

787

8.72

notice d'utilisation

boites de
résistances

type "RD6A.B.C."

soip

TABLE DES MATIERES

CHAPITRE I - GÉNÉRALITÉS

	Pages
I - 1 - UTILISATIONS DIVERSES D'UNE BOITE DE RESISTANCES	1
I - 2 - SCHEMA DE PRINCIPE DE LA BOITE RD 6	3

CHAPITRE II - DESCRIPTION DES ORGANES

2 - 1 - BOITIER	5
2, 1. 1 - Platine	5
2, 1. 1. 1 - Face avant	5
2, 1. 1. 1. 1 - Commutateurs	6
2, 1. 1. 1. 2 - Courant de travail maximal	7
2, 1. 1. 2 - Face arrière	7

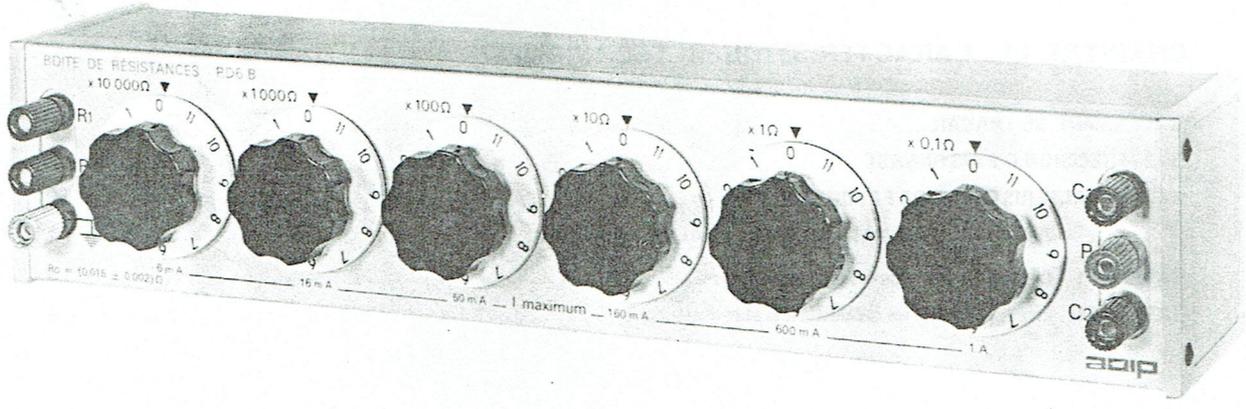
CHAPITRE III - CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

3 - 1 - GAMME DE TRAVAIL	9
3 - 2 - PRECISION D'ETALONNAGE	9
3 - 3 - CARACTERISTIQUES DE FREQUENCE	10
3, 3. 1 - Application pratique à un pont de mesure	11
TABLEAU I - Constantes de temps des diverses décades	13
TABLEAU II - Erreur maximale sur les résistances et le déphasage	14

CHAPITRE IV - UTILISATION PRATIQUE

4 - 1 - BORNAGE	15
4 - 2 - REMARQUES CONCERNANT LES SURCHARGES	15
4 - 3 - POTENTIOMETRE 1ère version	16
4 - 4 - POTENTIOMETRE 2ème version	16
4, 4. 1 - Potentiomètre 3ème version	16
4 - 5 - POTENTIOMETRE 4ème version - Mesure de différences de potentiel	17
4 - 6 - UTILISATION EN TETE DE PONT (OU BRAS DE PONT)	19
4 - 7 - EMPLOI EN PONT DE WHEATSTONE POUR LA MESURE DES RESISTANCES	20
4 - 8 - MONTAGE REDUCTEUR DE TENSION	21

CHAPITRE V - ENTRETIEN DÉPANNAGE	22
--	----



CHAPITRE I

GÉNÉRALITÉS

I-1 - UTILISATIONS DIVERSES D'UNE BOITE DE RESISTANCES

Une boîte de résistances peut remplir de nombreuses fonctions dont les plus usuelles sont :

1° - Etalon de résistance fixe ou réglable dans les méthodes de déviation ou de substitution en courant continu ou alternatif.

- Une résistance étalon R parcourue par un courant i à mesurer fournit une différence de potentiel à ses bornes.

$$U = Ri$$

dont la mesure par un voltmètre de consommation négligeable ou par un potentiomètre permet de connaître le courant en question, (fig. I-1).

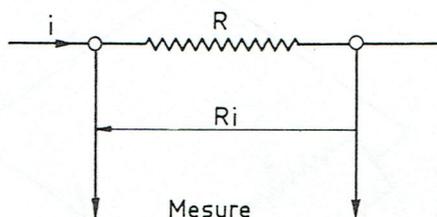
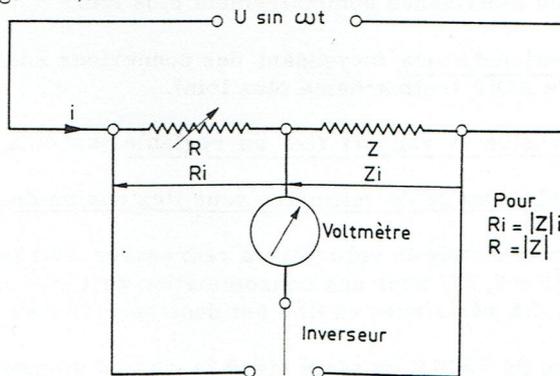


Fig. 1-1 -
Mesure d'un courant i

- Une résistance étalon R réglable, en série avec une impédance inconnue Z, pouvant d'ailleurs être une résistance, permet la mesure de celle-ci par comparaison de tension. La tension d'alimentation alternative $U \sin \omega t$ se répartit proportionnellement aux impédances. Si le réglage de R permet d'obtenir la même tension aux bornes de R et de Z, on a

$$|Z| = R$$

Pour avoir une bonne précision, les mesures doivent être faites avec un voltmètre (analogique ou numérique) de consommation négligeable devant celle de R ou Z, (fig. 1-2).



Pour
 $Ri = Zi$
 $R = |Z|$

Fig. 1-2 - Mesure d'une impédance Z

- Lors du contrôle en série de résistances de même valeur nominale x_0 effectué au pont de Wheatstone, la méthode de substitution pratiquée comme suit permet d'expliciter l'erreur de construction.

On équilibre d'abord le pont au moyen de la résistance c pour x_0 (fig. I-3) à laquelle on substitue la boîte de résistances réglable R et l'on rétablit l'équilibre en agissant sur celle-ci. On a alors, à l'erreur d'étalonnage de la boîte près (l'erreur de réglage du pont étant habituellement négligeable),

$$x = R$$

d'où l'écart cherché

$$\epsilon = \frac{x - x_0}{x_0} = \frac{R - x_0}{x_0}$$

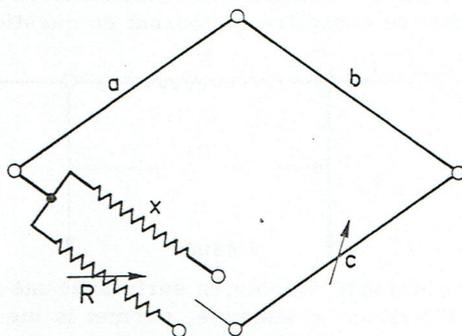


Fig. 1-3 - Vérification en série de résistances

- 2° - Etalon dans les méthodes de zéro : potentiomètre, pont de mesure du type Wheatstone ou autre en courant continu et alternatif.

