

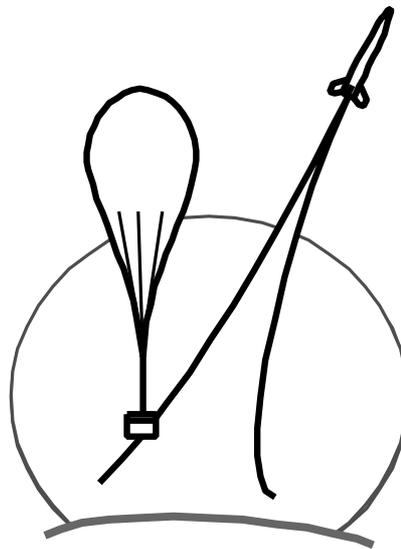


**CENTRE NATIONAL D'ETUDES SPATIALES**



**Département Education-Jeunesse du CNES**  
18, avenue Edouard Belin - 31401 TOULOUSE CEDEX 4  
Tél. : ( ) 5 61 27 31 14 / Fax : ( ) 5 61 28 27 67  
Site Internet : <http://cnes.fr>

**ANSTJ - Secteur Espace**  
16, place Jacques Brel - 91130 RIS-ORANGIS  
Tél. : ( ) 1 69 02 76 10 / Fax : ( ) 1 69 43 21 43  
Site Internet : <http://www.anstj.org/espace/>



## **Les conditionneurs de signaux**

--

**Edition Mars 2002**

**Note technique ANSTJ**

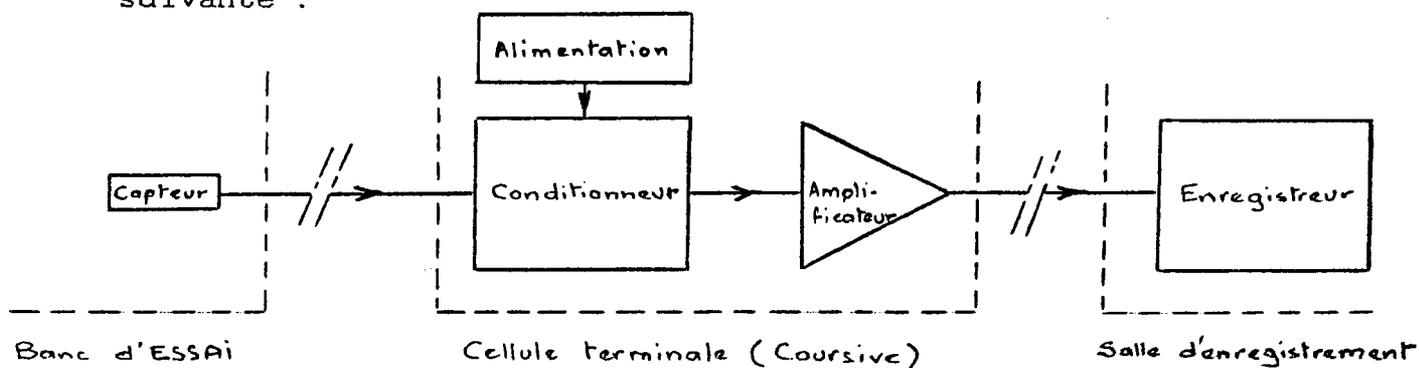
I-GENERALITES-

Un conditionneur de signal est un montage électrique destiné à transformer une grandeur d'entrée issue d'un transmetteur électrique ( capteur ) , en tension représentative de la grandeur physique à mesurer .

Il permet d'assurer :

- 1) Les liaisons électriques entre :
  - le capteur
  - l'alimentation
  - l'amplificateur
- 2) L'étalonnage de la chaîne de mesure
- 3) Le réglage du déséquilibre initial ( tension de sortie nulle pour une grandeur physique nulle )
- 4) Eventuellement le réglage en amplitude de la tension de sortie .

Une chaîne de mesure est généralement constituée de la façon suivante .



Nota : L'amplificateur est quelquefois situé dans le local d'enregistrement .

## II-PRINCIPE d'ETALONNAGE d'une CHAINE de MESURE-

Une chaîne de mesure est étalonnée pour déterminer la correspondance tension / grandeur physique ( indispensable pour le dépouillement des essais ) .

