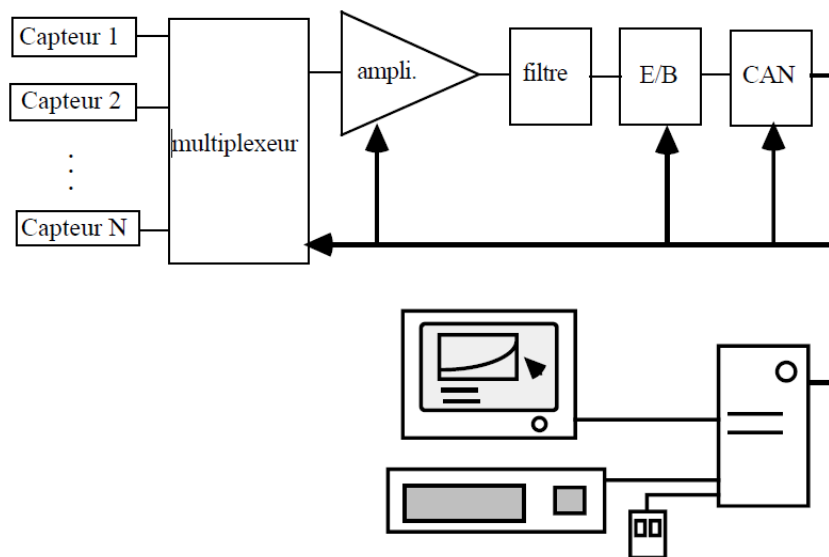


## Chapitre 2 : CONDITIONNEMENT DU SIGNAL

### 1. Introduction

=> Les différents éléments de la chaîne doivent être choisis et associés de sorte à satisfaire aux conditions de mesure:

- La résolution
- La rapidité
- L'immunité aux parasites et aux grandeurs d'influences



### 2. Conditionneurs de capteurs passifs

Le but est d'obtenir un signal électrique représentatif de la variation de l'impédance ( $Z_c$ ) sous l'influence du mesurande.

Deux types de conditionneurs de capteurs passifs:

=>  $v_m = e_s F(Z_c, Z_1, Z_2...)$  : amplitude du signal

- Montages potentiométriques
- Ponts

=>  $f_m = G(Z_c, Z_1, Z_2...)$  : fréquence du signal

- Oscillateurs

Pour obtenir une tension :

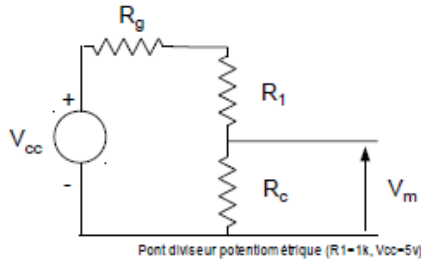
=> source de tension ou de courant

=> impédances supplémentaires

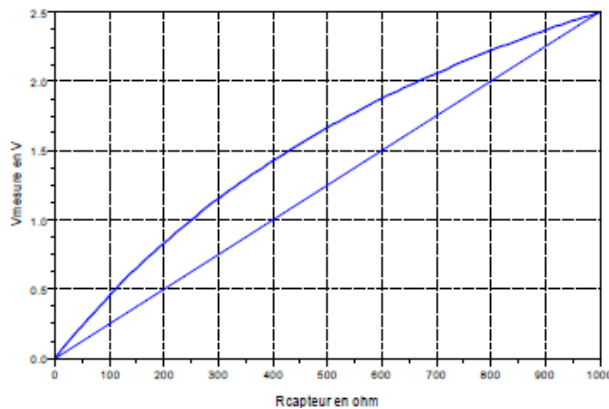
## 2.1. Montages potentiométriques

- Capteur résistif (exemple : sonde température PT100)

Montage dit "potentiométrique" (diviseur de tension)



Pont diviseur potentiométrique ( $R_1=1k, V_{cc}=5V$ )



$$V_m = \frac{R_c}{R_c + R_1} V_{cc} \quad \text{pour } R_g = 0$$

la mesure  $V_m$  est liée à la valeur de résistance  $R_m$  par une loi non-linéaire

