

Plan du chapitre

Chapitre 9 - Conditionnement

1. Du mesurande à la grandeur électrique
2. Montages 2 fils, 3 fils, 4 fils
3. Filtrage et amplification

1. Du mesurande à la grandeur électrique

Cf. cours précédents, un peu partout

MESURANDE → TENSION

capteurs passifs:

pont diviseur simple, pont à deux générateurs

pont de Wheatstone (résistances)

pont de Sauty (résistances et condensateurs)

...

capteurs actifs:

convertisseurs courant-tension

...

MESURANDE → FRÉQUENCE

oscillateur

...

V: voltmètre

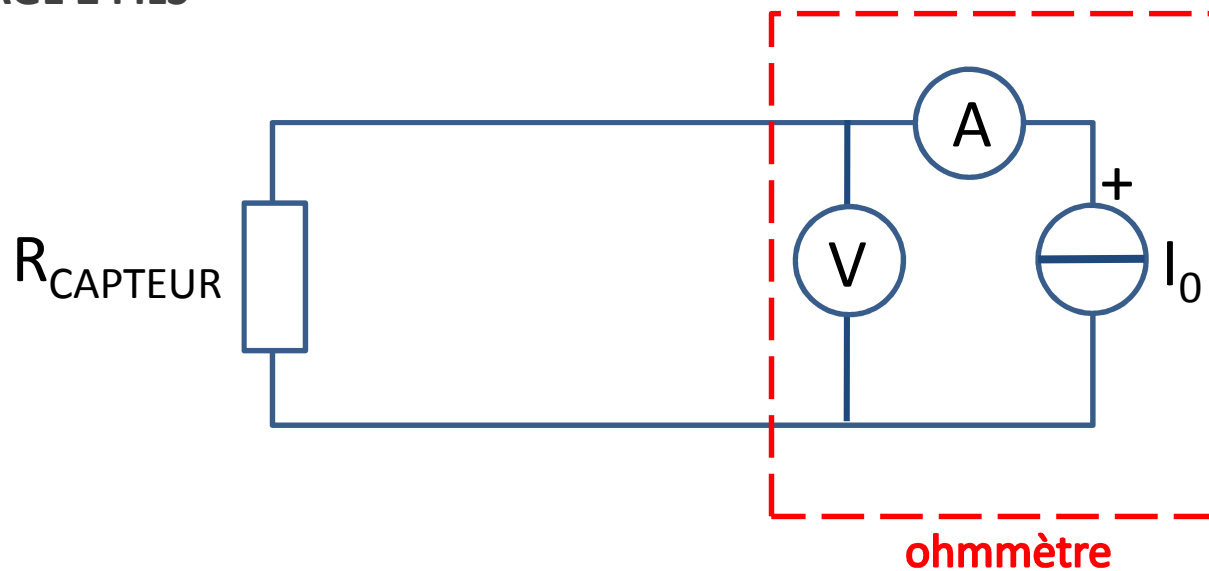
A: ampèremètre

I_0 : générateur de courant

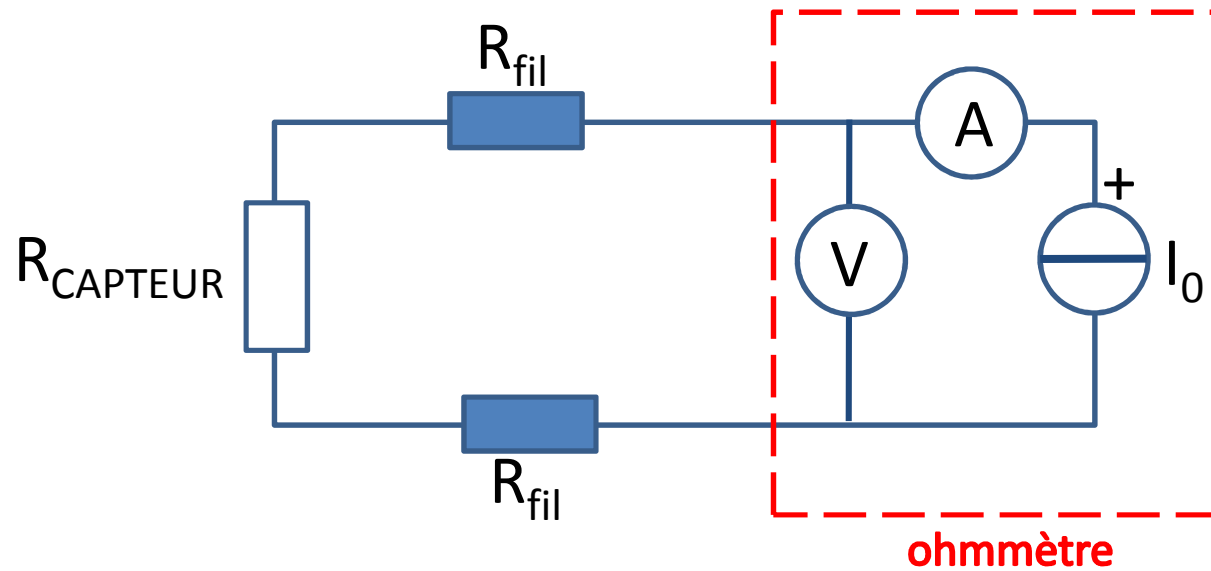
supposés parfaits

En fait imparfaits mais
imperfections connues et donc
possibilité de corriger la mesure...