L'étalonnage permet de plus la vérification :

- du bon fonctionnement de la chaîne de mesure
- de l'amplitude du signal pour éviter une éventuelle saturation ( amplificateur ou enregistreur ) .

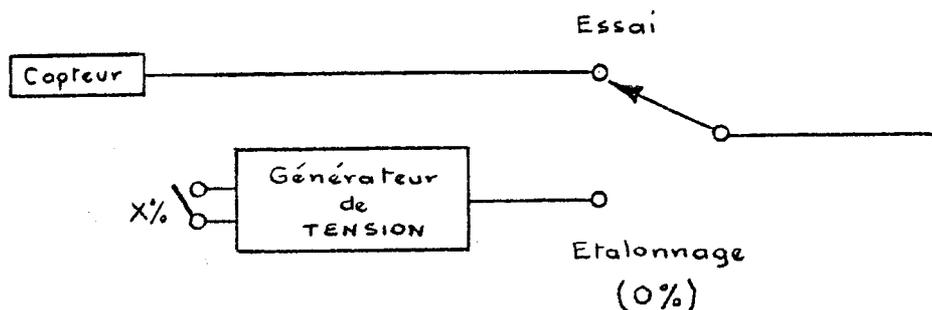
### - Etalonnage électrique -

L'étalonnage électrique consiste à substituer au capteur , pendant l'étalonnage :

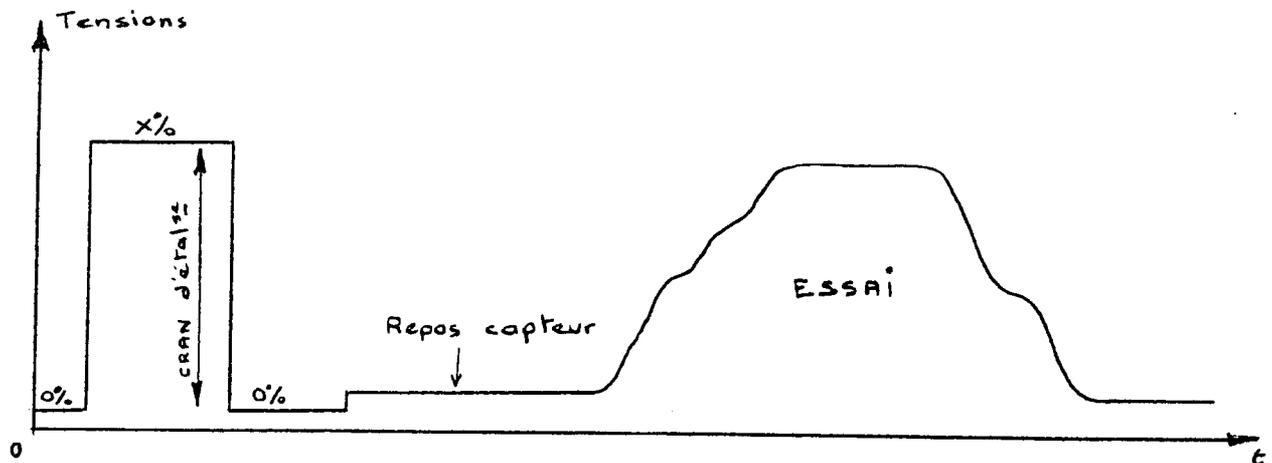
- 1/ une tension nulle ( tension de 0% ou  $V_0$  )
- 2/ une tension représentative de la grandeur physique , d'amplitude proche de la valeur pleine échelle du capteur ( tension de X% ou  $V_x$  )

La différence de tension

$V_{\text{étal}} = V_x - V_0$  est le CRAN d'ETALONNAGE .



L'amplitude ( en grandeur physique ) du CRAN d'ETALONNAGE est déterminée avec la pente ou la sensibilité du capteur .



Nota : La tension de 0% obtenue à partir d'un pont de WHEATSTONE équilibré n'est jamais parfaitement nulle ( même avec un potentiomètre de réglage ) . Il en est de même pour la tension de repos capteur ( grandeur physique = 0 , tension de sortie capteur  $V_{m\emptyset} \approx 0$  ) . Bien que prises en compte pour le dépouillement des essais , ces tensions (  $V_{\emptyset}$  et  $V_{m\emptyset}$  ) seront supposées nulles pour simplifier l'étude des conditionneurs .

