

Beamex

# Calibration White Paper

[www.beamex.com](http://www.beamex.com)  
[info@beamex.com](mailto:info@beamex.com)



Mesure de  
résistance à  
2, 3 ou 4 fils

# Mesure de résistance à 2, 3 ou 4 fils

– Comment ça fonctionne et quelle méthode privilégier ?

Vous savez probablement que vous pouvez réaliser des mesures de résistance en utilisant 2, 3 ou 4 fils. Mais vous souvenez-vous des différences entre ces méthodes ? Vous rappelez-vous comment elles fonctionnent exactement ? Je suis conscient que vous êtes peut-être gêné d'admettre que non. Ne vous inquiétez pas, nous allons tout vous expliquer dans ce livre blanc. Une fois que vous l'aurez lu, vous saurez tout ce qu'il y a à savoir sur le sujet.

Dans ce livre blanc, nous allons vous expliquer de manière simple et concise comment fonctionne un ohmmètre ou un thermomètre à sonde résistive ainsi que la différence entre les connexions à 2, 3 ou 4 fils.

Premier point : Un ohmmètre ne mesure pas réellement directement une résistance. Comment ça ?

**Bien, rentrons maintenant dans le vif du sujet : comment fonctionne un ohmmètre ou un thermomètre à sonde résistive ?**

Commençons par le commencement. Avant de parler de nombre de fils, intéressons-nous dans un premier temps au fonctionnement d'un ohmmètre.

Premier point important : en réalité, un ohmmètre ne mesure pas directement une résistance. Attendez... Comment ça ?

En fait, l'ohmmètre envoie un faible courant, le courant d'excitation, à travers la résistance à mesurer puis mesure la chute de tension induite par la résistance. Enfin, une fois qu'il connaît l'intensité du courant et la tension, le reste est résolu avec cette bonne vieille loi d'Ohm. La loi d'Ohm consiste à dire que la résistance est égale à la tension divisée par l'intensité soit  $R = U/I$ .

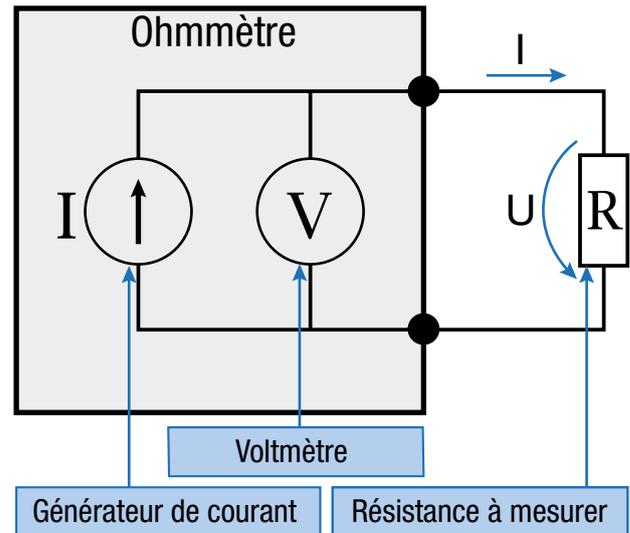
Ainsi, l'ohmmètre mesure en réalité la résistance via une mesure d'intensité et de tension.

Souvent, l'intensité mesurée est aux alentours de 1 mA, donc si vous mesurez une résistance de 100 ohms, cela entraînera une chute de tension de 0,1 V. Plus la résistance mesurée sera grande, plus faible sera la mesure d'intensité utilisée. Les transmetteurs de température utilisent souvent un courant d'environ 0,2 mA. Il existe des transmetteurs allant de 0,1 mA jusqu'à plusieurs mA.

Le courant d'excitation va entraîner un auto-échauffement de la sonde résistive en raison de la dissipation d'énergie, en particulier dans les plus petits éléments résistifs qui possèdent de mauvaises connexions thermiques avec leur

environnement. Ainsi l'intensité mesurée devrait être faible. Le point crucial c'est que l'instrument de mesure de résistance connaisse avec précision l'intensité qu'il mesure pour pouvoir effectuer correctement les calculs.