MONTAGE 2 FILS

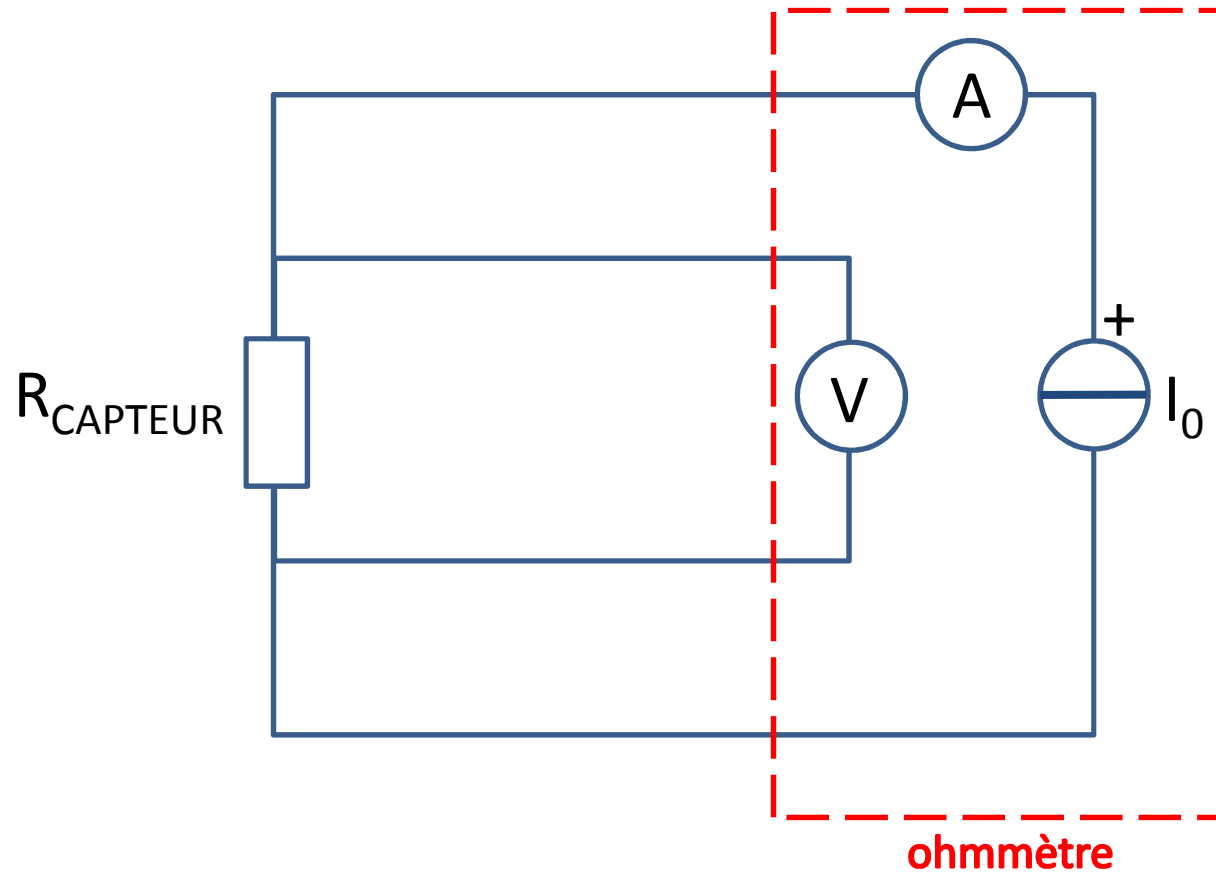


MONTAGE 2 FILS

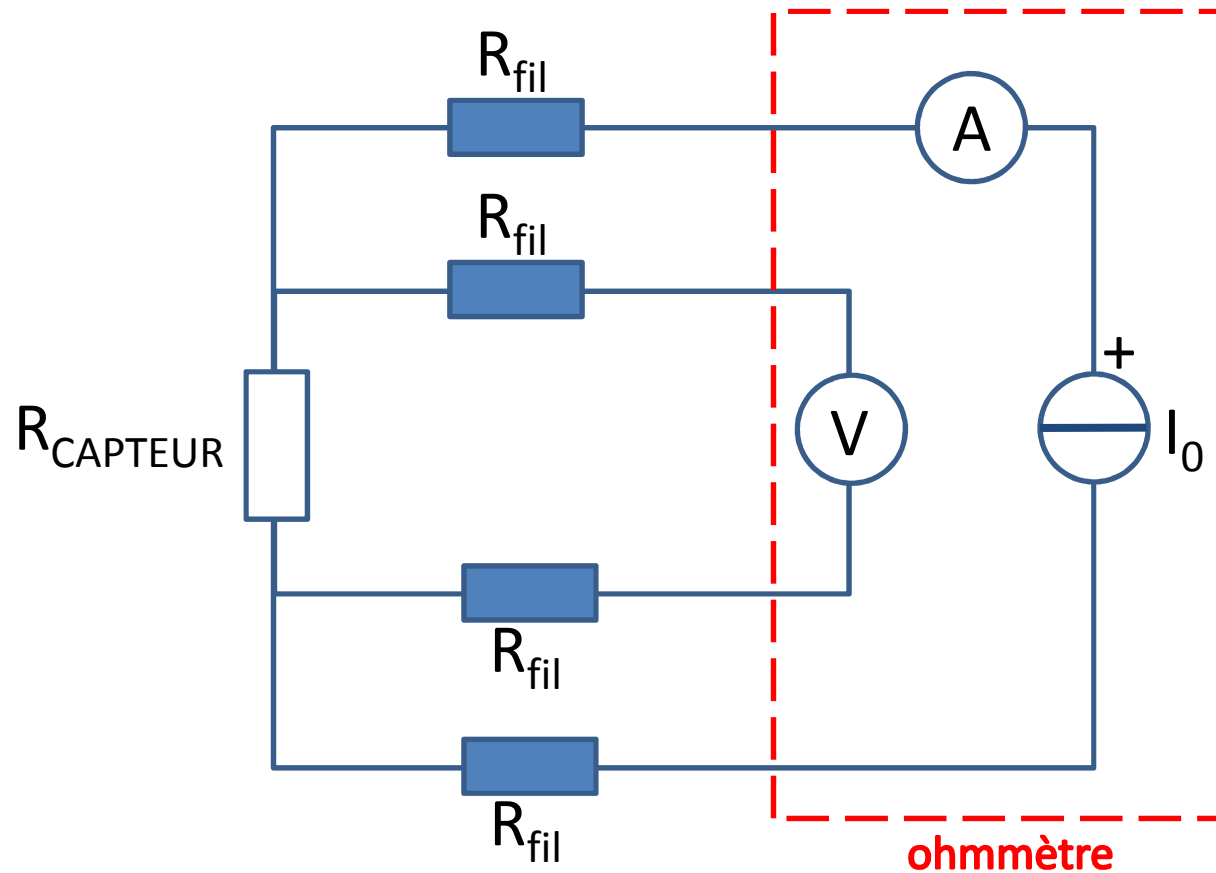


Résistance des fils non négligée

MONTAGE 4 FILS



MONTAGE 4 FILS

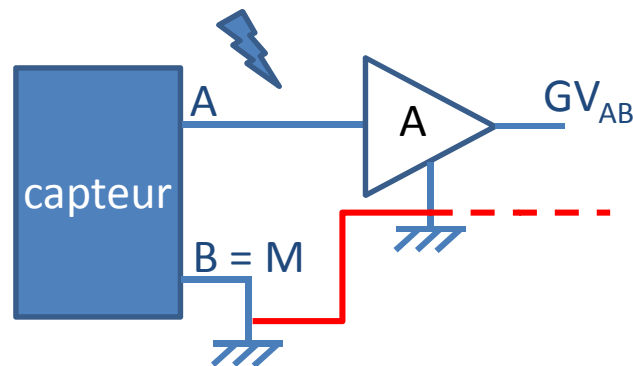


Résistance des fils non négligée

