

Licence : L3 EEA – Parcours Ingénierie Electrique

Université Paul Sabatier

Toulouse III



L3 EEA REL

Textes de Travaux pratiques Electronique analogique

- Tp 1*** **Filtres Actifs**
- Tp 2*** **Amplificateur Différentiel**
- Tp 3 :*** **Amplificateur d'instrumentation**
Application : « la balance électronique »

Responsable Tps :

Thierry PERISSE
thierry.perisse@univ-tlse3.fr
Alex TAKACS
atakacs@laas.fr

- Tp 1*** **Filtres Actifs**
- Tp 2*** **Amplificateur Différentiel**
- Tp 3*** **Amplificateur d'instrumentation**
Application :
« La balance électronique »

Datasheet :

AOP TL074/84

SSM-2210 Transistors Appairés

INA114 Amplificateur d'instrumentation

Tp 1 FILTRES ACTIFS

1- Structure de Sallen-Key :

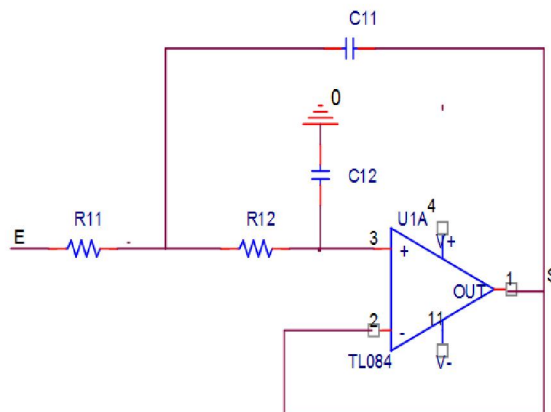
1-1 Etude de la structure :

- Donner la fonction de transfert du montage en précisant les expressions de la pulsation propre et de l'amortissement. S/E ; ω_0 ; m .

1-2 Filtre passe-bas de Bessel :

- On désire réaliser un filtre possédant une **fréquence de coupure de 10Khz et une atténuation de 40 db à 40Khz.**
- Déterminer l'ordre du filtre, en déduire la fonction de transfert.
- En utilisant la structure de Sallen-Key, donner le schéma de réalisation.