Les montages correspondants sont traités dans nos notices spéciales. Certains de ceux-ci sont mentionnés sommairement plus loin.

- 3° - Elément potentiométrique moyennant des connexions spéciales comme c'est le cas de la boîte AOIP (voir schéma plus loin).
- 4° - Diviseur de tension de rapport fixe ou réglable (schéma donné dans le texte).
- 5° - Résistance additionnelle de voltmètre pour l'extension de la gamme de mesure.

Prenons comme exemple un voltmètre à redresseur dont les calibres s'échelonnent entre 0,15 et 7,5 V pour une consommation de 1 mA correspondant à la déviation totale. La résistance en Ω/V est donc de $1/(1 \text{ mA}) = 1000$.

Une résistance de 7500 Ω en série étend la gamme de mesure à $7,5 + 7,5 = 15 \text{ V}$.

Si le calibre désiré dépasse les possibilités d'une seule boîte de résistances, on peut recourir à une décade Assopréci auxiliaire ou à une résistance fixe de valeur connue, la boîte de résistances servant d'élément d'appoint de réglage fin.

6° - Tête de pont de mesure. Il s'agit là d'une particularité des boîtes AOIP comportant des prises intermédiaires permettant de constituer deux bras de pont adjacents présentant un point commun. On dispose ainsi de deux bras de proportion réglable en une même boîte.

7° - Résistance de charge dans les essais d'amplificateurs ou de générateurs basse fréquence de faible puissance (quelques watts).

8° - Elément de dégrossissage dans les montages électroniques ou électriques.

Citons le cas de la recherche d'une résistance de charge optimale pour un tube ou un transistor.

9° - Etalon de contrôle pour la précision d'un pont de Wheatstone industriel.

La mesure de la résistance d'une boîte permet de se rendre compte de la qualité d'un pont de mesure lorsque la classe de celui-ci est moins bonne que celle de la boîte.

10° - Elément d'étalonnage des ohmmètres industriels de précision moyenne.

1-2 - SCHEMA DE PRINCIPE DE LA BOITE RD 6B (fig. 1-4)

Il existe trois modèles de boîtes à 6 décades RD 6 de présentation et de montages similaires. Le choix de l'utilisateur doit se faire en fonction de la gamme de résistances à couvrir, de la finesse de réglage désirée compatible avec la tolérance sur les valeurs et du courant de travail admissible.

Les décades extrêmes sont :

11x100 000	et	11x1 Ω	pour la boîte RD 6 A
11x10 000	et	11x0,1 Ω	pour la boîte RD 6 B
11x1 000	et	11x0,01Ω	pour la boîte RD 6 C.

A titre d'exemple, nous donnons ci-dessous la description d'une boîte RD 6 B.

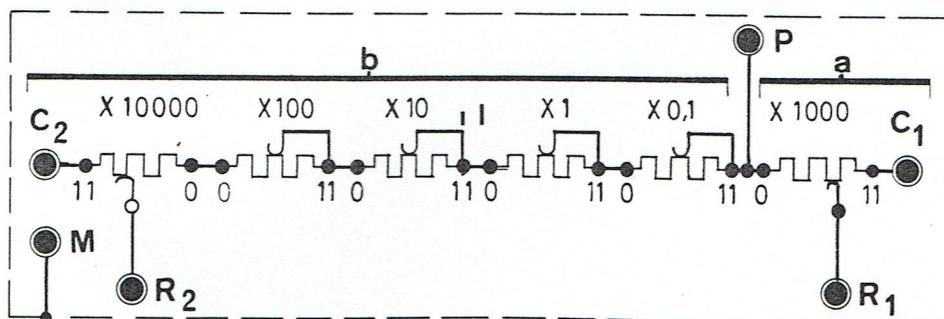


Fig. 1-4 - Schéma de principe de la boîte RD 6 B

Le montage comporte :

1° - Une résistance a réglable par bonds au moyen d'un commutateur rotatif à 12 positions entre 0 et 11 x 1 000 Ω = 11 000 Ω

Lorsque le bouton est sur le plot 7 par exemple, la résistance entre les bornes P et R₁ (sorties sur la platine) est de 7 000 Ω.

Entre P et C₁ on dispose en permanence des onze résistances de 1 000 Ω en série.

- 2° - Une résistance b comportant 5 décades à 11 positions dont les éléments résistants peuvent être mis en série au moyen de commutateurs. Les valeurs maximales de résistances correspondantes sont :

11 x 10 000 = 110 000 Ω	11 x 1 = 11 Ω
11 x 100 = 1 100 Ω	11 x 0,1 = 1,1 Ω
11 x 10 = 110 Ω	

La borne R₂ constitue une prise médiane analogue à la borne R₁ pour la résistance a. Entre les bornes P et C₂ on dispose de la totalité des résistances de la décade 11 x 10 000 Ω, soit 110 000 Ω et les résistances non court-circuitées par les curseurs des commutateurs des décades de 100-10-1 et 0,1 Ω.

- 3° - 6 commutateurs aux caractéristiques indiquées en 2.

- 4° - Une borne de masse M réunie au boîtier métallique jouant le rôle d'écran électrostatique. Celle-ci peut être utilisée de diverses manières :

- a) connectée à la terre, si le montage l'exige ;
- b) connectée à une borne au choix par un fil extérieur.

En conclusion, entre les bornes R₁ et R₂ on peut insérer une résistance étalon-
née variable par bonds de 0,1 Ω entre 0 et 122 222,1 Ω.

Lorsque l'alimentation se fait entre C₁ et C₂, on recueille entre R₁ et R₂ une tension réglable et l'appareil joue le rôle de potentiomètre.

Les résistances a et b comportant le point commun P peuvent servir de bras de proportion dans un pont à courant continu ou à courant alternatif.

CHAPITRE II

DESCRIPTION DES ORGANES

2-1 - BOITIER (fig. 2-1 et 2-3)

Il se compose de :

- une platine métallique interne supportant l'ensemble des organes et les flasques de côté,
- une contre-platine en aluminium, brossée oxydée portant les inscriptions sérigraphiées,
- un capot de protection en deux parties en tôle d'aluminium plastifiée.
La forme du capot permet un empilage de plusieurs boîtes pour le rangement ; elles peuvent s'encastrier face avant dans face arrière.
- sur les flasques, des tôles plastifiées retenues par des circuits, cachent les diverses vis de fixation,
- des équerres permettant la fixation en rack sont livrées avec l'appareil (équerres à visser dans les trous apparaissant en haut des flasques),
- encombrement hors tout : 430 x 90 mm, hauteur 110 mm,
- masse 2,9 kg

2-1.1 - Platine

2-1.1.1 - Face avant (fig. 2-1)

Les paires de bornes marquées R, C, P et M correspondants aux schémas 1-4 et 2-2 sont du type universel permettant l'utilisation de fils de connexion par serrage ou de fiches de 4 mm.