↳ sensibilité

$$\sigma = \frac{R_1}{(R_c + R_1)^2} V_{cc}$$

La sensibilité est maximale pour  $R_1 = R_c$

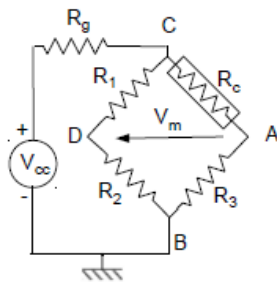
Elle est alors :

$$\sigma = \frac{V_{cc}}{4 R_1}$$

## 2.2. Montages en pont

- Capteur résistif (exemple : sonde température PT100)

Montage en pont (double diviseur de tension)



- On suppose que  $R_g$  est négligeable ( $V_{cc}$  référence de tension stabilisée)

en A :  $V_A = \frac{R_3}{R_3 + R_c} V_{cc}$       en D :  $V_D = \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{cc}$

$$V_m = V_D - V_A = \frac{R_1 R_c - R_2 R_3}{(R_1 + R_2)(R_3 + R_c)} V_{cc}$$

- Le pont est dit équilibré lorsque  $V_m = 0 \Rightarrow R_1 R_c = R_2 R_3$   
Pour cette valeur des résistances, les branches droites et gauches donnent le même rapport de division de  $V_{cc}$ .

- Pour simplifier la construction, on adopte souvent  $R_1 = R_2 = R_3 = R_{c0}$  avec  $R_{c0}$  valeur de référence du capteur (point particulier)

$$V_m = \frac{R_1 R_c - R_2 R_3}{(R_1 + R_2)(R_3 + R_c)} V_{cc} = \frac{R_{c0} R_c - R_{c0}^2}{2 R_{c0} (R_{c0} + R_c)} V_{cc}$$

- Etude variationnelle :

on suppose que  $R_c = R_{c0} + \Delta R$

$$V_m = \frac{R_{c0}(R_{c0} + \Delta R) - R_{c0}^2}{2R_{c0}(2R_{c0} + \Delta R)} V_{cc} = \frac{R_{c0} \Delta R}{4R_{c0}^2 + 2R_{c0} \Delta R} V_{cc}$$

d'où :  $V_m = \frac{\Delta R / R_{c0}}{1 + \Delta R / 2 R_{c0}} \frac{V_{cc}}{4}$

- Pour des petites variations de résistance, la réponse est quasi-linéaire :

$$V_m = \frac{\Delta R}{R_{c0}} \frac{V_{cc}}{4}$$

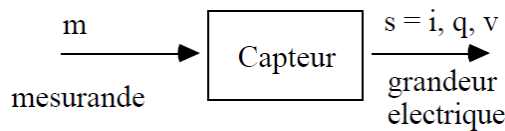
- Dans le cas général, la sensibilité peut s'exprimer en fonction de  $\alpha = \Delta R / R_{c0}$  :  $V_m = \frac{\alpha}{1 + \alpha/2} \frac{V_{cc}}{4}$

en considérant que  $\frac{1}{1 + \alpha/2} \approx 1 - \alpha/2$  ,

la tension de sortie s'exprime par :  $V_m = \alpha(1 - \alpha/2) \frac{V_{cc}}{4}$

Cette relation montre le terme d'erreur de non-linéarité en  $\alpha^2$  . Le pont de mesure demande donc une correction pour être utilisable sur de grandes étendues de mesure de résistance.

### 3. Conditionneurs de capteurs actifs



- But

Obtenir une tension proportionnelle au signal

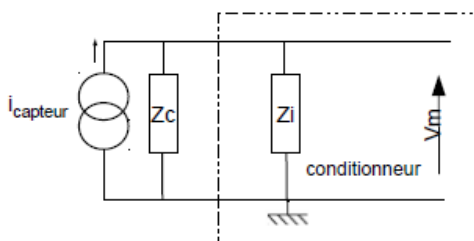
=> convertir i ou q en tension

=> adaptation de la tension de mesure

#### 3.1. Conditionneur du capteur source de courant

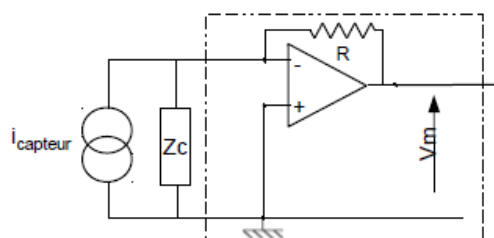
- Capteur source de courant (exemple : phototransistor)

Modèle du capteur à source de courant :



