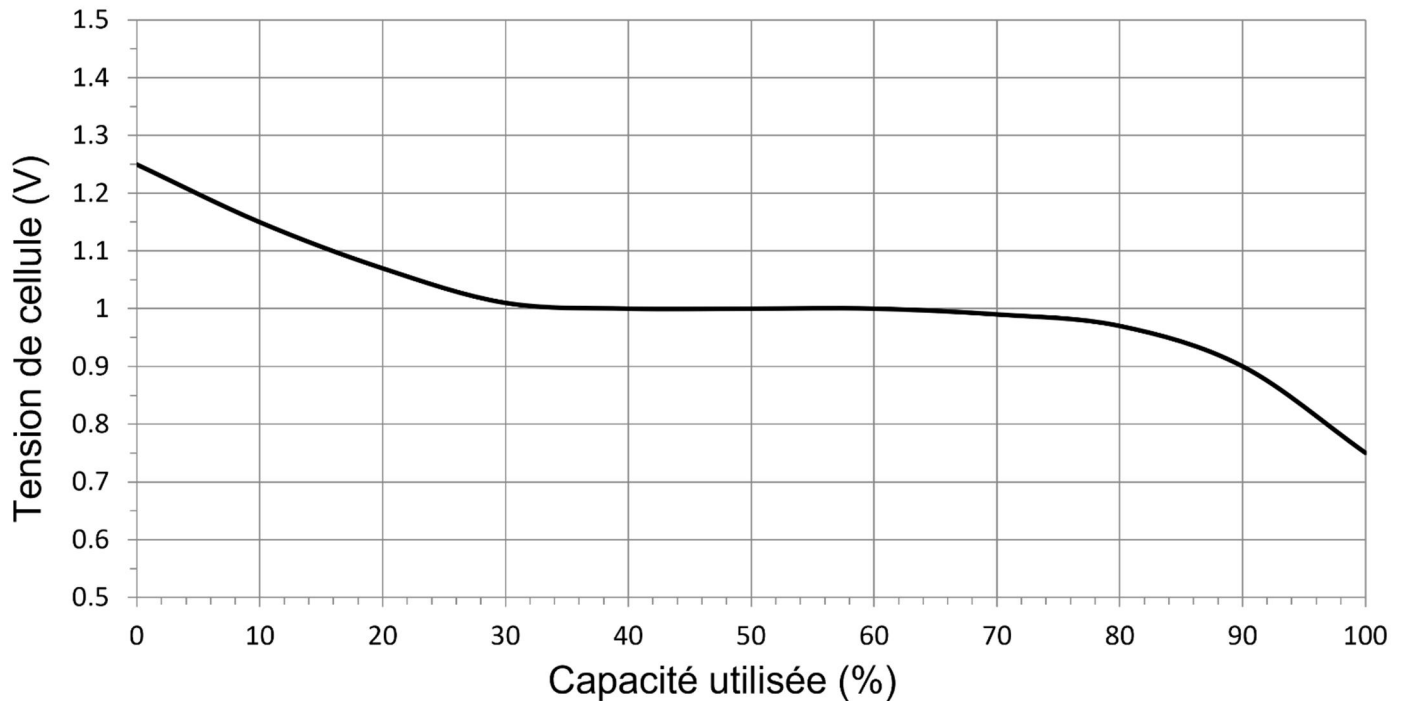


Figure 1e

## 2.0: Conversion DC-DC à découpage (15%)

L'ensemble des questions ci-dessous porte sur le circuit de la figure 2a. Un régulateur de type BOOST est utilisé pour alimenter un microcontrôleur à partir d'une cellule d'accumulateur de capacité 2000mAh, dont la caractéristique de décharge est donnée figure 2b.