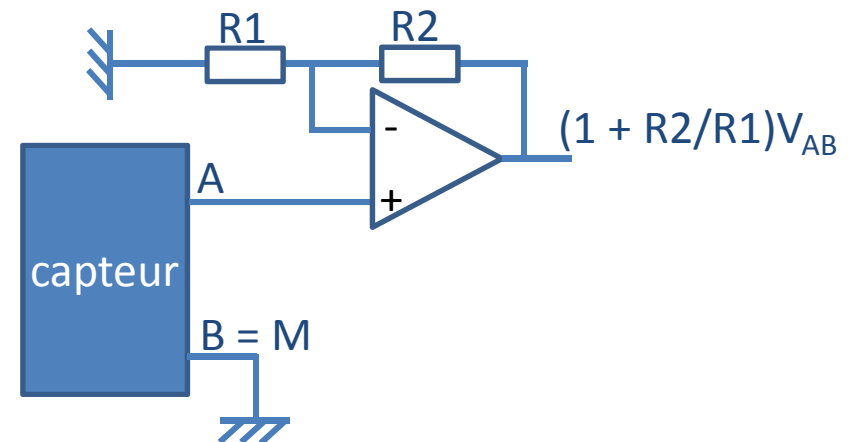
Filtrage: cf. TD opacimètre

Amplification



Pourquoi? Améliorer la sensibilité, mais il ne faut pas amplifier le bruit (les parasites)...



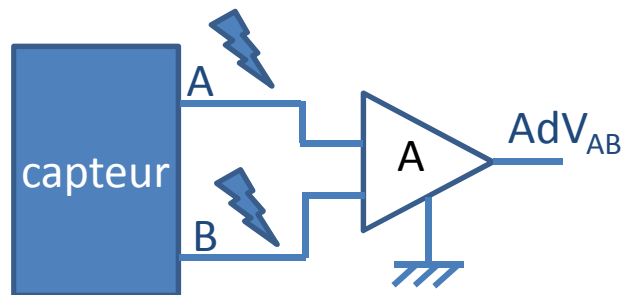
Exemple d'amplificateur:



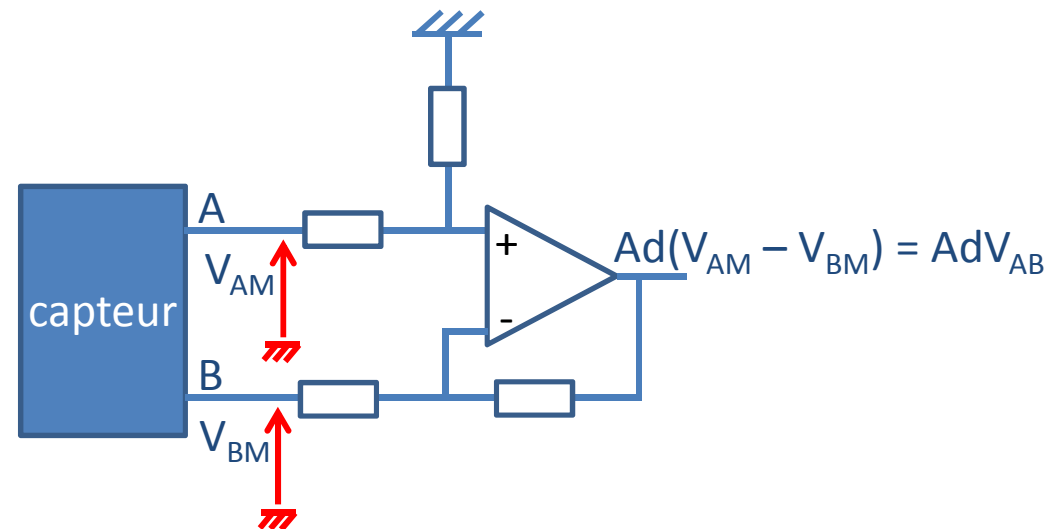
Inconvénients:

1. B doit être à la masse
2. « Tension de masse » amplifiée 
3. Parasite amplifié 
4. V_{AM} contient une information utile et souvent aussi une composante « inutile » qui est aussi amplifiée (saturation de l'ampli.)