↳ Le conditionnement peut se limiter à une simple résistance calibrée  $Z_i = R$  . La tension mesurée est fonction de la résistance de mesure et de l'impédance parallèle du générateur de courant. Solution acceptable pour un générateur de courant pur ( $Z_c \rightarrow \infty$  )

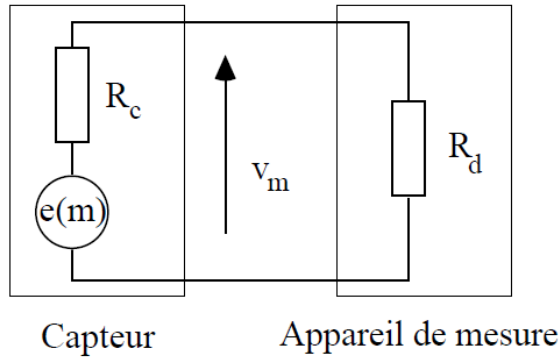
Convertisseur courant/tension :



↳ Le capteur devient source de courant à tension nulle (et constante). Sa conductance parallèle n'intervient pas dans la valeur mesurée. La bande passante est largement augmentée si le capteur présente une impédance fortement capacitive.

$$V_m = -R_i c$$

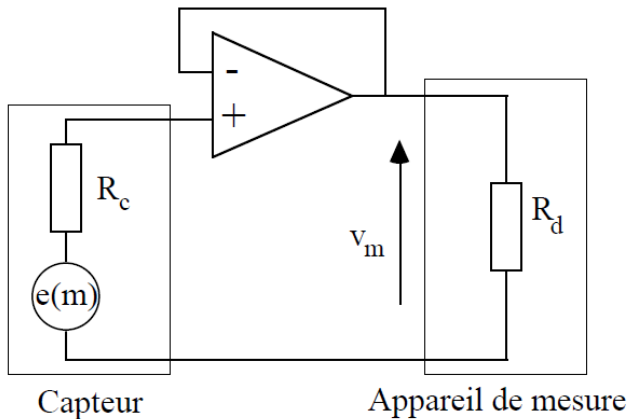
### 3.2. "conditionneur" du capteur source de tension



$$v_m = \frac{R_d}{R_d + R_c} e(m)$$

- si  $R_d \gg R_c \Rightarrow v_m = e(m) \Rightarrow \text{OK}$
- si  $R_d \approx R_c \Rightarrow v_m \approx e(m)/2$
- si  $R_d \ll R_c \Rightarrow v_m = e(m) R_d/R_c \ll e(m)$

Solution : montage suiveur



$$v_m = e(m)$$

### 4 - Les Amplificateurs

- Fonctions dans la chaîne:

=> augmenter le niveau du signal

protection contre les parasites et les dérives (AD)

=> assurer un transfert optimal du signal

adaptation d'impédance en tension

=> améliorer la précision de la mesure

adaptation du signal au niveau requis par le CAN

- Deux types d'amplificateur:

=> Amplificateurs Asymétriques (AO)

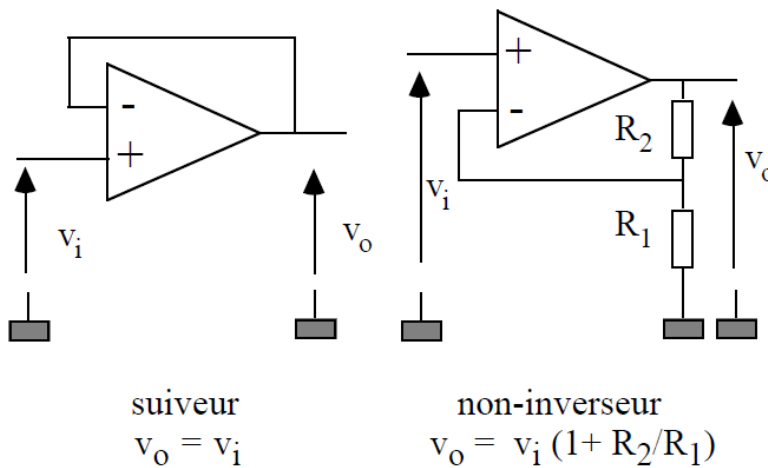
=> Amplificateurs Différentiels (AD)