Structure de SALLEN KEY



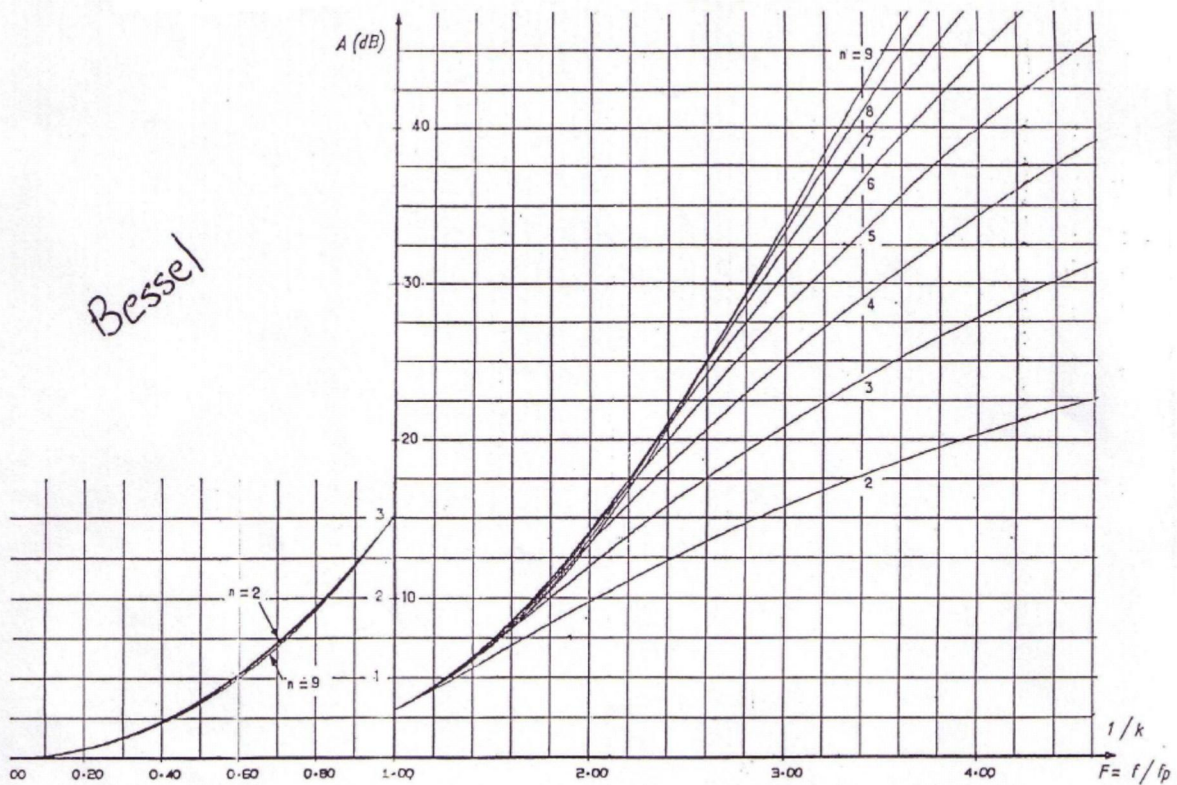
2- Réalisation du filtre avec PSPICE

- Simuler chacune des cellules et faire apparaître les points particuliers.
- Donner le Bode en gain et en phase du filtre de Bessel complet.

La tolérance sur les résistances sera prise à 10% et celle sur les condensateurs à 20%.

- Faire l'analyse de Monte Carlo (voir l'application n°4 du manuel).
-
- Faire l'analyse Worst Case (voir l'application n°6 du manuel).

Biblio :
 - Electronique 'Systèmes bouclés linéaires, de communication et de filtrage'
 Manneville / Esquieu
 - Filtres actifs PAUL BILDSTEIN
 - Cours/TD Géronimi.



N	CIRCUIT	m	q	V _m	F _m	FONCTION DE TRANSMISSION
2	1	0.6808	0.9077	-	-	(0.6180P ² +1.3616P+1)
3	1 2	0.4998 0.7560	0.9547	- -	- -	(0.4771P ² +0.9996P+1) (0.756P+1)
4	1 2	0.3871 0.6698	1.0048 0.7298	1.02 -	0.768 -	(0.3889P ² +0.7742P+1) (0.4889P ² +1.3396P+1)
5	1 2 3	0.5700 0.3107 0.6656	0.7241 1.0441	- 1.09	- 1.116	(0.4128P ² +1.1401P+1) (0.3245P ² +0.6215P+1) (0.665P+1)
6	1 2 3	0.6108 0.4843 0.2565	0.6363 0.7236 1.0745	- - 1.17	- - 1.376	(0.3887P ² +1.2217P+1) (0.3504P ² +0.9686P+1) (0.2756P ² +0.5130P+1)
7	1 2 3 4	0.5472 0.4151 0.2166 0.5936	0.6203 0.7252 1.0990	- - 1.26	- - 1.595	(0.3394P ² +1.0944P+1) (0.3010P ² +0.8303P+1) (0.2380P ² +0.4332P+1) (0.593P+1)
8	1 2 3 4	0.5556 0.4876 0.3601 0.1863	0.5690 0.6108 0.7278 1.1199	- - - 1.34	- - - 1.787	(0.3161P ² +1.1112P+1) (0.2979P ² +0.9753P+1) (0.2621P ² +0.7202P+1) (0.2087P ² +0.3727P+1)
9	1 2 3 4 5	0.5121 0.4355 0.1628 0.3159 0.5386	0.5533 0.6051 1.1384 0.7312	- - 1.42 -	- - 1.962 -	(0.2834P ² +1.0243P+1) (0.2635P ² +0.8710P+1) (0.1854P ² +0.3257P+1) (0.2310P ² +0.6319P+1) (0.538P+1)

— Filtrés passe-bas de Bessel. Valeur des éléments et des grandeurs de réglage.

Tp 2 : Amplificateur différentiel

L'amplificateur différentiel (soit une paire différentielle associée à un miroir de courant) constitue l'étage d'entrée des amplificateurs opérationnels.

Nous étudierons un étage amplificateur réalisé à partir de transistors NPN, nous le caractériserons en évaluant ses impédances et gains en mode commun et différentiel, ainsi que son taux de réjection de mode commun.

1- Le miroir de courant (fig. 1) :

On considère les transistors identiques avec $\beta = 400$ et la diode zéner de 5v6.