Amplification d'une différence



Exemple d'amplificateur:



Inconvénients:

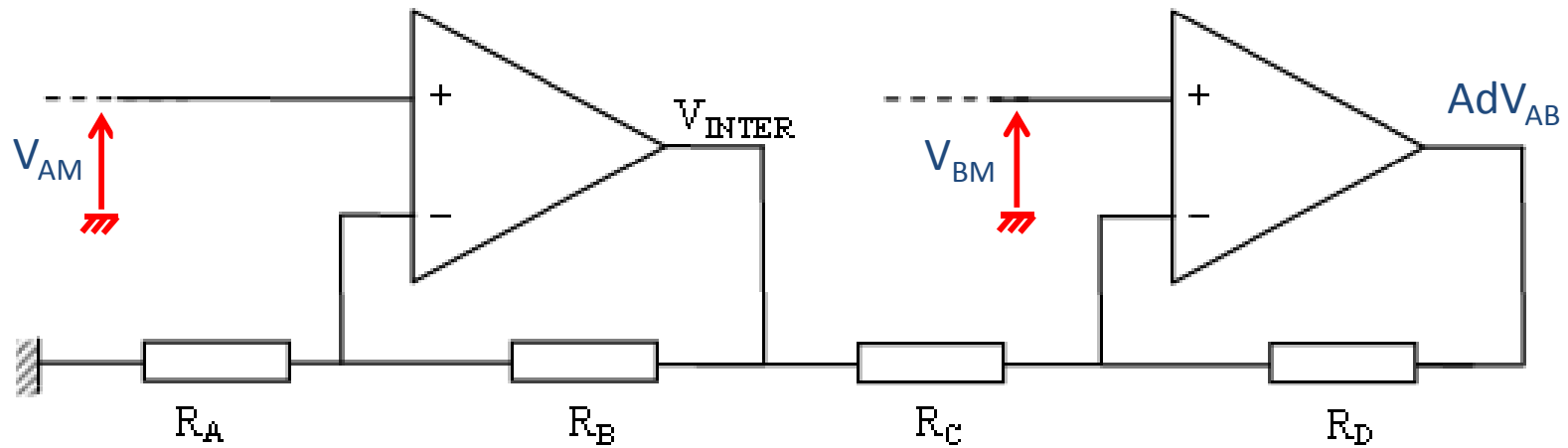
1. ~~B doit être à la masse~~
2. ~~« Tension de masse » amplifiée~~
3. Parasite amplifié: suppression (atténuation) des parasites de « mode commun »
4. ~~V_AM contient une information utile et souvent aussi une composante « inutile » qui est aussi amplifiée (saturation de l'ampli.)~~ → composante « inutile » éliminée si V_AM et V_BM ont la même

Mais...

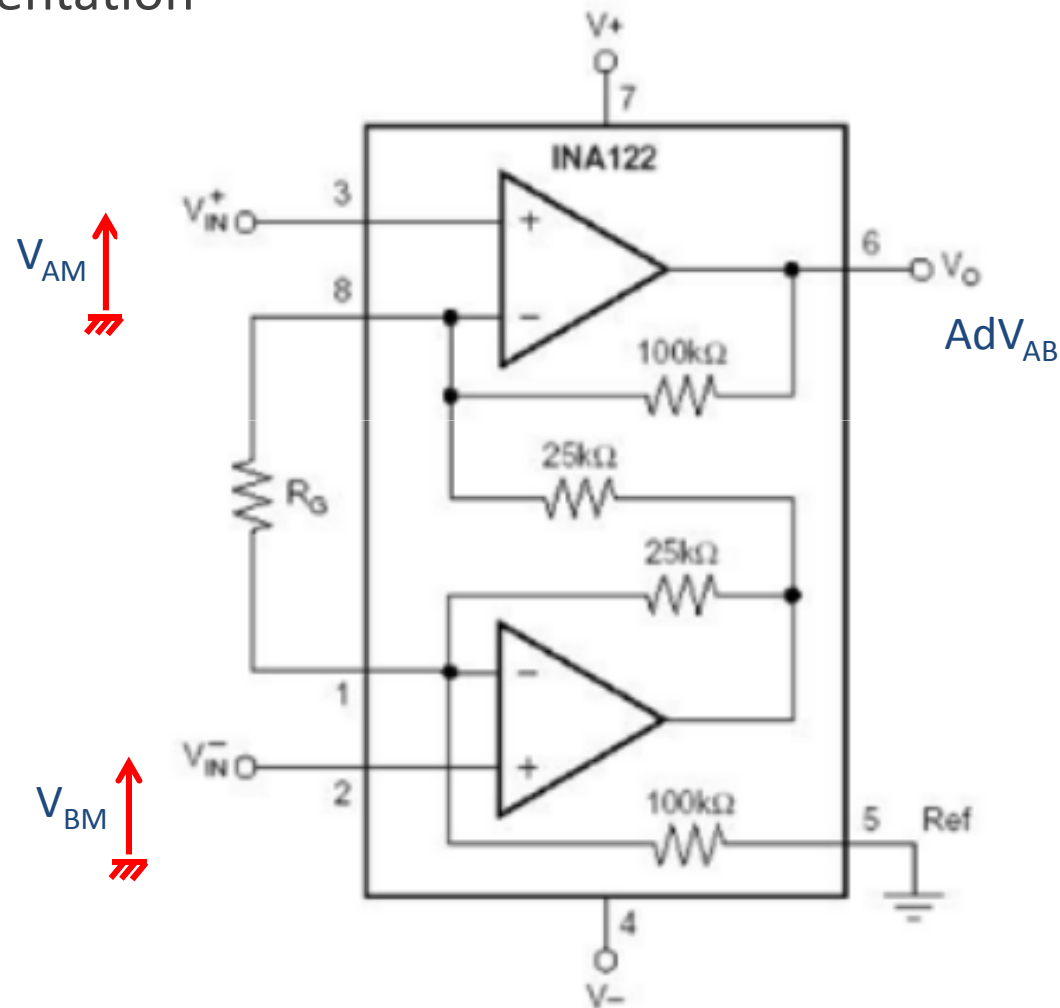
- Impédance d'entrée...