choix de l'amplificateur: dépend de la référence du signal

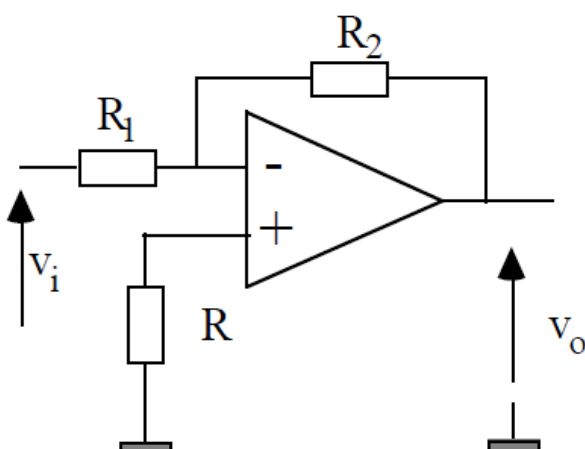
-> référence=masse de l'amplificateur => Asymétrique

-> référence masse de l'amplificateur => Différentiel

#### 4.1. Rappel Amplificateurs Opérationnels



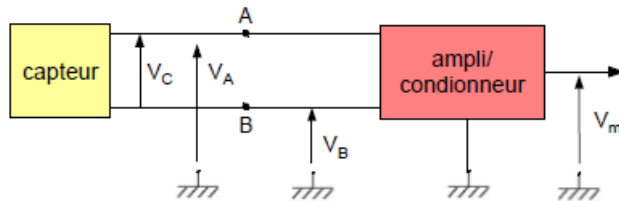
Exercice: Exprimez  $v_o$  en fonction de  $v_i$



## 4.2. Amplificateurs différentiels

- **Problématique de la mesure de tension**

Les signaux issus de capteurs sont généralement de faible niveau et doivent être amplifiés. Le signal utile est généralement une *différence de potentiel* entre deux points, alors que les outils de mesure usuels (amplificateur opérationnel) évaluent le potentiel par rapport à une *référence* imposée appelée *masse*.



- **Amplification différentielle**

La méthode la plus courante de mesure de potentiels dits "flottants" est le voltmètre. Cet appareil permet d'évaluer la différence de potentiel entre ses deux points de mesure ; son usage est limité à l'observation. En effet, sa conception même est de ne pas avoir de référence de masse ; son emploi est donc impossible pour une instrumentation couplée à d'autres équipements électroniques (PC par exemple).

- **Amplificateur d'instrumentation**

L'amplificateur d'instrumentation est l'amplificateur différentiel idéal .

- **Caractéristiques souhaitées :**

- mesure de la différence de potentiel pour une forte étendue de mode commun

$$V_s = A_{diff}(V^+ - V^-)$$

- impédance d'entrée infinie pour ne pas perturber le circuit à mesurer

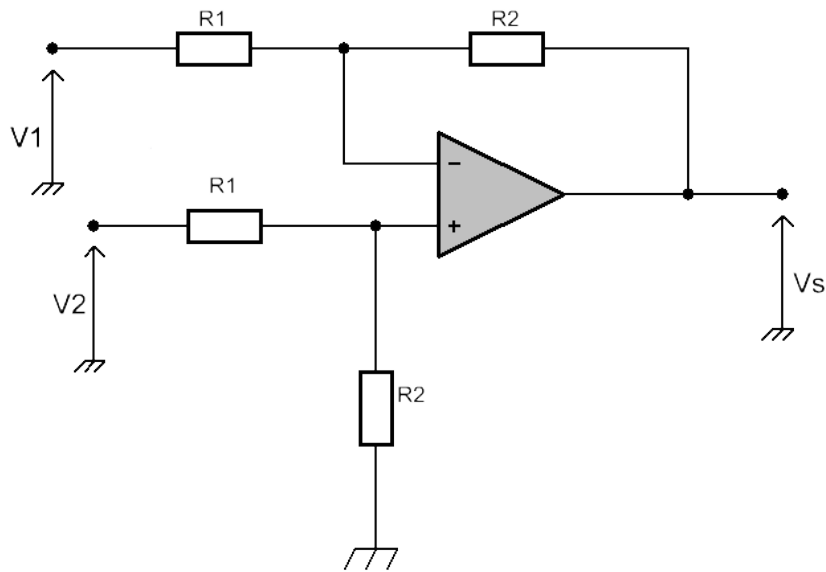
- impédance de sortie nulle (pas d'affaiblissement du signal sous l'effet d'une charge de sortie)

- taux de réjection de mode commun infini (en valeur ou en dB)

- Gain différentiel réglable pour un moyen simple (choix d'une résistance, liaison numérique...)