#### AVANTAGES

- Etalonnage simultané de toutes les voies de mesure
- Facilité de mise en oeuvre
- Bonne précision

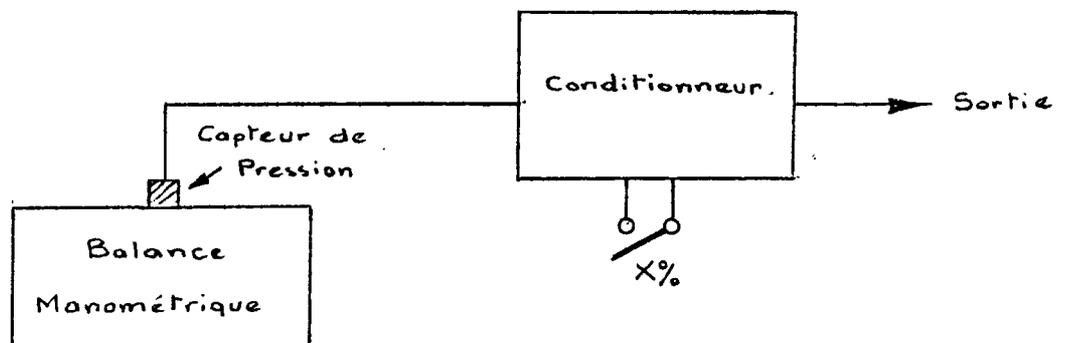
INCONVENIENTS

- Ne prend pas en compte les non linéarités  
autres que celles du capteur
- Ne vérifie pas le bon fonctionnement du  
capteur

- Etalonnage en grandeur physique -

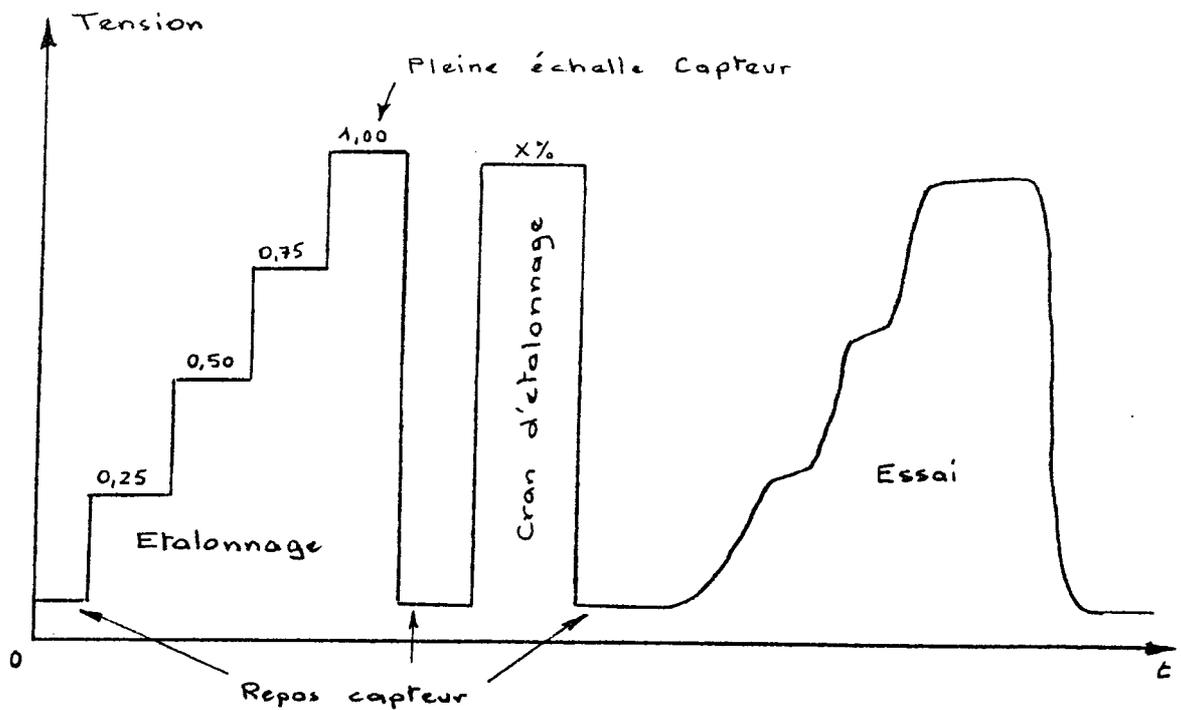
Le principe consiste , une fois la chaîne de mesure constituée :