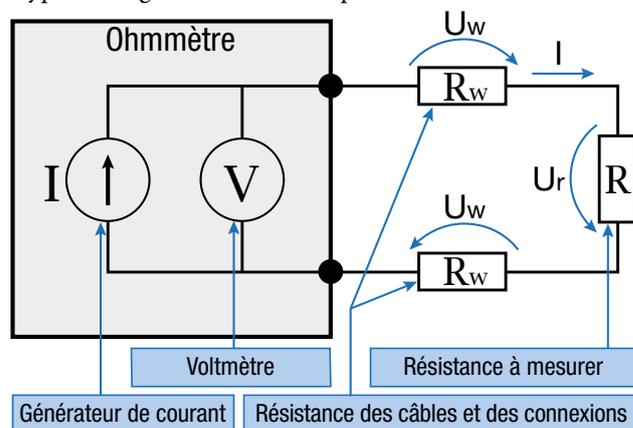
Une illustration est souvent plus parlante que des explications :



**Graphique 1 : Connexion à 2 fils**

Le schéma ci-dessus représente un montage utilisant une connexion à 2 fils, car seulement 2 fils (câbles de test) sont utilisés pour connecter la résistance. Dans le schéma de principe ci-dessus, on considère que les fils sont idéaux et ne présentent pas de résistance. Mais en pratique, tous les fils et les câbles de test offrent une certaine résistance, de même que les connexions.

Ainsi, si on illustre une connexion réelle à 2 fils en prenant en compte la résistance des fils et des connexions, on obtient ce type de diagramme schématique :



**Graphique 2 : diagramme schématique d'une connexion réelle à 2 fils**

Le principal problème ici, c'est que la résistance que l'ohmmètre va mesurer est la combinaison de la «résistance qu'on veut mesurer» et de toutes les résistances des câbles et des connexions.

Ainsi, ce que l'ohmmètre va mesurer c'est en fait la somme  $U_w + U_r + U_w$ , alors qu'on voudrait qu'il ne mesure qu' $U_r$ .

*Le résultat obtenu comporte donc une erreur.*

En fonction des câbles et des connexions, cela peut entraîner une grosse erreur de mesure. Si les câbles sont particulièrement longs et les connexions mauvaises, l'erreur peut représenter jusqu'à quelques ohms, voir même être infinie. Cependant, même en cas de câbles de test et de connexions haut de gamme, il y a aura toujours une certaine erreur.

*Si vous voulez réaliser des mesures de résistance (ou de sondes résistives) fiables et exactes, n'utilisez jamais de connexion à 2 fils.*

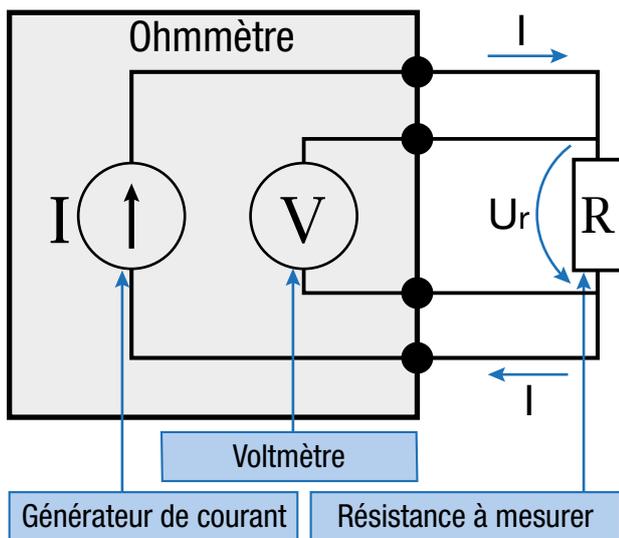
Mais alors, comment se débarrasser des erreurs des mesures à 2 fils? La meilleure réponse est d'utiliser une connexion à 4 fils.