Nous attirons toutefois l'attention de l'utilisateur sur d'éventuels mauvais contacts provenant de fiches de qualité médiocre. Les résistances de contact sont particulièrement nuisibles dans les mesures de précision et en particulier dans celles effectuées au pont. Aussi faut-il s'assurer de la qualité des contacts en remuant les fiches latéralement en vue de constater la constance des résistances de contact lors de l'obtention d'un équilibre.

- Les six commutateurs à douze positions (jupe blanche gravée de 0 à 11, bouton de manoeuvre noir) montés chacun sur platine individuelle fixée par trois vis permettant le réglage des résistances par bonds de $0,01 \Omega$ - $0,1 \Omega$ - 1Ω - 10Ω - 100Ω - $1\,000 \Omega$ - $10\,000 \Omega$ ou de $100\,000 \Omega$, suivant les types, le rapport des éléments résistants des décades extrêmes étant toujours égal à 100 000.

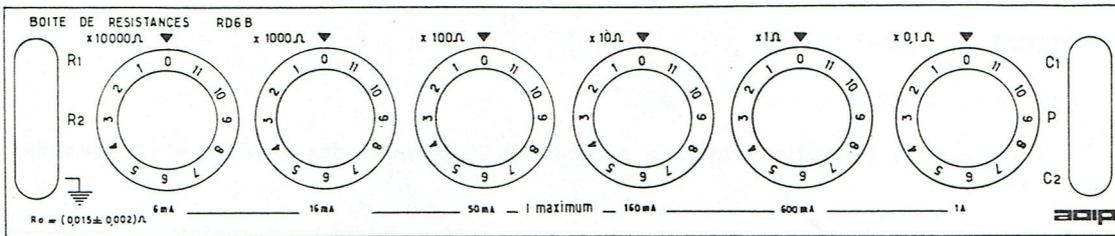


Fig. 2-1 - Face avant.

2-1. 1. 1. 1 - Commutateurs

Ceux-ci sont du type à contacts élastiques à balai équilibré reposant en trois points. Les lames d'un balai sont séparées les unes des autres dans le but d'éviter le couplage mécanique nuisant à leur élasticité par un raidissement inutile. De plus elles sont coudées de façon que leurs extrémités assurant les contacts se présentent obliquement par rapport à leur trajectoire sur les plots.

Cette disposition assure une usure uniforme et évite la formation des sillons. La pression des lames est soigneusement réglée de manière à assurer un bon contact et une manœuvre souple.

Les plots en laiton dressés avec soin après montage sont d'une parfaite planéité exigée par la qualité des contacts.

Comme les balais sont en bronze phosphoreux travaillant à une pression convenable, tout grippage est absent.

La position oblique des lames du balai conduit à une usure pratiquement négligeable mais uniforme des contacts, ce qui permet de faire jouer un dispositif de rattrapage automatique d'usure évitant à l'utilisateur les réglages périodiques de la pression des lames.

L'encliquetage à bille permet de faire sentir tactiquement à l'opérateur le passage d'un plot à l'autre.

Les décades de 100 000 et 1 000 Ω comportent une butée empêchant le passage de la position 11 à la position 0. Il s'agit là d'un dispositif de sécurité permettant d'éviter des à-coups de courant dans certains montages de mesure, notamment dans les méthodes de zéro. Lors du réglage d'un pont, il est expressément recommandé de faire varier les résistances de façon progressive. Ainsi, une manœuvre consistant à passer de 11 à 0 conduirait à la suppression d'une forte résistance et risquerait de produire la mise hors de service d'un galvanomètre.

2-1. 1. 1. 2 - Courant de travail maximal

La valeur du courant admissible dans chaque décade est indiquée sur la platine. La puissance admissible par élément résistif est de 0,25 à 0,36 W sauf pour la décade des 0,1 Ω ou elle n'est que de 0,1 W comme l'indique le tableau suivant :

Décades	11 x 100 000 Ω	11 x 10 000 Ω	11 x 1 000 Ω	11 x 100 Ω	11 x 10 Ω	11 x 1 Ω	11 x 0,1 Ω	11 x 0,01 Ω
Courant maximal en mA	1,6	6	16	50	160	600	1 000	5 000
Tension maximale par élément en V	160	60	16	5	1,6	0,6	0,1	0,05

Au dessus des valeurs indiquées l'échauffement conduit à une variation ohmique supérieure à la classe de précision garantie. Une surcharge importante peut conduire soit à une modification définitive de la valeur nominale (augmentation en général), soit à la coupure du fil résistif.

2-1. 1. 2 - Face arrière (fig. 2-3)

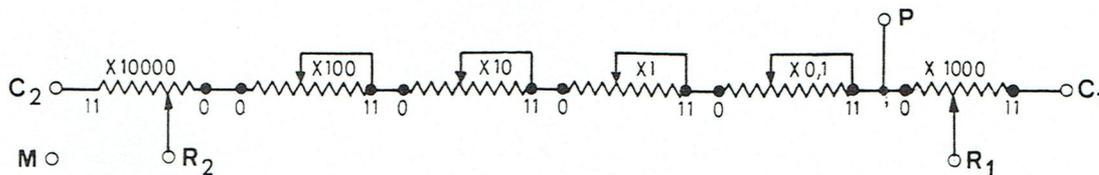


Fig. 2-2 - Schéma électrique de montage

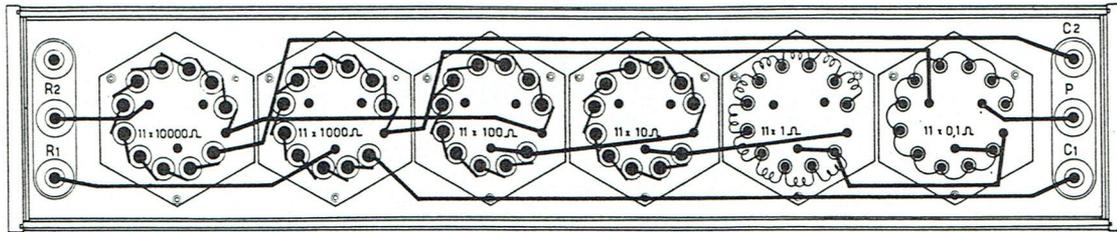


Fig. 2-3 - Câblage des commutateurs

Les résistances sont soudées sur les commutateurs afin de réduire au minimum la résistance des connexions. Toutes les résistances sont bobinées de façon à minimiser la réactance génératrice de déphasage. On obtient ainsi des constantes de temps négligeables dans le domaine des fréquences acoustiques (voir en 3). Un vieillissement artificiel précédant le montage est prévu dans un but de stabilisation des valeurs en fonction du temps.