- Gain différentiel Ad , gain de mode commun Amc et Taux de Réjection du Mode Commun d'un AOP, d'un amplificateur... $V_{out} = Ad(V_{AM} - V_{BM}) + Amc(V_{AM} + V_{BM})/2$ avec $Ad/Amc = TRMC$

De meilleures impédances d'entrée:



De meilleures impédances d'entrée et un meilleur TRMC: amplificateur différentiel d'instrumentation

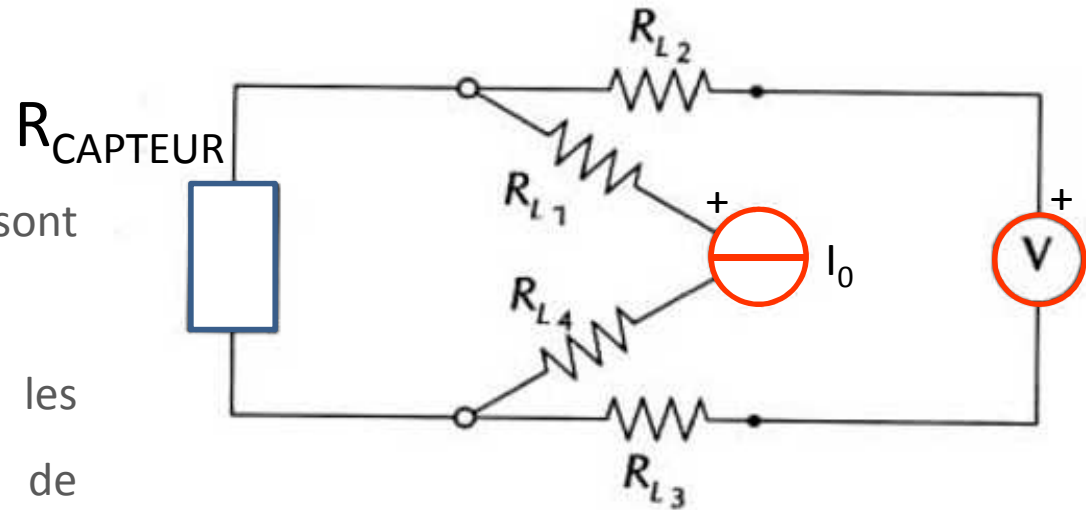


QCM

R_{CAPTEUR} est un capteur résistif. Les R_{L_i} sont les fils de liaison.

Appelons R_G et R_V respectivement les résistances internes du générateur de courant I_0 et du voltmètre V .