1.1 Etude aux forts signaux :

- Montrer que I_{R3} est pratiquement égal à I_{C4} .
- Calculer les valeurs de $R3$ et de $R4$ afin d'avoir un courant I_{C4} de 10mA.

1.2 Etude aux faibles signaux :

- Donner l'ordre de grandeur de l'impédance d'entrée du montage Z_e .

Manipulation :

Câbler la source de courant en utilisant les valeurs normalisées les plus proches pour les résistances ; Mesurer I_{C4} avec un ampèremètre et I_{R3} aux bornes de $R3$ à l'oscilloscope.

2- L'étage différentiel (fig.2) :

On considère : $\beta = 400$ et $V_{be} = 0.6V$.

2.1 Etude aux forts signaux :

Calculer la valeur de la résistance R_6 permettant d'obtenir $I_{R6} = 10mA$.

Calculer la valeur de $R1(R2)$ pour avoir $V_{c1}=V_{c2}=V_{cc}/2$.

2.2 Etude aux faibles signaux :

2.2.a Calculer les valeurs des paramètres r_{be1} , r_{be2} , r_{ce1} et r_{ce2} des modèles faibles signaux des transistors.

2.2.b Les signaux d'entrées arbitraires sont décomposables en signaux de mode commun et de mode différentiel : $V_1 = V_{cm} + V_{dm}$ et $V_2 = V_{cm} - V_{dm}$.

$$\text{Il vient : } V_{dm} = \frac{V_1 - V_2}{2} \quad \text{et} \quad V_{cm} = \frac{V_1 + V_2}{2}$$

$$\text{D'où la tension de sortie : } V_{s1} = A_{dm} V_{dm} + A_{cm} V_{cm}$$

Exprimer A_{dm} en fonction de r_{be} , β , R_C .

2.2.c Exprimer A_{cm} en fonction de r_{be} , β , R_C et R_E .

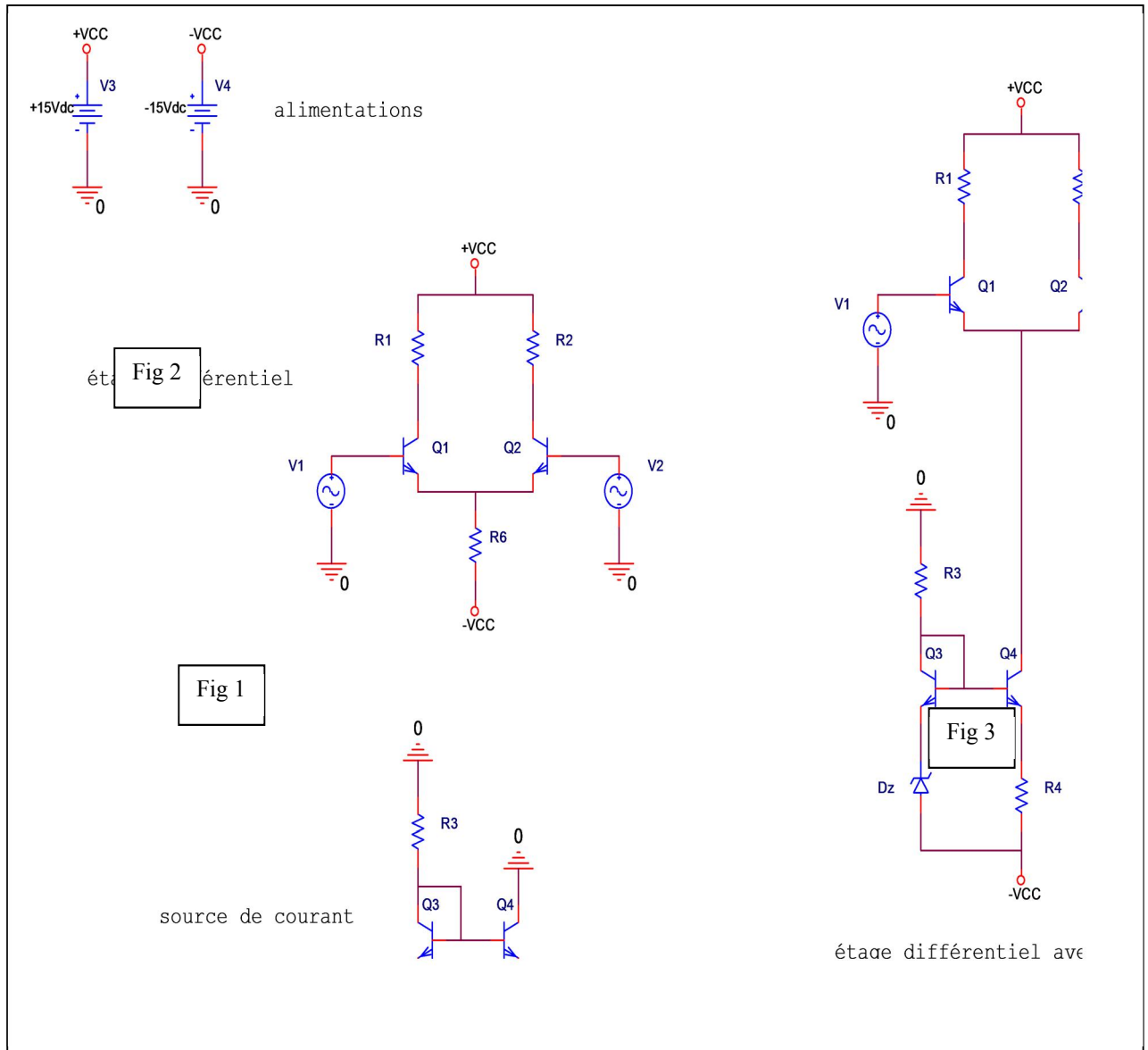
2.2.d Calculer le taux de réjection de mode commun $T_{RMC} = \left| \frac{A_{dm}}{A_{cm}} \right|$.