CHAPITRE III

CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

3-1 - GAMME DE TRAVAIL

Les résistances maximales ont été indiquées au paragraphe 1-2 (1 222 221, 122 222, 1 et 12 222, 21 Ω).

Deux alliages résistants sont utilisés :

Le manganin dont le coefficient de température est de l'ordre de $10^{-5}/^{\circ}\text{C}$, et le karma (pour la fabrication des décades de résistances élevées $11 \times 10\ 000\ \Omega$ et $11 \times 100\ 000\ \Omega$) dont le coefficient de température est $< 10^{-5}/^{\circ}\text{C}$.

La force électromotrice de contact de ces deux alliages avec le cuivre est de l'ordre du microvolt.

Le mode d'enroulement est particulier à chaque élément de façon à réduire au minimum l'angle de phase dans le domaine de fréquences d'utilisation (voir 3-3).

La résistance de contact introduite par un commutateur est inférieure à $2\ \text{m}\Omega$ et se maintient constante à environ 15% près. La résistance de contact totale des 6 commutateurs est donc de :

$$(0,012 \pm 0,002)\ \Omega \text{ ou } (12 \pm 2)\ \text{m}\Omega$$

Il faut ajouter la résistance introduite par le câblage pour obtenir la valeur minimale de la résistance de la boîte (Résistance résiduelle R_0).

En définitive $R_0 = (0,015 \pm 0,002)\ \Omega$.

3-2 - PRECISION D'ETALONNAGE

Les résistances sont étalonnées en ohms absolus. Le réglage se fait toujours après montage sur commutateurs afin de diminuer l'influence des connexions et des soudures.

Eléments	Précision de réglage des résistances
100 000 10 000, 1 000, 100 et 10 Ω }	$\pm 0,03\ \%$
1 Ω	$\pm 0,1\ \%$
0,1 Ω	$\pm 0,5\ \%$
0,01 Ω	$\pm 5\ \%$

Pour les résistances de très faible valeur, il est recommandé de tenir compte de la résiduelle indiquée en 3-1 qui est de $15\ \text{m}\Omega$ en moyenne.

3-3 - CARACTERISTIQUES DE FREQUENCE

Elles interviennent aux fréquences élevées où l'angle de phase peut ne pas être négligeable dans les mesures de précision et en particulier dans les méthodes de zéro.

Une résistance réelle, même de construction soignée, comporte une réactance répartie qu'on peut symboliser soit par une inductance ℓ série, soit par une capacité γ en parallèle (fig. 3-1).

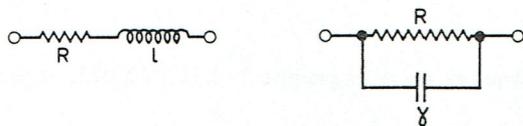


Fig. 3-1

Schémas électriques d'une résistance réelle

On définit ainsi une constante de temps

$$\tau = \frac{\ell}{R} > 0 \text{ ou } \tau = -\gamma R < 0$$

Il est toujours possible, lorsque la constante de temps est faible, de remplacer une inductance série positive par une capacité parallèle négative et inversement à condition de recourir à la formule

$$\ell = -\gamma R^2$$

Par exemple une résistance de 1 000 Ω de capacité répartie égale à 100 pF, a une constante de temps négative

$$\tau = -1\,000 \times 100 \times 10^{-12} = -10^{-7} \text{ s} = -0,1 \mu\text{s}.$$

la capacité se remplace par une inductance série négative

$$\ell = -\gamma R^2 = -100 \times 10^{-12} \times (1\,000)^2 = -10^{-4} = -100 \mu\text{H}$$

Ces formules sont utiles lorsqu'on désire calculer la constante de temps de plusieurs résistances en série, comme c'est le cas d'une boîte de résistances.

Soient en série une résistance de 1 000 Ω de capacité répartie égale à 100 pF et une résistance de 200 Ω d'une constante de temps égale à +0,2 μs .

La constante de temps de la première vient d'être calculée

$$\tau_1 = -0,1 \mu\text{s} \text{ avec } \ell_1 = -100 \mu\text{H}$$

L'inductance de la seconde est $\ell_2 = 200 \times 0,2 \times 10^{-6} = 40 \mu\text{H}$.

L'inductance globale est donc $-100 + 40 = -60 \mu\text{H}$ d'où une constante de temps.

$$\tau = \frac{-60 \times 10^{-6}}{1\,000 + 200} = -0,05 \mu\text{s}$$

Les constantes de temps habituelles τ introduisent un déphasage δ généralement petit et pouvant être confondu avec sa tangente

$$\delta = \tau \omega \quad \omega = 2\pi f \quad f\text{-fréquence}$$

Lorsque plusieurs résistances $R_1, R_2, R_3 \dots$ de constantes de temps τ_1, τ_2, τ_3 sont en séries les inductances se calculent par les formules :

$$l_1 = \tau_1 R_1 \quad l_2 = \tau_2 R_2 \text{ etc. ,}$$

d'où la constante de temps globale.

$$\tau = \frac{l_1 + l_2 + l_3 + \dots}{R_1 + R_2 + R_3 + \dots} = \frac{\tau_1 R_1 + \tau_2 R_2 + \dots}{R_1 + R_2 + \dots}$$

Une résistance de valeur nominale R comporte donc une réactance dite résiduelle donnant lieu à un angle de phase δ , qui devrait être évidemment nul pour un élément idéal. Ladite résistance est donc une impédance dont la partie réelle est R , alors que sa partie imaginaire est $jR\delta$. L'impédance en question peut donc s'écrire :

$$Z = R (1 + j\delta)$$

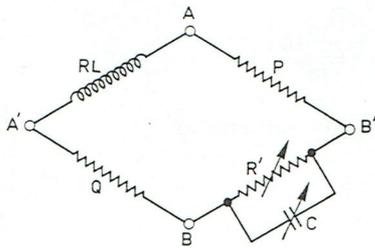
Erreur de module pour δ faible $\frac{\Delta R}{R} \% = 50 \delta^2 = 50 \tau^2 \omega^2 \approx \frac{1}{500} \tau^2 (\mu s) \times f^2 (\text{kHz})$

3-3.1 - Applications pratique à un pont de mesure

On se propose de mesurer la résistance R et l'inductance L d'une bobine au pont de MAXWELL de la figure 3-2.

Dans celui-ci P, Q et R' seront des boîtes de résistances AOIP d'angles de phase

$$\delta_P, \delta_Q \text{ et } \delta'$$



calculés à partir du tableau I de constantes de temps (voir plus loin).

Les constantes de temps sont données uniquement pour les positions 1-5 et 10 des commutateurs. Pour les positions intermédiaires, on effectuera une interpolation, dont le principe n'est pas rigoureux, mais l'approximation est suffisante.

Fig. 3-2 - Pont de Maxwell

L'angle de perte de la capacité C (AOIP) sera δ .