Ce montage a un intérêt si



D'après Techniques de l'Ingénieur R2570

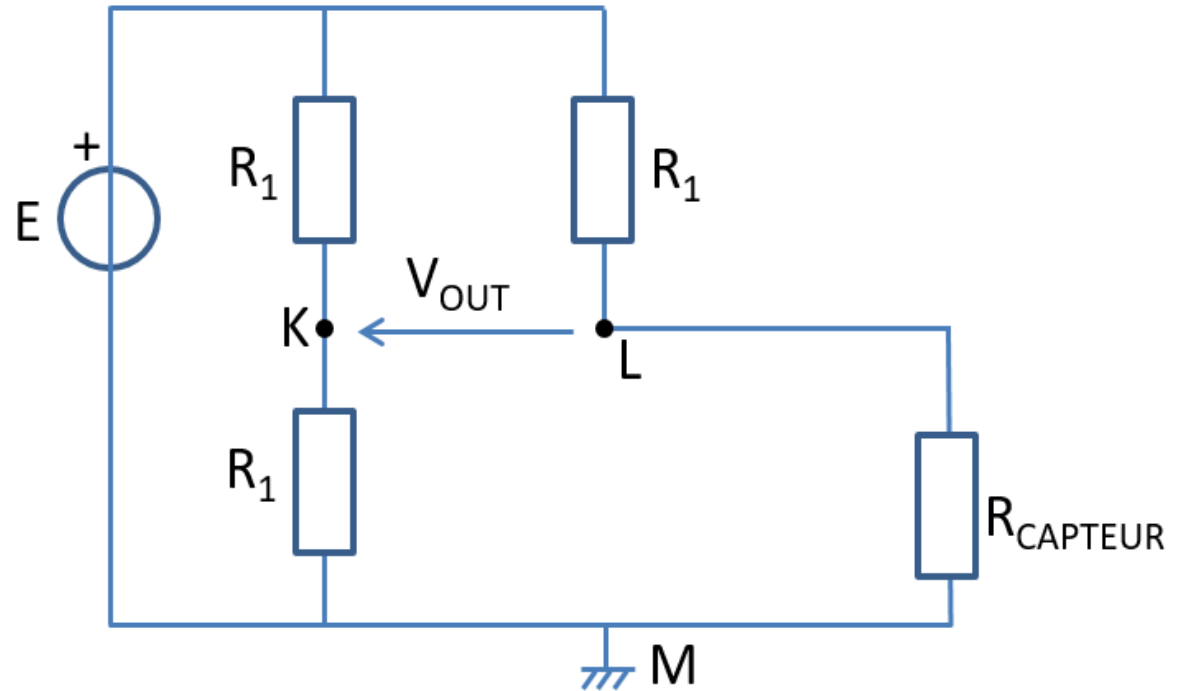
1. $R_G \ll \dots$ et $R_V \gg \dots$
2. $R_G \ll \dots$ et $R_V \ll \dots$
3. $R_G \gg \dots$ et $R_V \gg \dots$
4. $R_G \gg \dots$ et $R_V \ll \dots$

Question subsidiaire:

\ll
ou
 \gg devant quoi?

QCM

Soit un pont de Wheatstone à l'équilibre, i.e. $R_{\text{capteur}} = R_1$ (on néglige la résistance des fils). Pour que le voltmètre ne perturbe pas la mesure de V_{OUT} il faut que la résistance du voltmètre soit



1. $\gg R_1$
2. $\ll R_1$
3. $\gg 2R_1$
4. peu importe, ça ira

Soit un amplificateur différentiel amplifiant la différence ($V_{e1} - V_{e2}$). Son gain différentiel G_D vaut 1000 et il sature à ± 12 V. Les deux tensions d'entrée ont comme expression :

$$V_{e1} = 5 + v \text{ [volts]}$$

$$V_{e2} = 5 \text{ [volts]}$$

En considérant l'amplificateur différentiel idéal (gain de mode commun nul), que vaut la tension de sortie de l'amplificateur pour $v = 1\text{mV}$?

1. 1 V

2. 1 mv

3. 5,001 V

4. 12 V

QCM

Soit un amplificateur différentiel amplifiant la différence ($V_{e1} - V_{e2}$). Son gain différentiel G_D vaut 1000 et il sature à ± 12 V. Les deux tensions d'entrée ont comme expression :

$$V_{e1} = 5 + v \text{ [volts]}$$

$$V_{e2} = 5 \text{ [volts]}$$

L'amplificateur a maintenant un TRMC (taux de réjection du mode commun = gain différentiel/gain de mode commun) de 60 dB.

Que vaut approximativement la tension de sortie de l'amplificateur pour $v = 1$ mV?

1. 6 V

2. 12 V

3. 5,001 V

4. 1 V

Conclure...

Cahier des charges: consommation, bande-passante/rapidité, sensibilité, finesse, linéarité, étendue de mesure, taille...) → compromis.

Physique: effet Seebeck, SC et métal v. T° , PZélectrique, PZrésistif, photorécepteur, ...

Electronique: polarisation (e.g. photodiode), pont de Wheatstone, montages 3 et 4 fils, amplificateur différentiel d'instrumentation, filtrage, ...

Modélisation du capteur: relation mesurande/grandeur électrique.