**Mesure de résistance à 4 fils**

Avec une connexion à 4 fils, l'idée est d'avoir des fils différents pour délivrer le courant de mesure et pour mesurer la chute de tension induite par la résistance.

Pour ce type de connexion, on a besoin de 4 fils, d'où son nom. Plutôt logique donc...

Jetons un œil au schéma de principe d'une connexion à 4 fils :



**Graphique 3 : Connexion à 4 fils**

Peut-être vous demandez-vous quelle est la différence avec une connexion à 2 fils? Eh bien, cela ne fait aucune différence si on considère que les fils et les connexions sont idéaux, mais

soyons honnête c'est plutôt difficile de se procurer des câbles idéaux...

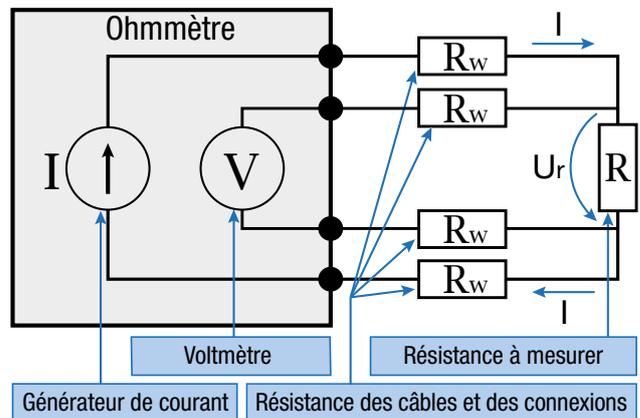
Ainsi, en pratique, en raison de toutes les résistances inconnues induites par les câbles et les connexions, *cela fait toute la différence.*

Et pourquoi donc me demanderez-vous? Eh bien, laissez-moi vous expliquer :

Dans ce nouveau cas de figure, il y a maintenant un nouveau jeu de câbles différents qui fournissent une intensité précise à travers la résistance. Si ces câbles et connexions présentent une certaine résistance, cela n'a pas d'importance, car le générateur de courant fixe va générer le même courant et que le courant ne change pas quand il traverse les résistances de ces connexions.

De plus, il y a des câbles dédiés à la mesure de tension. Ces câbles sont connectés directement aux pattes de la résistance à mesurer. Ainsi toute résistance dans les câbles de mesure de tension n'aura pas d'effet sur la mesure de tension, car la mesure de tension est une mesure à forte impédance, il n'y a donc pratiquement pas de courant dans ces câbles et même s'il y avait de la résistance, cela n'entraînerait pas de chute de tension, cela n'induit donc pas d'erreur.

Un diagramme schématique pratique d'une mesure réelle à 4 fils ressemblerait donc à ça (en y ajoutant les résistances de connexions et de câbles  $R_w$ ) :



**Graphique 4 : Connexion à 4 fils**

La connexion à 4 fils est donc le meilleur moyen de mesurer avec exactitude une résistance ou une sonde résistive.

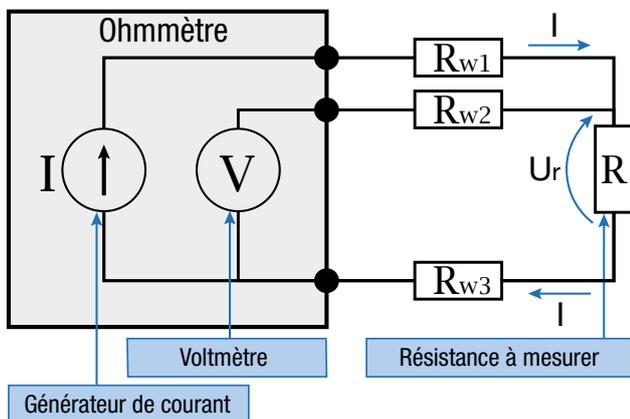
**Mesure de résistance à 3 fils**

Malheureusement, en pratique, dans l'industrie, cela s'avère coûteux d'utiliser ou d'installer des connexions à 4 fils. Il existe cependant une modification simplifiée de la connexion à 4 fils, c'est la connexion à 3 fils. Et donc, comme vous l'avez deviné, elle utilise 3 fils.