- 1/ à solliciter le capteur par une grandeur physique
- 2/ à effectuer un CRAN d'ETALONNAGE électrique



Plusieurs paliers d'étalonnage représentant des pourcentages de la gamme pleine échelle du capteur sont effectués . Les tensions obtenues pour les différents paliers permettent de déterminer l'amplitude ( en GP<sup>\*</sup> ) du cran d'étalonnage .

\* GP = grandeur physique

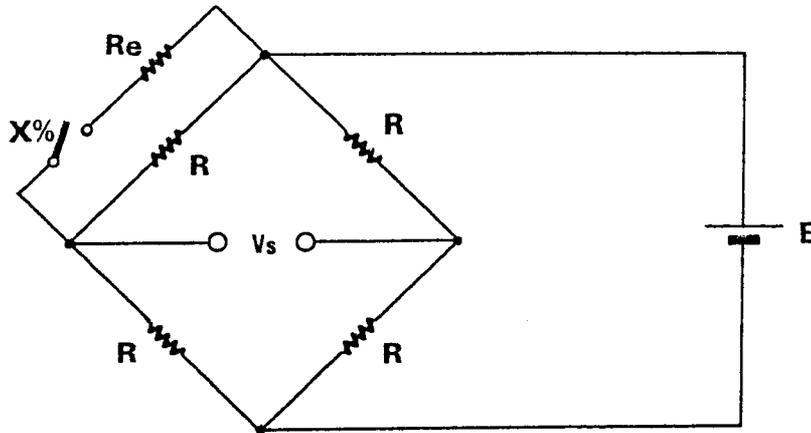


### AVANTAGES

- Vérification de la chaîne complète ( y compris du capteur )
- Tient compte de toutes les causes de non linéarité ( capteur + amplificateur )

### INCONVENIENTS

- Etalonnage voie par voie
- Méthode lourde lorsque le nombre et la variété des paramètres est important
- Matériel d'étalonnage ( balance , standard de tension ... ) mal adaptés à l'ambiance des bancs d'essai et au transports fréquents .

III-PONT de WHEATSTONE UTILISE en GENERATEUR de TENSION -

Le pont est constitué de 4 résistances identiques stables et précises (  $350 \Omega \pm 5 \cdot 10^{-5}$  par ex ). Une résistance d'étalonnage  $R_e$  amovible et de même qualité permet de déséquilibrer le pont et d'obtenir la tension de sortie souhaitée .

- Générateur de tension nulle -

Interrupteur X% ouvert .

Dans ces conditions , le pont est équilibré et la tension de sortie

$$V_s = 0$$

- Générateur de tension d'étalonnage -

Interrupteur X% fermé . La tension de sortie est alors :

$$V_x = \frac{E}{2} \frac{R}{R + 2R_e} \quad (1)$$

en supposant la résistance interne de l'alimentation E

soit négligeable devant R .

Remarque

-  $V_x$  peut varier dans les limites

$0 \leq V_x \leq \frac{E}{2}$  lorsque  $R_e$  passe de l'infini ( pas de  $R_e$  ) à zéro ( court-circuit )

- la relation (1) est fréquemment expérimentée sous la forme :

$\frac{V_x}{E} = \frac{1}{2} \frac{R}{R + 2R_e}$  qui précise la tension de sortie du pont par volt d'alimentation .

IV-DIFFERENTS TYPES de CONDITIONNEURS-

Les différents conditionneurs de signaux utilisés au service ESSAIS du Haillan se présentent sous la forme de tiroirs modulaires permettant le conditionnement de 6 voies de mesure . Ces tiroirs peuvent être groupés ( 8 maximum ) dans un panier de largeur standard 19 pouces .

Chaque tiroir est alimenté par une alimentation unique . Les alimentations sont généralement groupées dans un châssis standard .