L'équilibre du pont s'écrit

$$Z_{AA'} Z_{BB'} = Z_{AB'} Z_{A'B} \text{ avec } Z_{AA'} = R + jL\omega$$

On a

$$Z_{AB'} = \frac{P}{1 + j\delta_P}, \quad Z_{A'B} = \frac{Q}{1 + j\delta_Q},$$

$$\frac{1}{Z_{BB'}} = \frac{1}{R' (1 + j\delta')} + \frac{1}{-j \frac{C\omega}{1 + j\delta}} = \frac{1 - j\delta'}{R'} + j C\omega (1 - j\delta)$$

puisqu'en raison de la faible valeur des δ , on peut appliquer la formule approchée

$$\frac{1}{1 + \delta} = 1 - \delta$$

Dans les expressions obtenues la petitesse des δ autorise à ne garder que les termes du premier degré. Par exemple :

$$Z_{AB}, Z_{A'B} = P (1 + j\delta_P) Q (1 + j\delta_Q) \approx PQ (1 + j\delta_P + j\delta_Q)$$

Après avoir effectué toutes les opérations, on arrive aux formules

$$R = \frac{PQ}{R'} - PQ C \omega (\delta_P + \delta_Q - \delta) \quad L = PQC + \frac{PQ}{R' \omega} (\delta_P + \delta_Q - \delta)$$

Si les constantes de temps étaient négligeables (donc les angles de phase) les valeurs mesurées seraient :

$$R_m = \frac{PQ}{R'} \quad \text{et} \quad L_m = PQC$$

Si l'on pose $\delta_P + \delta_Q - \delta = \Delta$, il vient

$$R = R_m - L_m \omega \Delta \quad L = L_m + \frac{R_m}{\omega} \Delta$$

$$R = R_m \left(1 - \frac{L_m \omega}{R_m} \Delta\right) \quad L = L_m \left(1 + \frac{R_m}{L_m \omega} \Delta\right)$$

Pour les bobines de bonne qualité, le coefficient de surtension

$$Q = \frac{L_m \omega}{R_m}$$

peut atteindre quelques dizaines et la correction sur R peut être importante, alors que celle sur L est négligeable.

Si l'on n'effectue pas la correction sur la résistance due aux constantes de temps et à l'angle de pertes du condensateur, on peut trouver au pont en courant alternatif une résistance inférieure à celle mesurée en courant continu. En effet, dans la plupart des cas

$$\delta > \delta_P + \delta_Q \quad \Delta < 0$$

et la résistance R_m mesurée en alternatif doit être majorée.

TABLEAU I -

Caractéristiques moyennes des boîtes de résistances RD 6

Commutateur	Plot	Masse M isolée	M réunie à R ₁	M réunie à R ₂	Erreur de phase maxi Δφ en mrad en tenant compte de la Cte de temps et de l'erreur qui l'entache	Erreur de module supplémentaire ΔR/R %									
						M isolée ou réunie à R ₁		En faisant la correction de la cte de temps et de R ₀	Sans correction						
			Constante de temps en 10 ⁻⁸ s												
x	0,01 Ω	1	7 900	Mêmes valeurs que	Pour M isolée	f = 100 kHz	f = 10 kHz	≤							
		5	1 540					Valeurs 10 fois plus faibles qu'à 100 kHz avec un minimum de 1 à 3 mrd.	Négligeable	f = 100 kHz	f = 10 kHz				
		10	970									1	0,9		
5	206	120	1	0,4											
10	134	30	0,5												
x	0,1 Ω	1	720	Mêmes valeurs que	Pour M isolée	f = 100 kHz	f = 10 kHz	Négligeable							
		5	206									22	0,3	1,4	0,15
		10	134									14	0,1	0,9	0,02
5	206	30	0,5												
10	134	30	0,5												
x	1 Ω	1	87	Mêmes valeurs que	Pour M isolée	f = 100 kHz	f = 10 kHz	Négligeable							
		5	27									22	0,3	1,4	0,15
		10	20									14	0,1	0,9	0,02
5	27	30	0,5												
10	20	30	0,5												
x	10 Ω	1	9,3	Mêmes valeurs que	Pour M isolée	f = 100 kHz	f = 10 kHz	Négligeable							
		5	3,8									5	0,1	0,2	Négligeable
		10	2,6									3	0,1	0,1	
5	3,8	3,6	3,65	3	0,1	0,1	0,1								
10	2,6	2,4	2,5	2	0,1	0,1	0,1								
x	100 Ω	1	0,58	Mêmes valeurs que	Pour M isolée	f = 100 kHz	f = 10 kHz	Négligeable							
		5	-1,3									2	0,1	0,1	0,1
		10	-3,6									2	0,1	0,1	0,1
5	-1,3	0,25	0,23	2	0,1	0,1	0,1								
10	-3,6	-2,1	-4,2	2	0,1	0,1	0,1								
5	-1,3	-2,1	-4,2	2	0,1	0,1	0,1								
10	-3,6	-4,8	-12	3	0,1	0,1	0,1								
x	1 000 Ω	1	-7,3	Mêmes valeurs que	Pour M isolée	f = 100 kHz	f = 10 kHz	Négligeable							
		5	-14									4	0,1	0,25	0,1
		10	-31									12	0,1	1,3	0,1
5	-14	-7,7	-18,2	4	0,1	0,1	0,1								
10	-31	-15	-64	12	0,1	0,1	0,1								
5	-14	-15	-64	12	0,1	0,1	0,1								
10	-31	-36	-109	25	0,1	0,1	0,1								
x	10 000 Ω	1	-130	Mêmes valeurs que	Pour M isolée	f = 100 kHz	f = 10 kHz	Négligeable							
		5	-320									40	0,2	0,1	0,5
		10	-380									180	1,4	0,1	1,5
5	-320	-185	-154	40	0,2	0,1	0,1								
10	-380	-610	-420	180	1,4	0,1	0,1								
5	-320	-610	-420	180	1,4	0,1	0,1								
10	-380	-1440	-450												
x	100 000 Ω	1	-440	Mêmes valeurs que	Pour M isolée	f = 100 kHz	f = 10 kHz	Négligeable							
		5	-1000										0,1		
		10	-3900										1,8		
5	-1000	-470	-1550		0,1										
10	-3900	-1150	-6900		1,8										
5	-1000	-470	-1550		0,1										
10	-3900	-4400	-14900												

Résistance résiduelle R₀ = 15 ± 2 mΩ Inductance résiduelle L₀ = 0,73 ± 0,01 μH Capacité résiduelle C₀ = 35 ± 3 pF.

L'inversion des bornes R₁ et R₂ introduit un décalage capacitif de 10 à 15 pF en raison de la capacité du boîtier par rapport au sol.

Remarques concernant le tableau I

Les valeurs indiquées représentent des moyennes couvrant les types A, B et C lesquels, pour les mêmes valeurs de résistances, présentent une légère dispersion en raison du fait que les décades n'occupent pas les mêmes positions à l'intérieur du boîtier. Les éléments nus non montés sont pratiquement identiques.

L'existence d'une constante de temps τ introduit pour la fréquence f (pulsation $\omega = 2\pi f$)

un angle de phase parasite $\text{tg } \delta \approx \delta = \tau\omega$

et une erreur de module sensiblement égale à $50 \tau^2 \omega^2$, lorsque cette erreur n'est que de quelques %.