Bien que la connexion à 3 fils ne soit pas précisément aussi exacte que celle à 4 fils, elle s'en rapproche beaucoup si les 3 fils ont des caractéristiques similaires. En pratique, la connexion à 3 fils est très proche d'une connexion à 4 fils en matière d'exactitude et bien meilleure que la mauvaise connexion à 2 fils. En conséquence, la connexion à 3 fils est devenue un standard dans de nombreuses applications industrielles.

Dans les connexions à 3 fils, l'idée est de retirer un des fils de mesure de tension et de considérer que tous les fils présentent une valeur de résistance similaire.

Schéma d'une connexion à 3 fils, avec résistance des câbles :



Graphique 5 : Connexion à 3 fils

Sur le schéma ci-dessus, le fil de mesure de la tension présent sur le bas du graphique 4 a été retiré. Ainsi, les connexions en bas du schéma rappellent la connexion à 2 câbles tandis que les connexions du haut s'apparentent à celle à 4 câbles. Dans la partie supérieure du schéma, l'ohmmètre peut compenser la résistance du câble, mais dans la partie inférieure, il ne peut pas compenser la résistance ( $R_{w3}$ ) du câble.

Alors comment ça marche ?

L'ohmmètre possède un commutateur interne. Celui-ci lui permet de mesurer dans un premier temps uniquement la résistance de la boucle supérieure (somme de  $R_{w1}+R_{w2}$ ), puis l'instrument va diviser ce résultat par 2 et obtenir ainsi la résistance moyenne de ces deux câbles. L'ohmmètre suppose que le troisième câble ( $R_{w3}$ ) possède la même résistance que la moyenne de  $R_{w1}$  et  $R_{w2}$ . L'instrument bascule alors sur une connexion normale (telle que représentée sur le schéma) pour mesurer l'impédance  $R$  connectée et utilise les résultats de la mesure précédente de résistance du câble pour obtenir le résultat de mesure finale.

Attention, souvenez-vous que la connexion à 3 fils n'est exacte que si les 3 fils et connexions possèdent la même résistance.

S'il existe des différences dans les résistances des câbles et des connexions, alors la connexion à 3 fils produira un résultat de mesure erroné.

Dans le cas d'applications industrielles, la connexion à 3 fils constitue souvent un bon compromis, car elle est suffisamment exacte et nécessite un câble de moins que la mesure parfaite à 4 fils.

## CONCLUSION

Quelques points à retenir :

- Lors de l'étalonnage d'une résistance ou d'une sonde résistive, utilisez toujours une connexion à 4 fils si possible.
- Bien sûr, quand vous étalonnez un capteur de température à sonde résistive configuré pour une mesure à 3 fils, vous devez alors utiliser aussi une connexion à 3 fils pour l'étalonnage. Assurez-vous d'utiliser 3 fils similaires et que les contacts soient bons.
- Quand dans votre process vous utilisez une sonde résistive à 3 fils connectée à un transmetteur à sonde résistive, assurez-vous de réaliser de bons contacts au niveau du transmetteur pour les 3 câbles.
- Quand vous utilisez une sonde résistive de référence lors d'un étalonnage, utilisez toujours une connexion à 4 fils.
- N'utilisez jamais de mesure de résistance à 2 fils si vous avez besoin d'exactitude. Vous pouvez cependant l'utiliser pour détecter des pannes ou pour des mesures approximatives. Nous espérons que ce livre blanc vous aura été utile.