- La réalisation de l'amplificateur d'instrumentation est souvent basée sur un ou plusieurs amplificateurs opérationnels .

## Soustracteur simple - Amplificateur différentiel



L'AOP est supposé idéal, en régime linéaire ( $V_+ = V_-$ ).

Ce montage a pour but de réaliser la soustraction des deux tensions d'entrée.

La tension  $V_+$  est obtenue via un pont diviseur de tensions, la tensions  $V_-$  par le théorème de Millman :

$$V_+ = V_2 \left( \frac{R_2}{R_1 + R_2} \right)$$

$$V_- = \frac{\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_s}{R_2}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}} = \frac{V_1 R_2 + V_s R_1}{R_2 + R_1} = \frac{V_1 R_2 + V_s R_1}{R_1 + R_2}$$

$$\text{or } V_+ = V_- \Rightarrow \frac{V_2 R_2}{R_1 + R_2} = \frac{V_1 R_2 + V_s R_1}{R_1 + R_2}$$

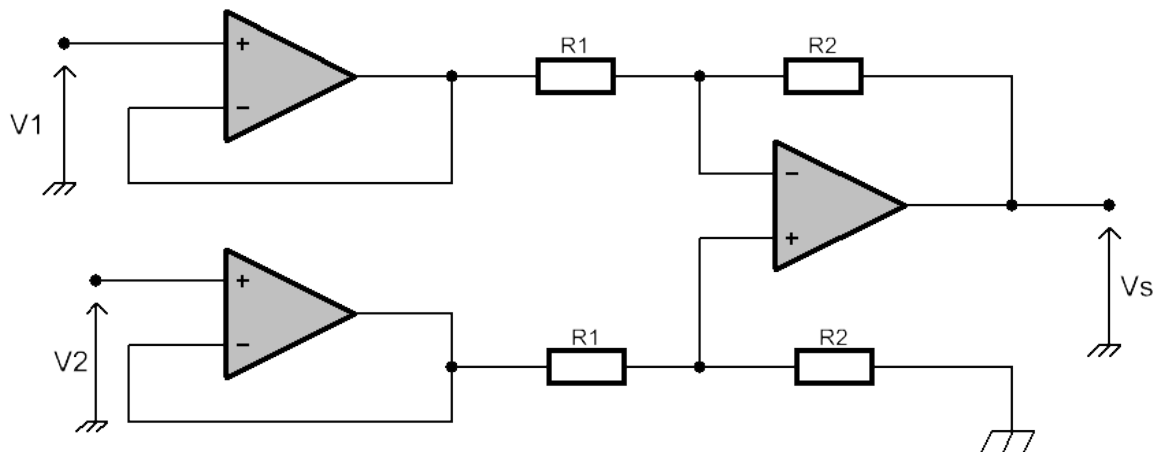
$$\Leftrightarrow \frac{V_s R_1}{R_1 + R_2} = (V_2 - V_1) \frac{R_2}{R_1 + R_2}$$

$$\Leftrightarrow V_s = \frac{R_2}{R_1} (V_2 - V_1)$$

Le montage, sous sa forme classique, amplifie donc la différence des tensions d'entrée  $V_1$  et  $V_2$  par un gain  $R_2/R_1$ . Si l'on choisi  $R_2=R_1$ , la tension de sortie  $V_s$  est égale à la différence  $V_2-V_1$ , d'où la dénomination *amplificateur différentiel* de ce circuit

Le seul petit soucis de ce circuit réside dans le fait que l'impédance d'entrée vue par les montages en amont (d'où proviennent les tensions d'entrée **V1** et **V2**) n'est pas infinie, il "consomme" donc du courant, ce qui peut être gênant si ces derniers ont déjà du mal à en fournir (capteurs par exemple).

### Amplificateur d'instrumentation



Les AOP sont supposés idéaux, en régime linéaire ( $V_+ = V_-$ ). Remarquez que ce circuit utilise deux types de montage : le suiveur et un amplificateur différentiel simple.

Les suiveurs permettent de créer des impédances d'entrées quasi-infinies et de "recopier" les tensions d'entrée sur l'amplificateur différentiel sans soutirer de courant aux circuits en amont. On obtient aisément :

$$V_s = \frac{R_2}{R_1} (V_2 - V_1)$$

Les circuits en amont ne sont donc pas perturbés par ce dispositif, point crucial s'il s'agit de capteurs délivrant de très faibles courants. Si l'on choisit  $R_1 = R_2$ , la sortie est purement différentielle (non amplifiée).