Pour $f = 100 \text{ kHz}$, on a sensiblement :

δ en mrd = $6,28 \tau$ (en 10^{-8} s),

et l'erreur sur celui-ci, en tenant compte de la constante de temps, est donnée par la même formule où la constante de temps est remplacée par l'erreur qui entache sa connaissance (3 à 10 % \pm 1 à 5 nanosecondes).

La correction de module $\Delta R/R$ en % est $\tau^2/500$ (τ en 10^{-8} s), alors qu'à 10 kHz cette expression devient $\tau^2/5$.

CHAPITRE IV

UTILISATION PRATIQUE

4-1 - BORNAGE

- Entre R_1 et R_2 on obtient une résistance étalonnée variable par bonds de $0,01 \Omega$, $0,1 \Omega$ ou 1Ω , suivant les modèles entre la résistance résiduelle $R_0 = (0,015 \pm 0,002) \Omega$ et le maximum indiqué en 1-2 et 3-1. Il y a 6 décades de réglage. Il y a lieu de veiller à ce que le courant admissible ne soit dépassé dans aucune décade (voir en 2-1.1.1.2).
- Entre P et C_1 on obtient une résistance variable par bonds de 100Ω , $1\,000 \Omega$ ou $10\,000 \Omega$ (types C, B, A) entre la résiduelle, qui est ici inférieure à R_0 , et 11 fois ces valeurs.
- Lorsque le commutateur commandant la décade de plus forte résistance est sur 0, on obtient entre R_2 et P une résistance variable par bonds de $0,01 \Omega$, $0,1 \Omega$ ou 1Ω entre la résiduelle et le maximum (types C, B, A).

4-2 - REMARQUES CONCERNANT LES SURCHARGES

- a) Lorsque la boîte est en série dans un circuit d'utilisation, il suffit de veiller à ce que le courant admissible ne soit pas dépassé dans la décade comportant les résistances les plus fortes (voir en 2-1.1.1.2).
- b) Lorsque la boîte est aux bornes d'une source de tension V, il est très facile de faire la vérification correspondante par simple application de la formule.

$$i = \frac{V}{\text{résistance totale}}$$

- c) Dans certains cas il est commode de connaître la tension maximale que les éléments résistants peuvent supporter :

100 000 Ω	160 V	10 Ω	1,6 V
10 000 Ω	60 V	1 Ω	0,6 V
1 000 Ω	16 V	0,1 Ω	0,1 V
100 Ω	5 V	0,01 Ω	0,05 V

C'est le cas notamment lorsqu'une seule décade est en service. Par exemple la résistance de $3 \times 1\,000 \Omega$ peut supporter $3 \times 16 = 48 \text{ V}$.

Par contre quatre résistances de 100Ω et une résistance de $1\,000 \Omega$ ne doivent pas être branchées sous

$$4 \times 5 + 1 \times 16 = 36 \text{ volts}$$

en raison du fait que les résistances subissent les tensions suivant leur valeur ohmique et non suivant leur tension admissible.

En effet, dans le dernier cas, la résistance de $1\,000 \Omega$ absorberait :

$$36 \times \frac{1\,000}{1\,000 + 400} = 25,7 \text{ donc bien plus de } 16 \text{ V.}$$

4-3 - POTENTIOMETRE 1ère version (fig. 4-1) *

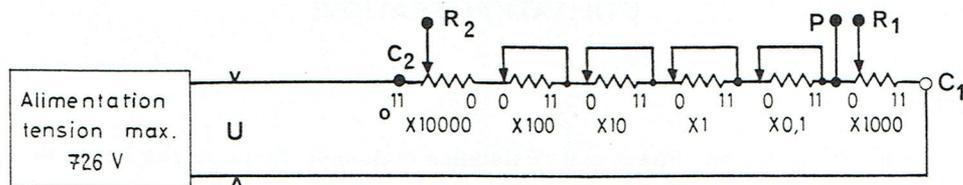


Fig. 4-1 - Potentiomètre 1ère version .Cas d'une boîte RD6B.

On branche la tension d'alimentation entre C_1 et C_2 , seules les décades de 1 000 et 10 000 Ω étant en service (les autres commutateurs sur zéro). La tension ne doit pas dépasser 800 V.

La résistance aux bornes de la source est alors de 121 000 Ω .

En agissant sur les boutons, il est possible de faire varier la résistance entre R_1 et R_2 par bonds de 1 000 et d'obtenir des tensions étalonnées par bonds de $1/121^e$ de la tension totale.

4-4 - POTENTIOMETRE 2ème version (fig. 4-2)

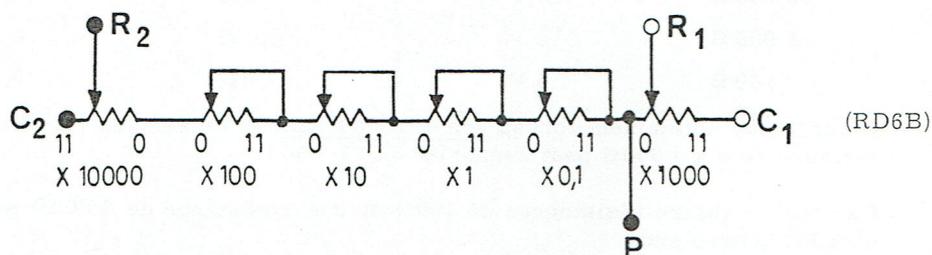
Si l'alimentation se fait entre P et C_2 la tension d'alimentation peut atteindre

$$110 \times 6 = 660 \text{ V}$$

La résistance totale étant de 110 000 Ω , la variation par bonds de 10 000 Ω permet d'obtenir une subdivision par $1/11^e$ entre P et R_2 , seule la décade des 10 000 étant en service.

4-4.1 - Potentiomètre 3ème version (fig. 4-2)

Pour une tension maximale de 176 V branchée entre P et C_1 on a un potentiomètre de 11 000 Ω variant par bonds de 1 000 Ω donc de $U/11$. La tension variable est prise entre P et R_1 .

Fig. 4-2 - Potentiomètre deuxième et troisième versions suivant que l'alimentation se fait entre P et C_2 ou P et C_1 .

* Les montages indiqués peuvent être réalisés indifféremment avec les trois modèles de boîte RD6. Pour le choix, consulter 1-2.

4 - 5 - POTENTIOMETRE 4ème version (fig. 4 - 3) destiné à la mesure de tensions par la méthode d'opposition

On peut obtenir un potentiomètre à réglage fin sans avoir toutefois une résistance totale constante. Il suffit de brancher la source entre C_1 et la borne R_2 , le commutateur de la décade des 10 000 étant à zéro (tension U maximale 220V).

En agissant sur les 5 commutateurs restants, on obtient entre R_1 et R_2 une tension.

$$v = U \frac{b + a}{b + 11\,000}$$

b - résistances insérées sur les décades des 100 - 10 - 1 et 0,1 Ω

a - résistance insérée sur la décade des 1000.