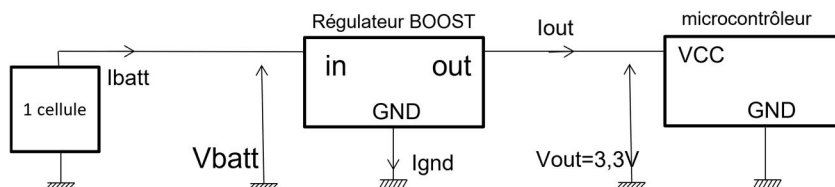


Figure 2a

La fonction de transfert du régulateur est  $\frac{V_{out}}{V_{in}} = \frac{1}{1-\theta}$ , le rapport cyclique  $\theta$  doit être tel que  $20\% \leq \theta \leq 80\%$ . Le rendement du régulateur est  $\eta=90\%$ , on supposera  $I_{gnd} = 0$ .

a/ Les contraintes sur le rapport cyclique  $\theta$  sont-elles compatibles avec la plage de tension de la cellule d'accumulateur ? Quelle est la capacité utile de l'accumulateur ?

b/ Déterminer la tension moyenne de l'accumulateur (expliquez votre démarche). En déduire le courant  $I_{batt}$  moyen pour un courant  $I_{out} = 1\text{mA}$ .

c/ Déterminer l'autonomie du système pour un courant  $I_{out} = 1\text{mA}$ .

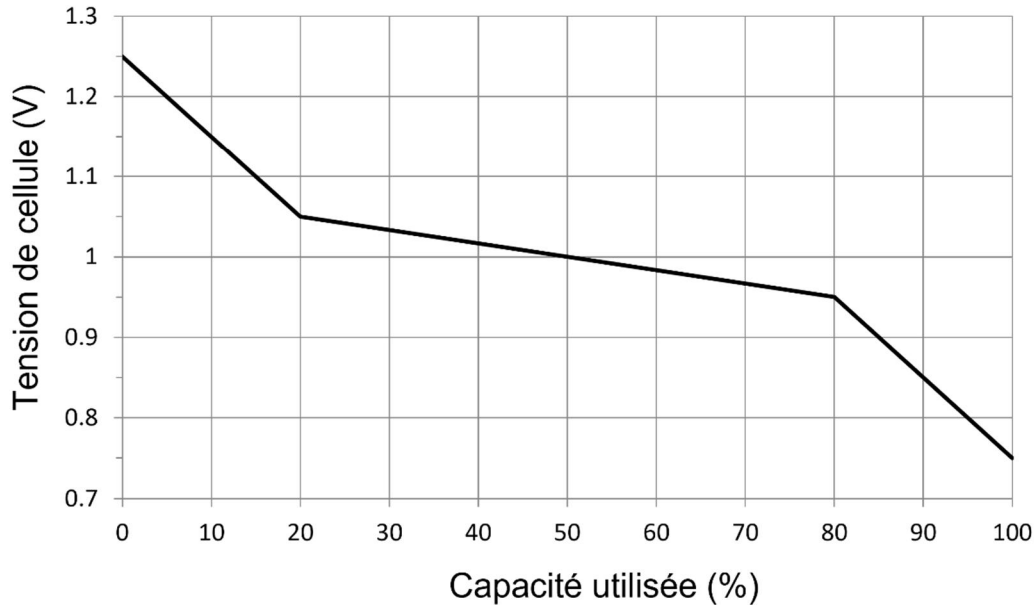


Figure 2b

### **3.0: Bruit (35%)**

L'ensemble des questions ci-dessous porte sur le circuit de la figure 3a. L'amplificateur opérationnel est considéré idéal sauf en ce qui concerne le bruit pour lequel les caractéristiques sont données par les courbes des figures 3b et 3c.

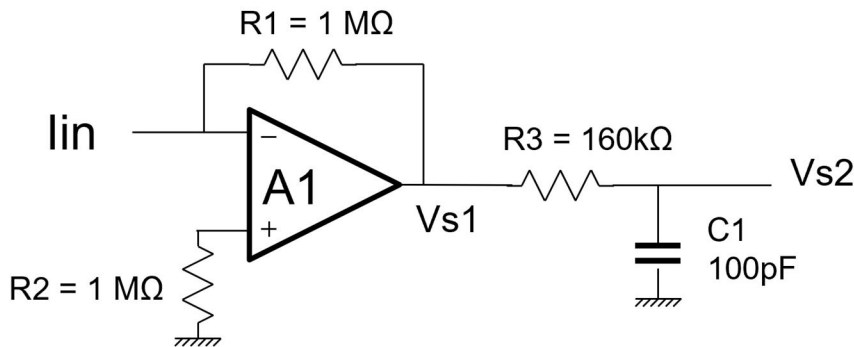


Figure 3a

a/ Redessinez le schéma de la figure 3a en faisant apparaître clairement :

- Les différentes sources de bruit
- La condition sur  $I_{in}$  pour le calcul du bruit

b/ Pour le bruit thermique uniquement, remplir le tableau en page 7 (bruit en  $V_{s1}$ ).