## 5. Les filtres

- Définition, propriétés et but

Signal de mesure caractérisé par son spectre en fréquence.

Limitation dans un certain domaine en fréq. => spectre utile

La fonction d'un filtre dans une chaîne instrumentale est

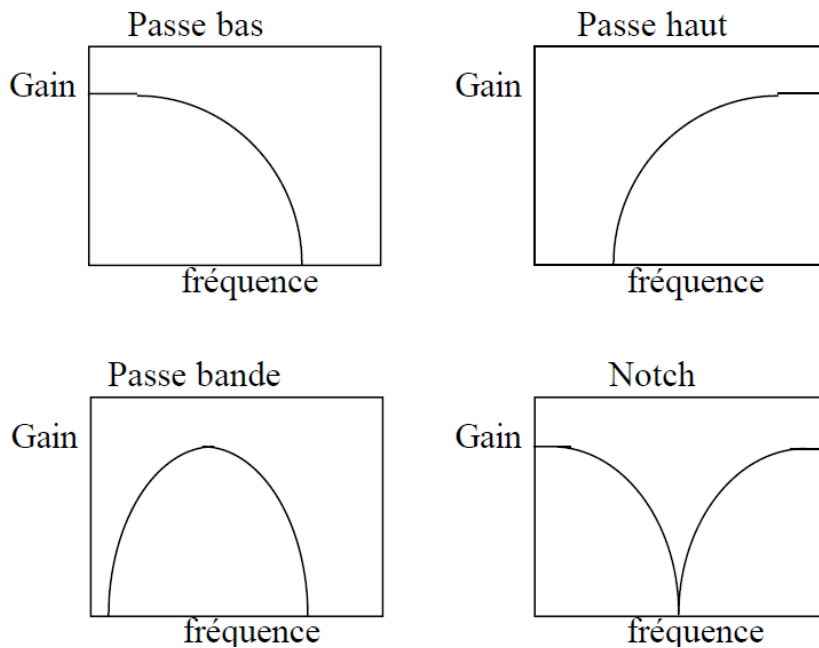
d'éliminer autant que possible du signal l'ensemble des



fréquences extérieures au spectre utile (parasites, bruit...).

=> évite le repliement dans le spectre utile de fréquences indésirables dès que l'on effectue un échantillonnage.

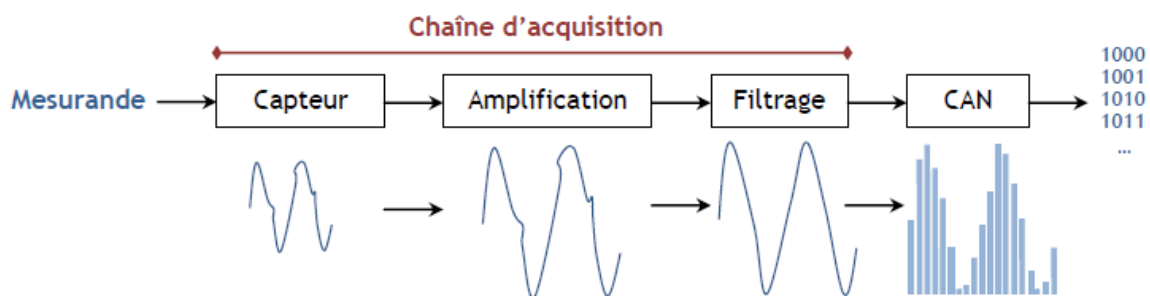
Différents types de filtre : Gain =  $v_o/v_i$



On utilise en général des filtres de type passe-bas

## 6. La chaîne d'acquisition

L'association capteur-conditionneur détermine les caractéristiques du signal de sortie. La chaîne d'acquisition doit être considérée dans son ensemble, ses caractéristiques sont déterminées de manière à répondre à l'application visée. Les divers dispositifs constituant la chaîne d'acquisition et sa structure doivent permettre le mesurage, le traitement et la restitution de la mesure avec les caractéristiques nécessaires à l'application : résolution, précision, rapidité et immunité aux parasites.



**Référence :**

[1]: G. Asch et collaborateurs. Acquisition de données, du capteur à l'ordinateur. Edition

Dunod