La résistance totale de charge de la source fournissant la tension U varie entre

$$11\,000 \Omega \text{ et } 12\,222,1 \Omega$$

donc d'environ 10%.

Comme b est réglable par bonds de 0,1 Ω , on obtient une subdivision de l'ordre de 1/10 000 de la tension appliquée.

Comme la connaissance de v est subordonnée à celle de U , il y a là une servitude bien que U puisse être mesurée au moyen d'un voltmètre de bonne classe.

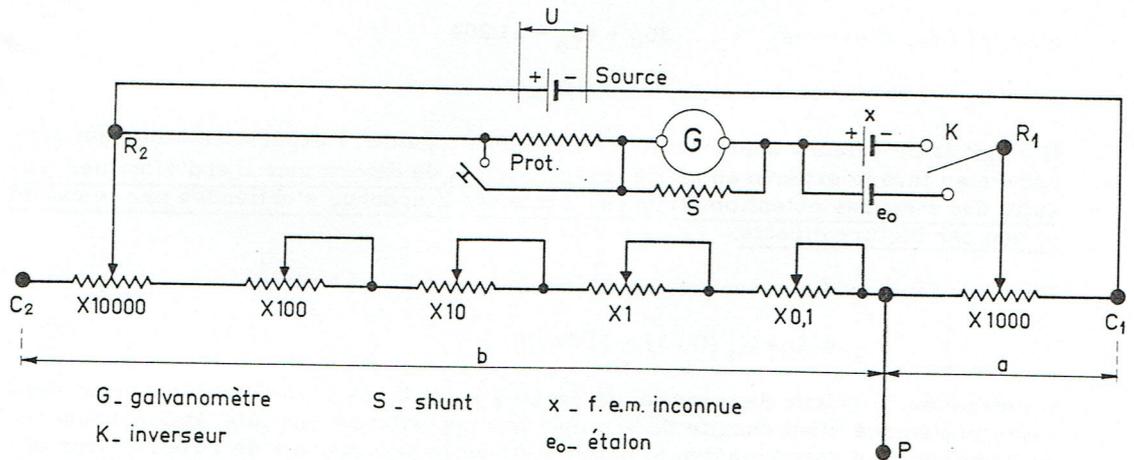


Fig. 4-3 - Potentiomètre 4ème version (RD 6 B.)

Lorsque la tension d'alimentation ne dépasse pas quelques volts, le débit n'atteint même pas un mA et la variation de 10% de la résistance totale n'affecte pas la tension effectivement disponible aux bornes de la source, pourvu que celle-ci soit de faible résistance interne.

Si l'on utilise une batterie d'accumulateurs de 4 V d'une dizaine d'ampères-heures de capacité, la résistance interne ne dépasse en aucun cas 0,05 Ω .

Le débit sur 11 000 Ω est d'environ $4/11\,000 = 363\ \mu\text{A}$ et passe à $4/12\,222 = 327\ \mu\text{A}$ lorsque toutes les résistances sont en service.

Cette variation de courant de $363 - 327 = 36\ \mu\text{A}$ se traduit par une chute interne de

$$36 \times 0,05 = 1,8\ \mu\text{V}$$

ce qui est parfaitement négligeable.

Etant donné la stabilité des accumulateurs au plomb au bout de 20 minutes de débit, on peut procéder à un tarage au moyen d'une pile étalon pour connaître de façon précise la tension U.

Si la force électromotrice e_0 de celle-ci est de 1,0186 V (abs), pour U de l'ordre de 4 V, on aura approximativement pour un courant nul dans le galvanomètre G.

$$e_0 = 1,0186 = \frac{b_0 + a_0}{b_0 + 11\,000} \cdot 4$$

$$11\,204,6 + 1,0186\ b_0 = 4b_0 + 4a_0$$

d'où très sensiblement $3b_0 + 4a_0 = 11\,204$

Pour $a_0 = 2\,000\ \Omega$, on trouve $b_0 = 1\,068\ \Omega$.

Il s'agit là de valeurs approximatives destinées à guider l'expérimentateur qui procédera au tarage expérimental. Ce tarage permet de déterminer U et d'effectuer ensuite des mesures potentiométriques. Toutefois l'inconnue s'obtiendra par le calcul et non par lecture directe.

Pour une tension U quelconque, on détermine a_0 et b_0 à partir de

$$a_0U + b_0(U - 1) = 11\,204,6$$

On s'impose la valeur de tarage a_0 de façon à avoir b_0 de 1 200 Ω au plus, cette dernière résistance étant ensuite déterminée par opposition à une pile étalon branchée en série avec un galvanomètre et une résistance de protection r de 10 000 Ω pour dégrossir l'équilibre (fig. 4-3).

On calcul ensuite U de façon précise à partir de a_0 et b_0 pour pouvoir appliquer la formule donnant la tension à mesurer x toujours inférieure à U. Cette tension est branchée au moyen de l'inverseur K.

4 - 6 - UTILISATION EN TETE DE PONT (OU BRAS DE PONT) - Cas d'une boite RD 6B à titre d'exemple.

Deux possibilités s'offrent à l'expérimentateur, le point commun étant toujours la borne P :

- Prendre les bras entre C_1 et P (valeur fixe) et P et C_2 (valeur réglable jusqu'à $11\,222,1\Omega$ avec un trou entre $1\,222,1\Omega$ et $10\,000\Omega$) (Fig. 4-4A);
- Choisir toujours P comme point commun et utiliser les résistances réglables disponibles entre celui-ci et les bornes R_1 et R_2 , (fig. 4-4B).

Dans le premier cas le bras a est constamment égal à $11\,000\Omega$

Dans le second cas, il y a plus de possibilités et en premier lieu on peut obtenir des rapports simples égales par exemple à des puissances entières négatives ou positives de 10 comme l'indique le tableau III.

Fig. 4-4 - Utilisation comme bras de proportion

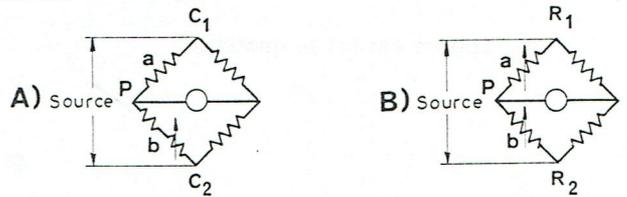


TABLEAU III -

Rapport	Bras a sur ($R_1 P$)	Bras b sur ($R_2 P$)	le passage du rapport m au rapport $1/m$ se fait par permutation des bras.
1	1 10	10×100 $1 \times 10\,000$	
10 ou $1/10$	1 10	1×100 10×100	
100 ou $1/100$	1 10	1×10 1×100	
1 000 ou $1/1\,000$	1 10	1×1 1×10	
10 000 ou $1/10\,000$	10	1×1	

La réalisation d'autres rapports simples est possible comme :

Rapport	Bras a sur	Bras b sur
2 ou $1/2$	1	5×100
	2	10×100
	5	$1 \times 10\,000$
3 ou $1/3$ 4 ou $1/4$	3	10×100
	4	10×100
	2 1	5×100 $2 \times 100 + 5 \times 10$
5 ou $1/5$	1	2×100
	2	1×100
	2	$1 \times 10\,000$

4-7 - EMPLOI EN PONT DE WHEATSTONE POUR LA MESURE DES RESISTANCES (fig. 4-5)

La résistance comprise entre P et R₁ ainsi que celle entre R₁ et C₁ jouent le rôle de tête de pont de rapports.