2.2.e Calculer la valeur de l'impédance d'entrée différentielle Z_d .

2.2.f Calculer la valeur de l'impédance d'entrée de mode commun Z_c .

Sur la fig 3 on réalise le schéma complet (source de courant + cellule différentielle) :

2.2.g On remplace la résistance R_6 du montage précédent par la source de courant, la polarisation étant directement compatible. Evaluer le nouveau taux de réjection de mode commun. Conclure.



Manipulation :

Choisir l'amplitude de la tension à appliquer sur les bases des transistors de manière à pouvoir mesurer le gain de mode commun et le gain de mode différentiel. Justifier ce choix.

Appliquer $V_1 = V_2$ et calculer le gain de mode commun. Appliquer $V_1 = -V_2$ et mesurer le gain de mode différentiel. En déduire le taux de réjection de mode commun.

Refaire la même manipulation en remplaçant R_6 par la source de courant.

TP 3 : Amplificateur d'instrumentation et application : « la balance électronique »

I Montage à un amplificateur

1) Principe

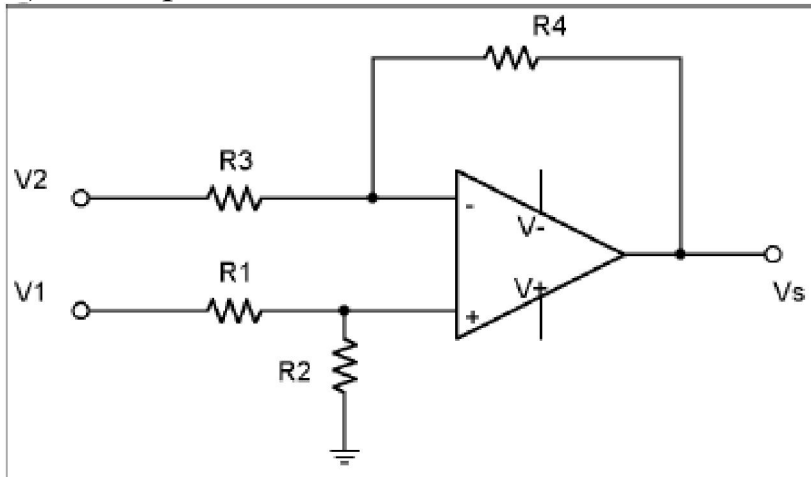


Figure 1: schéma électrique de l'amplificateur de différence

- Rappelez le but de l'amplificateur d'instrumentation et ses caractéristiques essentielles.
- En supposant l'amplificateur opérationnel parfait, trouvez la relation liant V_s en fonction des deux tensions d'entrée V_1 et V_2 .
- On introduit les tensions V_{mc} et V_d respectivement tension de mode commun et tension différentielle définies ci dessous :