Rappel :  $4kT = 1.6 \cdot 10^{-20}$  Joule

c/ Le signal Vs1 passe ensuite par le filtre constitué par R3 et C1. Déterminez la puissance de bruit en sortie de filtre (Vs2), en incluant le bruit propre du filtre.

d/ Déterminez la valeur crête-crête du bruit en Vs2.

e/ Déterminer la valeur du rapport signal/bruit en Vs2 pour un courant lin sinusoïdal, d'amplitude crête  $1\mu\text{A}$  à la fréquence de 100Hz. Vous exprimerez aussi le résultat en dB.

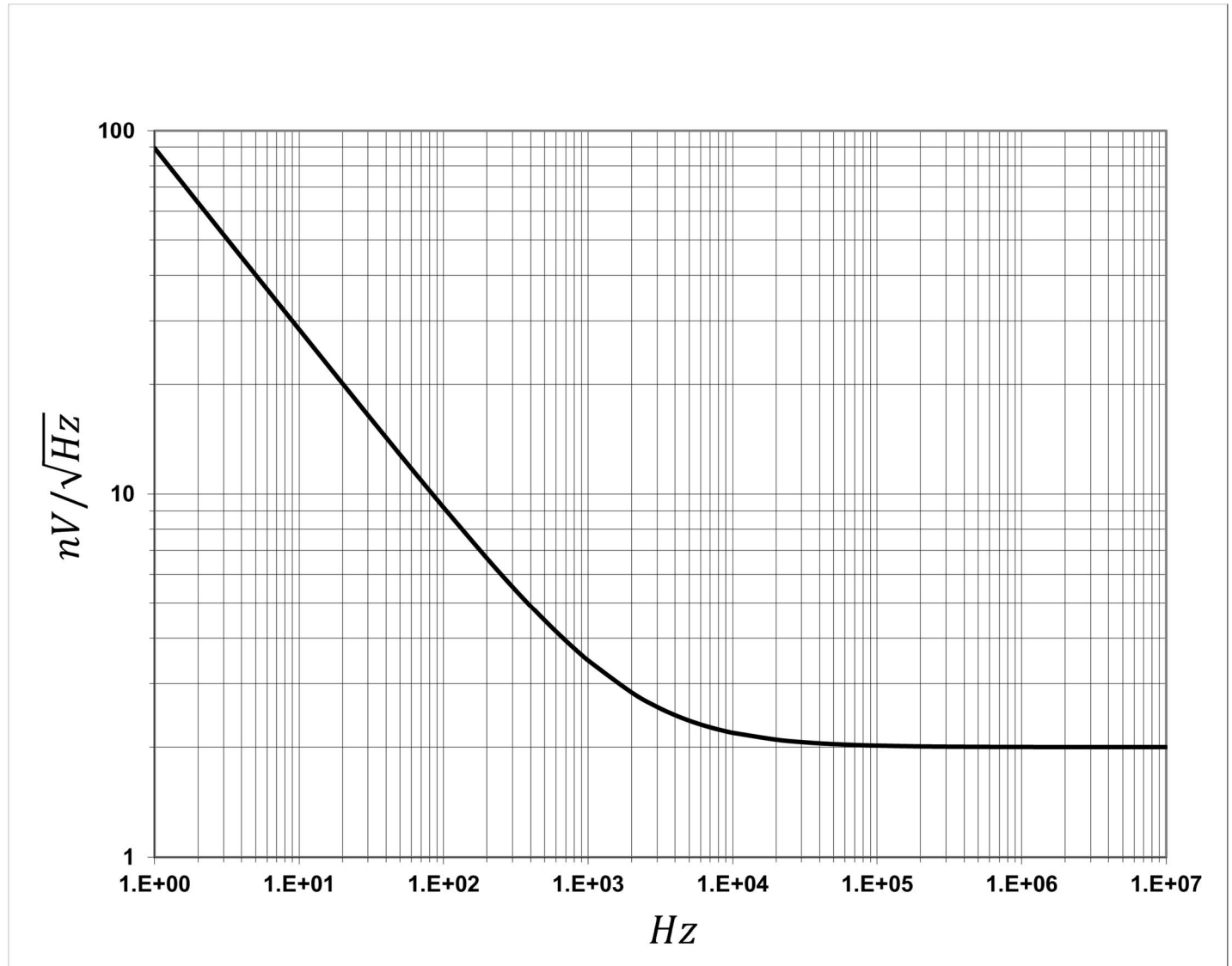


Figure 3b

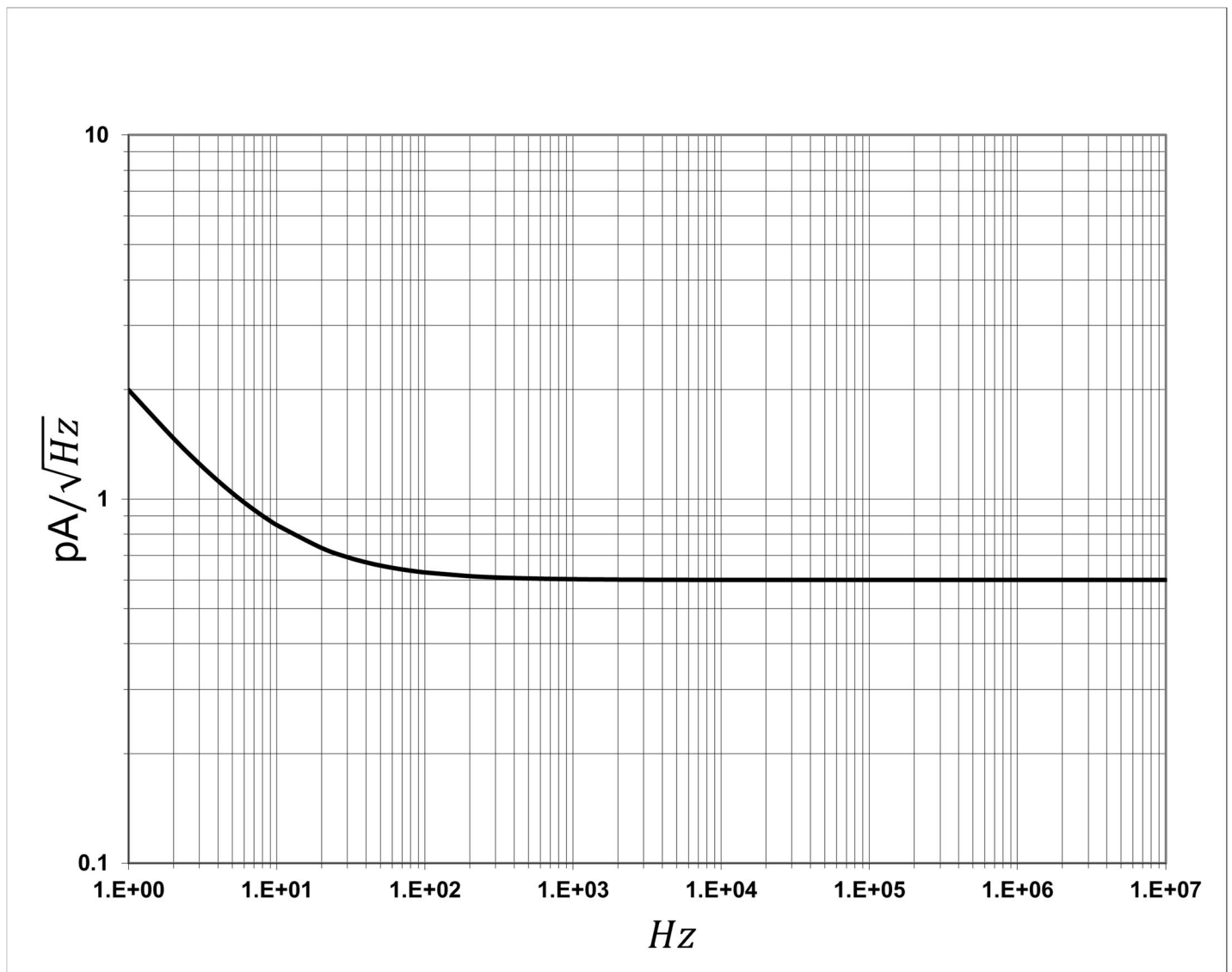


Figure 3c

#### **4.0: Amplificateur différentiel (15%)**

Un dispositif de mesure de poids par jauges de contrainte, est représenté figure 4a. Il emploie un amplificateur différentiel de type INA818 pour lequel le gain de mode différentiel est donné par la formule  $A_{md} = 1 + \frac{50k\Omega}{R_G}$ , avec  $R_G$  exprimée en  $k\Omega$ . Le CMRR de cet amplificateur est donné par les courbes de la figure 4b. Les jauges de contrainte ont pour caractéristique  $R=10k\Omega$  en l'absence de contrainte. Lors d'une mesure, la contrainte appliquée aux jauges induit une variation  $\Delta R$  sur la résistance des jauges.

a/ Donnez l'expression littérale de  $V_{in+}$  et  $V_{in-}$

b/ Donnez l'expression littérale et la valeur numérique de la tension de mode différentiel  $V_d$  en entrée de l'amplificateur pour  $\Delta R=10\Omega$ .

c/ Donnez l'expression littérale et la valeur numérique de la tension de mode commun  $V_{mc}$  en entrée de l'amplificateur pour  $\Delta R=10\Omega$ .

d/ Déterminez le gain de mode différentiel  $A_{md}$  et le gain de mode commun  $A_{mc}$  de l'amplificateur