-CONDITIONNEMENT de JAUGES de DEFORMATION ( HM 60/01 )-

Ce type de conditionneur réalise le complément de pont pour des mesures avec une ou deux jauges actives de résistance nominale  $120\Omega$  .

La non linéarité inhérente au pont de WHEATSTONE utilisé en montage 1/4 de pont est approximativement de :

0,1%	jusqu'à	1000 $\mu\text{m}/\text{m}$	( $\Delta R = 0,24\Omega$ )
1%	"	10000 $\mu\text{m}/\text{m}$	( $\Delta R = 2,4\Omega$ )
10%	"	100000 $\mu\text{m}/\text{m}$	( $\Delta R = 24\Omega$ )

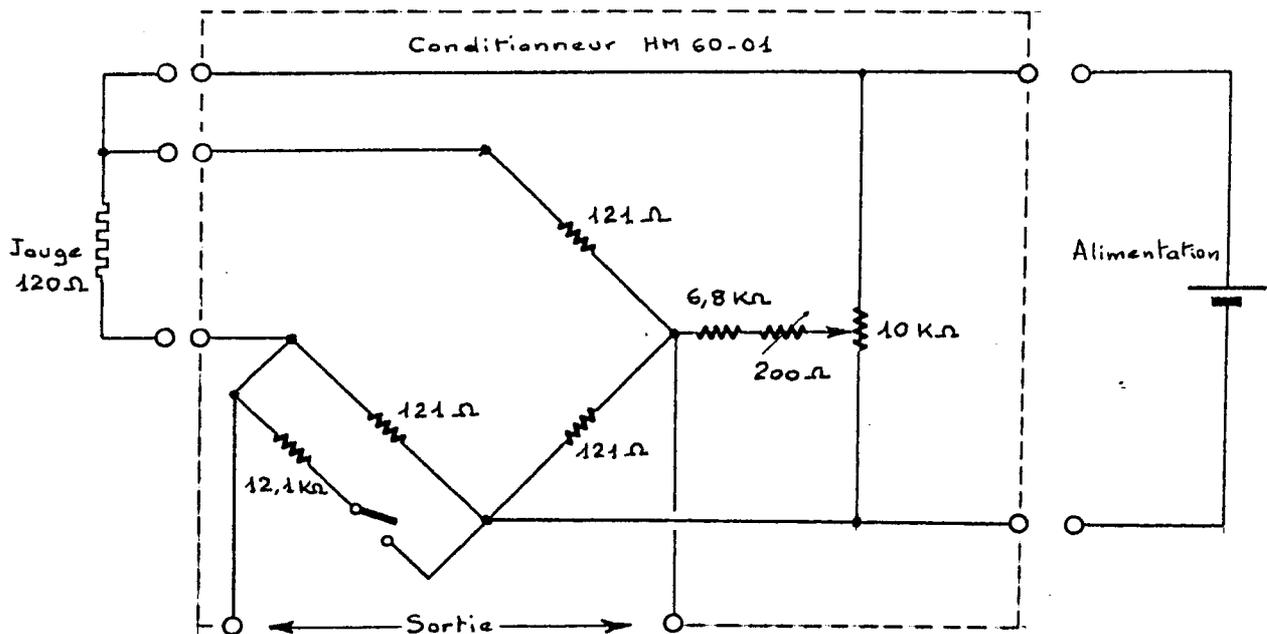
De ce fait , ce type de conditionneur ne peut être utilisé que pour de faibles variations de résistance .

Pour de grandes élongations et compte tenu de la précision souhaitée une correction est apportée aux valeurs

dépouillées .

Seule l'utilisation avec une jauge sera abordée dans ce chapitre .

- Schéma de principe -



Le potentiomètre de 10 KΩ permet un rattrapage grossier du déséquilibre . Le potentiomètre de 200Ω est utilisé pour affiner ce réglage .