$$V_{mc} = \frac{V_1 + V_2}{2} \quad \text{et} \quad V_d = V_1 - V_2$$

Donnez la nouvelle relation V_s en fonction de V_{mc} et V_d . En déduire le gain en mode commun G_{mc} et le gain en mode différentiel G_d définis comme suit :

$$V_s = G_d V_d + G_{mc} V_{mc}$$

Le taux de réjection du mode commun TRMC exprimé en décibel est défini par la relation suivante :

$$T_{RMC} = 20 \text{ Log} \left(\left| \frac{G_d}{G_{mc}} \right| \right)$$

On posera $R_1 = R_3$ et $R_2 = R_4$. Calculez le taux de réjection du mode commun dans ce cas particulier.

d) En fait, en raison des tolérances sur les composants (5%), l'égalité entre ces résistances est irréalisable. On posera $x = \Delta R/R$ la sensibilité résistive identique pour chacune des résistances ($x \ll 1$).

Calculez dans le pire des cas, représenté sur la figure 2, le gain en mode commun. On admettra que le gain différentiel G_d reste inchangé, calculez le taux de réjection du mode commun TRMC de ce montage ($x=0.05$).

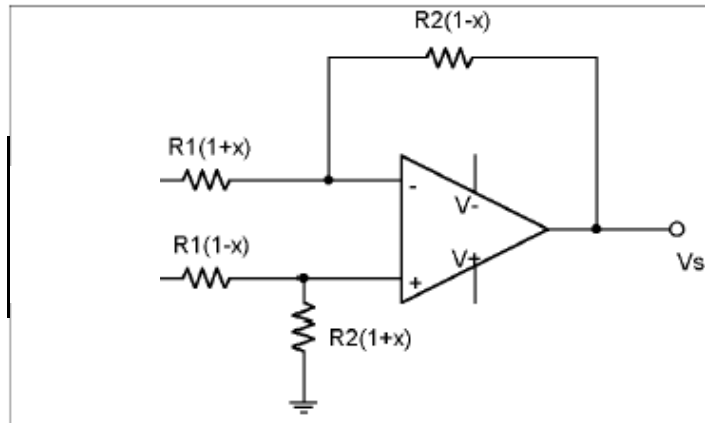


Figure 2: schéma électrique de l'amplificateur de différence compte tenu des dispersions sur les résistances.

2) réalisation pratique

On utilisera l'amplificateur opérationnel TL081, $R_1 = R_3 = 1.2 \text{ Kohms}$ et $R_2 = R_4 = 120 \text{ Kohms}$ (tolérance 5 %). On découplera les alimentations à l'aide de deux capacités de 100 nF.

3) mesures expérimentales

- **mesures de gains et du TRMC**

On se place en mode sinusoïdal à une fréquence de 1 KHz.

Mesurez le gain différentiel, le gain en mode commun. En déduire le TRMC. Comparez le taux de réjection en mode commun expérimental à la valeur théorique compte tenu de la tolérance des composants. Conclure.

Dans cette étude, on a négligé le TRMC de l'amplificateur opérationnel du TL081 donné par la documentation technique. Qu'en pensez-vous ?

- **mesures des impédances d'entrée**

On peut définir deux impédances d'entrée vues de l'entrée non inverseuse V_1 et de l'entrée inverseuse V_2 respectivement.

Calculez et mesurez ces deux impédances en n'alimentant successivement qu'une seule des deux entrées. Conclure.

- **mesure de la bande passante de l'amplificateur différentiel**

Mesurez la fréquence de coupure du montage. A l'aide du produit (gain * bande passante) donné par la documentation technique, comparez votre mesure à la fréquence de coupure théorique.

Conclure sur les avantages et inconvénients d'un tel montage.