e/ Déterminez la valeur de  $V_{out}$  pour  $\Delta R=10$

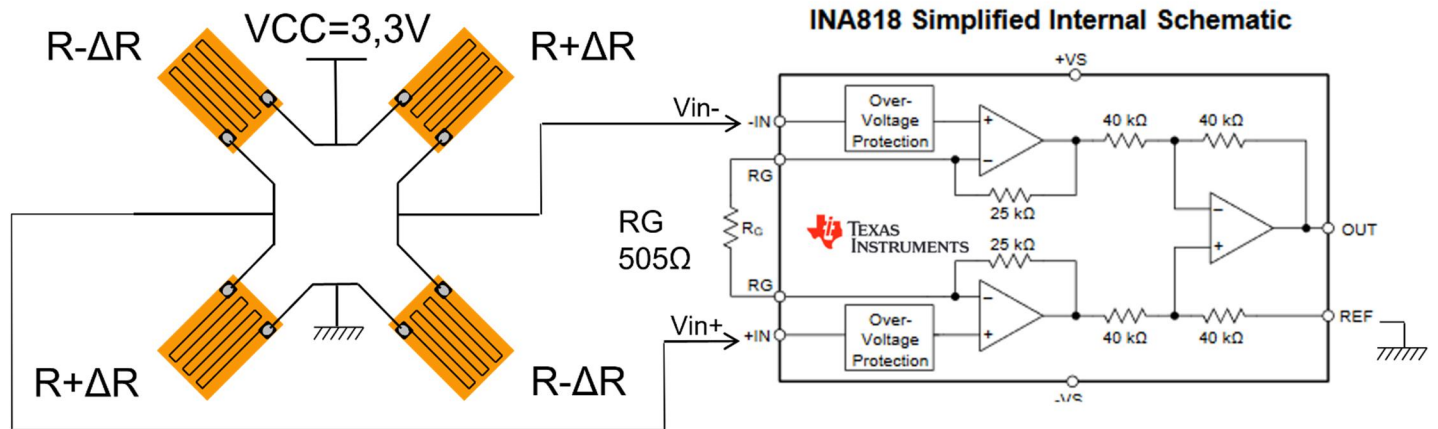


Figure 4a

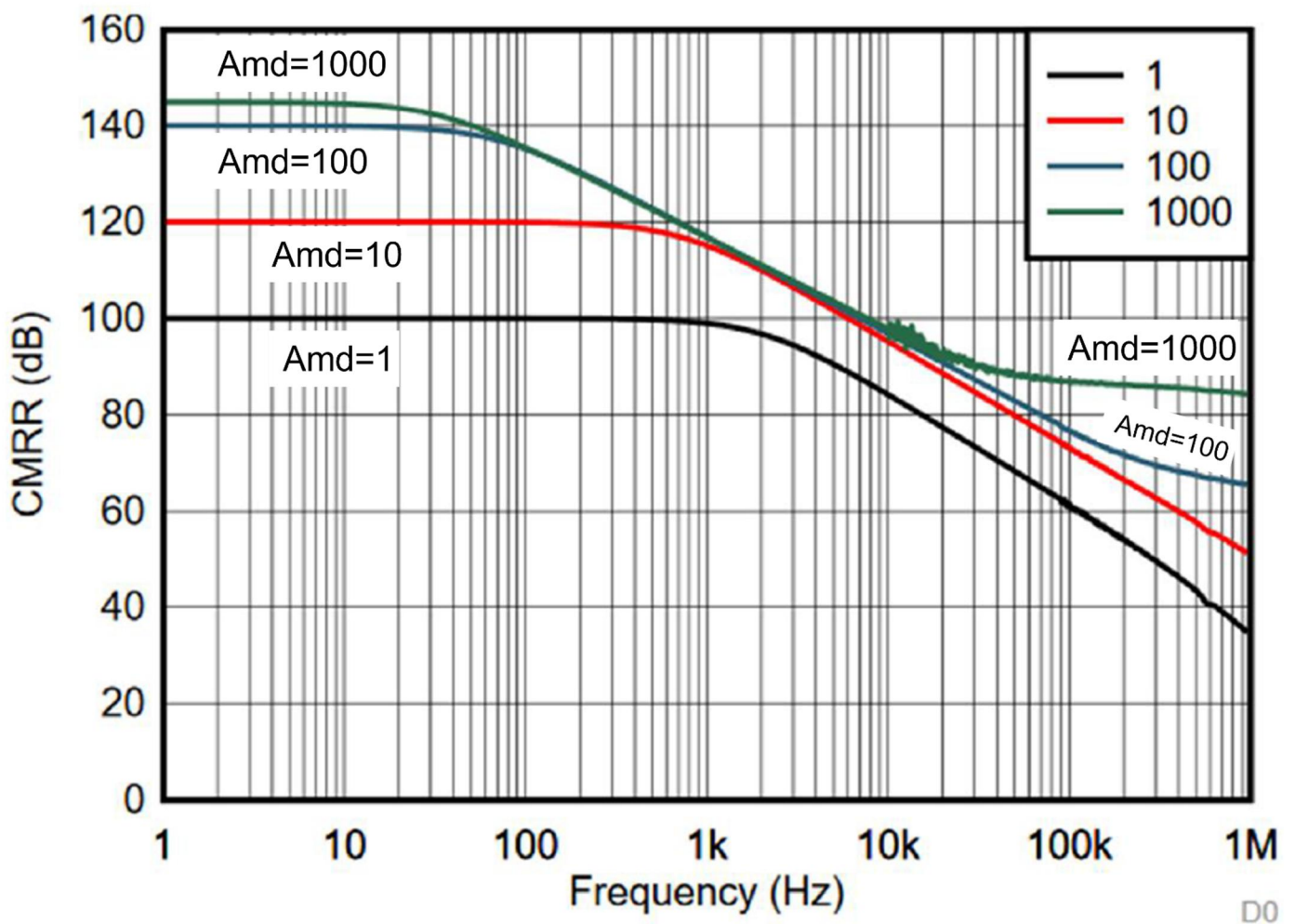


Figure 4b

## Page à rendre avec votre copie

Nom :

Prénom :

Amplificateur opérationnel (bruit thermique):

$e_n^2 =$

$i_n^2 =$

Source de bruit	Expression <u><b>littérale</b></u> de la contribution de la source à la densité spectrale de bruit <u><b>en Vs1</b></u>	Application numérique	Unité
	Bruit total en Vs1		