Pour les relations suivantes nous considèrerons que :

- La résistance interne du générateur de tension est faible devant R

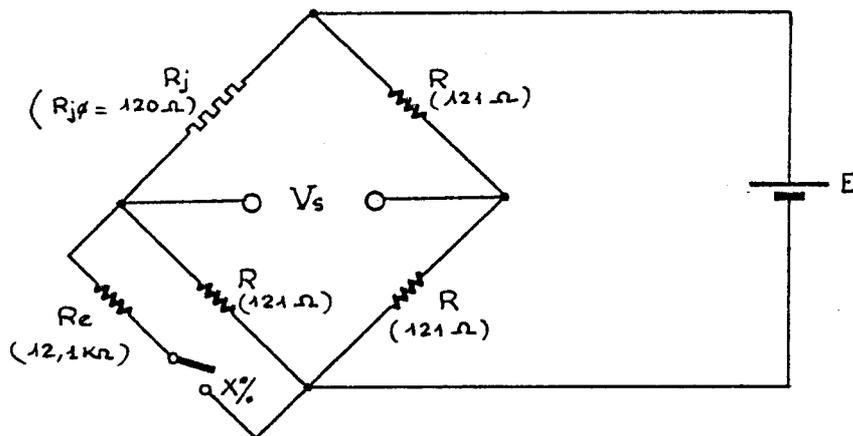
- La résistance d'entrée de l'appareil de mesure connecté sur Vs est grande devant R ( de l'ordre de 100 MΩ pour un amplificateur de mesure )

- L'influence du circuit d'équilibrage est nulle sur le reste du montage .

- La valeur des résistances de ligne est négligeable devant  $R$ .

- Schéma équivalent -

Résistance initiale de la jauge  $R_{j0} = R$



- Tension d'étalonnage -

- Tension nulle (tension de 0% ou  $V_0$ )

Le pont est équilibré avec la jauge de déformation en circuit.

$$R_{j0} = R \text{ et } V_0 = 0$$

- Tension d'étalonnage (tension de X% ou  $V_x$ )

Comme  $R_{j0} = R$

$$V_x = \frac{E}{2} \frac{R}{R + 2R_e} \quad (1)$$

Application numérique :

$$R = 121\Omega$$

$$R_e = 12100\Omega$$

$$E = 1V$$

$$V_s = 0,5 \frac{121}{121+24200} = 2,49 \text{ mV}$$

- En essai -

La résistance initiale de jauge  $R_{j0}$  varie d'une quantité  $\Delta R$  lorsque la jauge est soumise à un allongement.

Dans ces conditions :

$$V_{se} = \frac{E}{4} \frac{\Delta R}{R} \text{ et comme } \frac{\Delta R}{R} = K \frac{\Delta L}{L}$$

$$V_{se} = K \frac{E}{4} \frac{\Delta L}{L}$$

- Calcul du cran d'étalonnage -

Il s'agit de déterminer pour quelle valeur de  $R_e$  la tension  $V_x$  est la même que celle obtenue pour une variation  $\Delta R$  de la résistance de jauge, c'est à dire lorsque :

$$V_x = V_{se} \text{ ou}$$

$$\frac{E}{2} \frac{R}{R+2R_e} = K \frac{E}{4} \frac{\Delta L}{L}$$

L'allongement relatif  $\frac{\Delta L}{L}$  simulé électriquement en déséquilibrant le pont par  $R_e$  est :

$$\frac{\Delta L}{L} = \frac{2}{K} \frac{R}{R+2R_e}$$

Application numérique pour :

$$K = 2$$

$$R = 121\Omega$$

$$R_e = 12100\Omega$$

$$\frac{\Delta L}{L} = \frac{2}{2} \frac{121}{121+24200} = 4975 \text{ } \mu\text{m/m}$$

Pour un "HM 60/01" une résistance d'étalonnage de  $12100\Omega$  simule une variation d'allongement relatif d'environ  $5000 \mu\text{m}/\text{m}$  et fournit une tension de sortie de  $2,5 \text{ mV}$ .

## VI-CONDITIONNEMENT de SONDES THERMIQUES

### Remarques générales

Une sonde thermique est un composant dont la résistance varie en fonction de la température . Les caractéristiques principales d'une sonde ETG 50 par exemple , ( Vishay MM ) fréquemment utilisée sont les suivantes :