Mathématique: variation d'une fonction en fonction des variations de ses variables (loi du capteur, calcul d'incertitude), équation aux dimensions, notation complexe pour l'étude en fréquence, linéarisation d'éléments non linéaires ...

La réalité: emballage thermique, bruit de source, résistance des fils de liaison...

Un matériau, plusieurs applications.

Exemples:

- semi-conducteurs dopés N et P: photodiodes
 - panneaux solaires
 - capteur d'éclairement
- piézoélectriques:
 - récupération de l'énergie des vibrations
 - capteur de force

Ce qui va différencier les deux types d'application:

- Choix de l'architecture du composant, de ses dimensions, des matériaux
- Manière de l'intégrer dans la chaîne électronique

pour optimiser :

- Le rendement pour l'énergie
- La sensibilité, la linéarité, l'étendue de mesure, la limitation des grandeurs d'influence et des parasites, la finesse, etc. pour les capteurs

et le coût, la fiabilité, la taille, la facilité d'emploi, etc. pour toutes les applications.

Conclusion générale

LICENCES ET MASTERS (liste non exhaustive)

L3 EEA, M1 et M2 SDI/Electronique (SPI: Sc. de l'Ing.)

Pour les capteurs et PV: les UE matériaux de manière générale (outre les UE d'électronique)

L3: UE « Induction magnétique et conversion d'énergie » et « Réseaux électriques intelligents et gestion de l'énergie »

M1, orientation « Capteurs, Instrumentation & Mesures (CIMES) »

M2, spécialité « Capteurs, Instrumentation & Mesures (CIMES) »

LABORATOIRES (stages de M1 et de M2, thèse) (liste non exhaustive)

GeePs (CNRS, CentraleSupélec, SU, UPSud)

PV, Réseaux électriques de transport et de distribution publics, Réseaux d'énergie embarqués et microgrids, Actionnement et Capteurs

L2E (SU)

Conversion de l'énergie mécanique en énergie électrique avec des couches piézoélectriques, Étude de systèmes communicants dans les environnements de la personne et du corps humain

LPEM (CNRS, ESPCI, SU)

Capteurs

M1 SPI/Electronique

Pour les capteurs: « Orientation Capteurs, Instrumentation & Mesures (CIMES) »

UE:

- Capteurs pour les systèmes embarqués

- Modélisation des capteurs

- Capteurs de rayonnement électromagnétique

- Imagerie non invasive

- ...

M2 SPI/Electronique

Pour les capteurs: « Spécialité Capteurs, Instrumentation & Mesures (CIMES) »

CONTENU

(1) Capteurs pour le nucléaire & le spatial

- Effet des rayonnements : détecteurs, Ramo-Shockley, accumulation de charges, création de défauts, effets optiques sur les sintillateurs et fibres, durcissement des capteurs, conceptions et procédures, ordres de grandeur, blocs de base, application au spatial, au nucléaire, à la physique des hautes énergies et au secteur médical
- Milieux fortement contraints (généralités sur l'industrie pétrolière, difficultés liées aux capteurs pétroliers, miniaturisation et lois d'échelle

(2) Capteurs industriels

- Capteurs magnétiques : inductifs, bobines de Rogowski, effet Hall, magnéto-résistances, FluxGates, performances, mise en œuvre, instrumentation associée
- Réalisation d'un capteur pour un produit de grande consommation : analyser l'existant, réaliser un premier produit, oser innover
- Virtualisation des capteurs : estimation des paramètres, méthode des moindres carrés, modélisation non linéaire, grandeurs pertinentes, ajustement des paramètres, fonction de coût, validation de modèles, étude de cas réels

(3) Capteurs pour le médical

- Imagerie par ultrason : tissus biologiques, interaction onde/tissus, résolution spatiale, profondeur d'exploration, capteurs ultrasonores, temps de vol, compensation de l'atténuation, mode A, mode B, balayage électronique, imagerie 3D
- Imagerie par radiations : qualité d'image, tomographie, scanning, temps de vol, énergie, transformée de Radon, sources, diffusion des rayons X, détecteurs, élimination, mammographie, DEXA, tomographie, scintigraphie, SPECT, PET
- Imagerie par résonance magnétique : description, sélection de coupe, codage, contraste, ciné cardiaque, élastographie, angiographie, imagerie cérébrale fonctionnelle, vélocimétrie et espace des q

CONTACT

Responsable de la spécialité

Stéphane Holé
stephane.hole@upmc.fr

Secrétariat

Raoudha Ben Slimane
raoudha.ben_slimane@upmc.fr