II Amplificateur d'instrumentation à trois amplificateurs :INA 114

1) principe

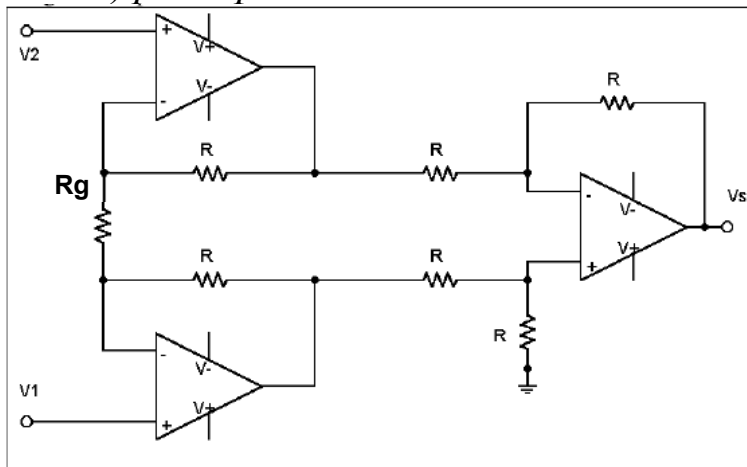


Figure 3: schéma électrique de l'amplificateur d'instrumentation à trois amplificateurs

Trouvez la relation liant V_s et les entrées V_1 et V_2 . Le gain en mode différentiel est-il facilement ajustable ? Le montage est-il symétrique quant aux entrées inverseuse et non inverseuse ? Calculez le taux de réjection en mode commun de ce montage.

2) réalisation pratique

On cablera l'INA 114 selon la notice technique afin d'obtenir un gain différentiel égal à 100. Les alimentations seront découplées à l'aide de deux capacités de 100 nF. La patte 5 sera connectée à la masse.

3) mesures

On se place en mode sinusoïdal à une fréquence de 1 KHz.

Comme précédemment, mesurez le gain différentiel, le gain en mode commun. En déduire le TRMC. Mesurez également la fréquence de coupure du montage. Comparez toutes ces valeurs à celles données dans la documentation technique.

Quels sont les avantages de l'amplificateur d'instrumentation INA 114 par rapport à l'amplificateur de différence étudié précédemment ?

III Application : la balance électronique

1) principe

Une jauge de contrainte collée sur une « poutre » est cablée dans un pont de wheasthone selon la figure

4.

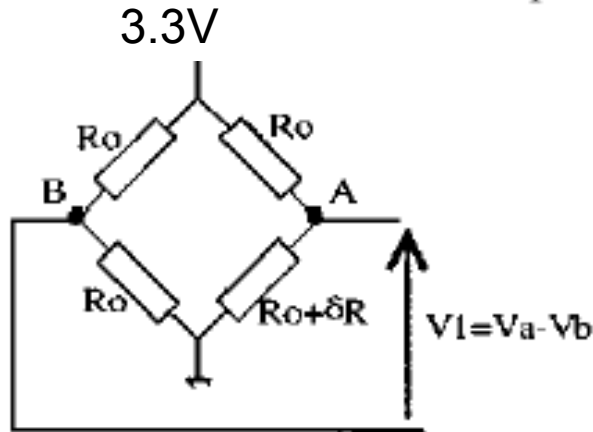


Figure 4: schéma électrique du pont de Wheatstone

δr représente la variation de résistance de la jauge de contrainte quand on applique sur la jauge, une contrainte ($\delta r \ll 1$). En posant une masse sur la poutre, la jauge se déforme et l'on obtient en sortie du pont une tension ($V_a - V_b$) proportionnelle à la masse mesurée. C'est le principe de mesure de la balance électronique.

Montrez que :

$$V_a \approx E/2 + E\delta R / 4R_0 \text{ et } V_b = E/2$$

Sachant que la tension en mode commun est très importante devant la tension différentielle, un amplificateur d'instrumentation est indispensable pour amplifier et effectuer des mesures correctes de masse.

2) réalisation pratique

On utilisera :

- le pont de Wheatstone issu d'une balance de cuisine commercialisée sous la marque « Terrailon quartz L »
- l'amplificateur d'instrumentation INA 114 avec une résistance R_g de 50 Ohms
- une série de masses étalonnées de 10g à 500g.

3) mesures

Tracez la caractéristique $V_s = f(m)$ avec V_s tension de sortie de l'INA 114 et m la masse mesurée. Déterminer l'expression mathématique $V_s = f(m)$. Il faudra prendre en compte la tension résiduelle lorsqu'aucune masse n'est placée sur la poutre.

Mesurer V_s pour une masse égale à 1gramme. Quelle est la précision de votre montage ?

Utilisez votre montage pour mesurer la masse d'un objet de votre choix et comparez votre mesure à celle donnée par une balance commerciale.