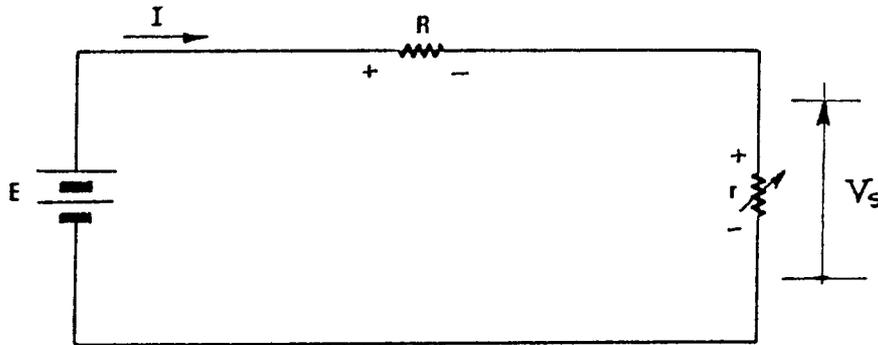
- Résistance nominale  $43,9\Omega$  à  $0^{\circ}\text{C}$
- Gamme de température  $-195^{\circ}\text{C}$  (  $8\Omega$  ) à  $+200^{\circ}\text{C}$  (  $104\Omega$  )

Les variations importantes de résistance ( environ  $60\Omega$  entre  $0^{\circ}\text{C}$  et  $200^{\circ}\text{C}$  ) ne permettent plus l'utilisation d'un conditionneur de type HM60/01 , l'écart de linéarité devenant prohibitif .

On démontre que pour les grandes variations de résistance , un pont de Wheatstone fonctionnant avec des courants de branche constants fournit une tension dont la linéarité est très nettement améliorée .

En contre partie , la tension disponible en sortie de pont est plus faible .

Montage à courant constant ( utilisant une tension  
d'alimentation constante)



$$I = \frac{E}{R+r}$$

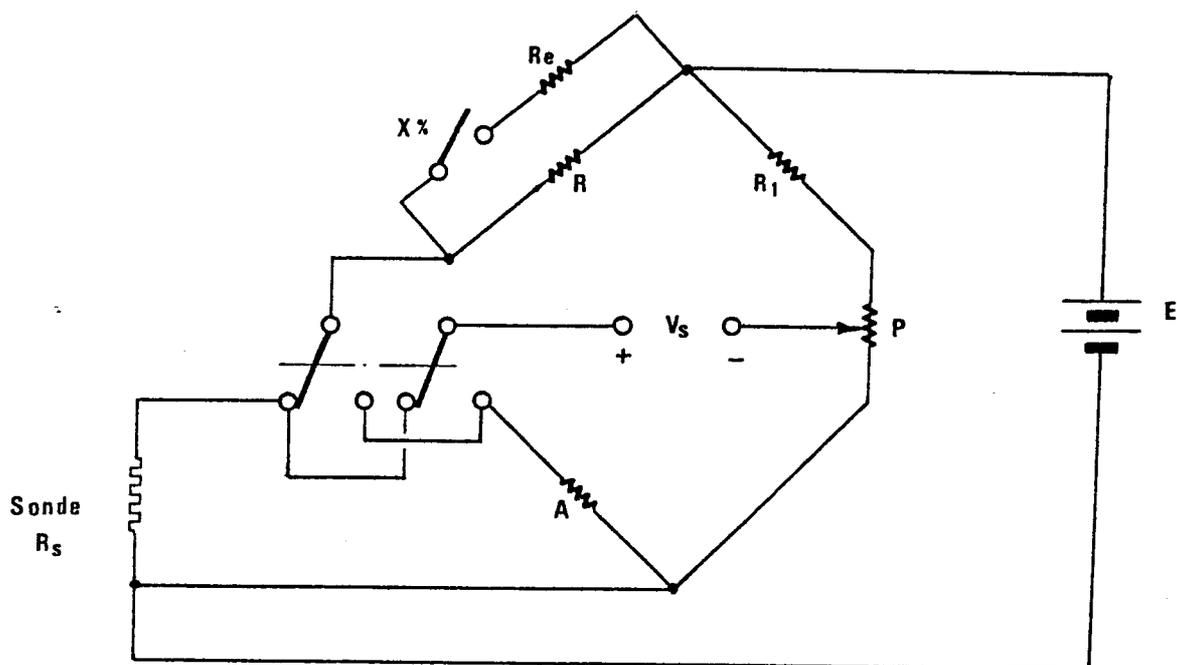
Si la valeur de  $r$  est très inférieure à celle de  $R$ ,  $r$  peut être négligé devant  $R$  et  $I$  devient :