1/10, 2/9, 3/8, 4/7, 5/6, 6/5, 7/4, 8/3, 9/2 et 10.

La résistance disponible entre P et R₂ constitue le bras de pont variable. Comme celle-ci présente un trou entre 1 222,1 Ω et 10 000 Ω, on ne disposera que d'une seule gamme de mesure sans solution de continuité. Compte tenu des rapports extrêmes 1/10 et 10, l'inconnue sera mesurée avec au moins trois chiffres significatifs entre

1,11 Ω (rapport 1/10, résistance b = 11,1 Ω)
 et 12 221 Ω (rapport 10, résistance b = 122,1 Ω)

le rapport est ici le quotient

$$m = \frac{\text{résistance entre } R_1 \text{ et } C_1}{\text{résistance entre } R_1 \text{ et } P} = \frac{11000-a}{a}$$

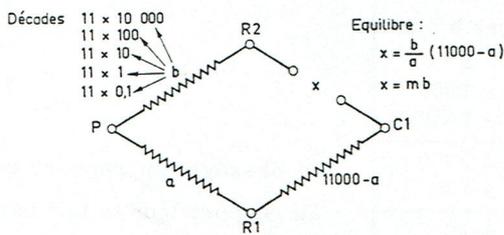


Fig. 4-5 - Utilisation en pont de WHEATSTONE d'une boîte RD6B

Au delà de 12 222,1 Ω, il est encore possible d'effectuer des mesures toutefois les gammes couvertes présentent des solutions de continuité. Néanmoins par le jeu des rapports on arrive à y remédier d'une certaine façon.

Si l'on songe que la résistance variable est de l'ordre de 1 200 Ω, les gammes de travail seront limitées par les valeurs obtenues en multipliant m par

1 x 10 000 + 1 200, 2 x 10 000 + 12 000 etc.

Par exemple, pour le rapport 6/5 = 1,2, les valeurs extrêmes mesurables seront pour b = 1 x 10 000 Ω:

$$1,2 \times 10\,000 = 12\,000 \text{ } \Omega \text{ et } 1,2 \times 12\,200 = 14\,400 \text{ } \Omega$$

On a ainsi rejoint la première gamme.

Pour m = 5/6 et b = 2 x 10 000 Ω on peut travailler entre 5 x 20 000/6 = 16 666 et 5 x 21 200/6 = 17 666 Ω.

4-8 - MONTAGE REDUCTEUR DE TENSION

La conception de la boîte permet son utilisation en réducteur de tension. Si une source de tension E attaque les bornes R_1 et R_2 (fig. 4-2), on recueille entre P et R_1 . Une fraction de celle-ci ajustable par l'utilisateur.

Dans ce cas particulier de la boîte RD 6 B, la résistance entre P et R_1 peut varier entre 0 et 11 000 Ω par bonds de 1 000 Ω , alors que la résistance insérée entre P et R_2 comporte 11 éléments de 10 000 Ω et une boîte à 4 décades de 1 222, 1 Ω . Il est donc possible de réaliser un grand nombre de rapports. Il faut cependant tenir compte de l'absence de la décade 11x1 000 Ω , ce qui rend impossible la réalisation de rapports égaux à une puissance entière de 10. Pour une résistance de 1 000 Ω entre P et R_1 et de 100 000 Ω entre P et R_2 , le rapport de réduction est

$$\frac{100\ 000 + 1\ 000}{1\ 000} = 101$$

D'après le tableau donné en 4-2, la tension admissible est de 600 V.

Pour une boîte RD 6 A, celle-ci serait de 1 600 V.

Un autre mode de branchement est le suivant :

entrée : C_1, R_2 , sortie : C_1, R_1 .

Il faut retenir que la résistance entre R_1 et C_1 est égale à 11 000 Ω diminuée de la lecture faite sur le bouton de la décade des 1 000 Ω .

Une autre possibilité est l'attaque entre R_1 et R_2 , le bouton de la décade des 10 000 étant à zéro, et la sortie entre les bornes P et R_2 .

Le rapport de réduction 10 peut être obtenu en mettant la décade de 1000 sur 9, la décade des 100 sur 10 et les autres décades sur 0. La résistance totale du réducteur est alors de 10 000 Ω , la tension admissible étant de 160 V.

Le même rapport peut être obtenu avec le premier montage en plaçant le bouton de la décade des 10 000 sur 9 et celui de la décade des 1 000 sur 10, les autres décades étant à zéro. On a alors 100 000 Ω entre R_2 et R_1 (bornes d'entrée) et 10 000 Ω entre R_1 et P (bornes de sortie), la tension admissible étant de 600 V pour une RD 6 B.

Des rapports de réduction considérables peuvent être obtenus en utilisant comme bornes d'entrée P et C_2 et comme bornes de sortie P et R_2 . Si l'on désire travailler sur des résistances d'entrée plus faibles on peut attaquer R_1 et R_2 (décade des 10 000 à zéro) et sortie entre P et R_2 .

CHAPITRE V

ENTRETIEN DÉPANNAGE

La boîte de résistances RD6 est un appareil de précision mettant en jeu des organes sensibles.

L'appareil ne nécessite aucun entretien particulier ; toutefois on veillera en toute circonstance à mettre l'appareil à l'abri des chocs, ceux-ci étant presque toujours à l'origine des détériorations.

Au cas où les indications fournies par la boîte de résistances ne sembleraient pas correctes, contrôler les résistances à l'aide d'un pont de Wheatstone de précision (ex. B 80 de notre fabrication). La boîte de résistances est montée et réglée chez le constructeur à l'aide d'un outillage spécial. Chaque appareil fait l'objet d'un étalonnage particulier en fonction des résistances entrant dans sa composition. Dans ces conditions aucune opération n'est permise en matière de réparation. (Il n'y a pas de lot de maintenance de prévu avec la fourniture).

En cas de détérioration ou de mauvais fonctionnement, l'appareil doit être retourné au constructeur.

Pour nettoyer les commutateurs en cas d'instabilité, dévisser les deux vis de fixation du bouton en matière moulée, le tirer à soi en prenant soin de repérer la position par rapport au repère gravé sur la platine.

Pour avoir accès aux plots, il suffit de soulever le capot noir qui les protège de la poussière.

- Nettoyer les plots avec de l'éther à l'aide d'un chiffon non pelucheux jusqu'à disparition de toute trace de cambouis.
- Déposer deux à trois gouttes d'huile de ricin.
- Replacer le capot et serrer les deux vis du bouton.
- Manœuvrer de droite à gauche pour obtenir une répartition homogène de l'huile.