$$I = \frac{E}{R} = \text{constante}$$

Conditionneur HM 60/03

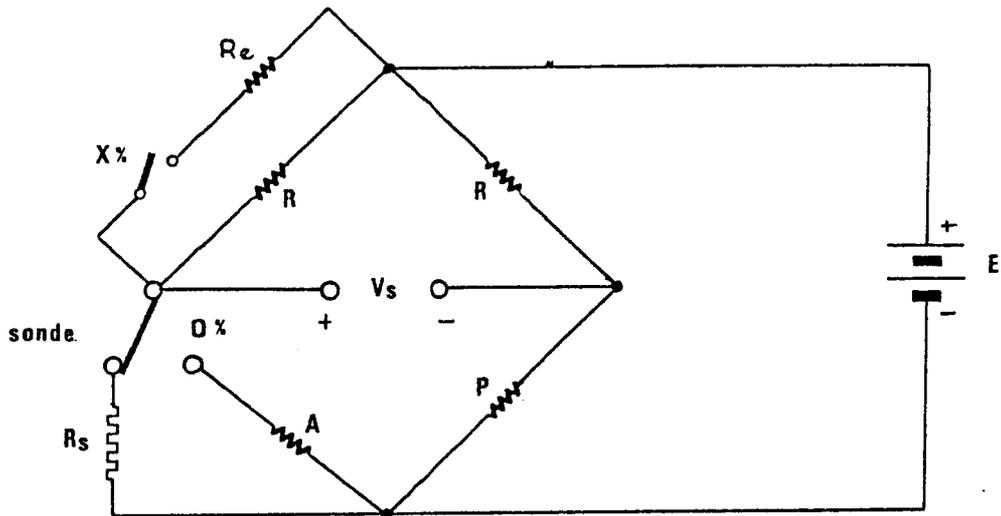
Ce type de conditionnement peut être utilisé pour tous les " CAPTEURS RESISTIFS " présentant de grandes variations de résistance . Il est plus particulièrement adapté au conditionnement de sondes thermiques NICKEL ou PLATINE .

- Schéma de principe :



A = résistance de la sonde à 0°C

Le potentiomètre P est utilisé pour équilibrer le pont lorsque la sonde est remplacée par la résistance A ( 0% ) . En effectuant les mêmes suppositions que pour le montage HM 60/01 le schéma équivalent est le suivant :



### Tension d'étalonnage

- Tension nulle ( tension de 0% ou  $V_{s\emptyset}$  )

L'inverseur est basculé sur la position 0%, la résistance A est alors en circuit et P est réglé pour équilibrer le pont .

Dans ces conditions .

$$V_{\emptyset} = 0$$

- Tension d'étalonnage (tension de X% ou  $V_x$ )

Lorsque le pont est équilibré  $P=A$  .

En fermant l'interrupteur X% , l'équation simplifiée de la tension de sortie est alors:

$$V_x = E \frac{A}{R_e}$$

Application numérique  
pour une sonde ETG 50

$$A = 43,9 \Omega$$

$$R = 8575 \Omega$$

$$E = 10 \text{ V}$$

$$R_e = 28817 \Omega$$

$$V_x = 10 \frac{43,9}{28817} = 15,23 \text{ mV}$$

en ESSAI

La sonde est en circuit , l'interrupteur X% est ouvert. L'équation simplifiée de la tension est :

$$V_{se} = E \frac{R_s - A}{R}$$

## Calcul du "CRAN d'ETALONNAGE"

Pour quelle valeur de  $R_e$  la tension  $V_x$  est-elle égale à celle produite lorsque la sonde S prend une valeur  $R_s$  en essai ?

$$V_x = V_{se}$$

$$E \frac{A}{R_e} = E \frac{R_s - A}{R}$$

$$R_s = A \frac{R + R_e}{R_e}$$

## Application numérique

$$A = 43,9 \Omega$$

$$R = 8575 \Omega$$

$$R_e = 28817 \Omega$$

$$R_s = 43,9 \frac{8575 + 28817}{28817} = 56,96 \Omega$$

soit en se reportant aux tables de la sonde jointes en annexe environ  $51^\circ \text{C}$