

Circuits de conditionnement

- conditionneurs de capteurs passifs
- amplificateurs à ampli-op
- amplificateurs d'instrumentation
- amplificateurs monotension
- comparateurs / triggers

Conditionneurs de capteurs passifs

Capteur passif = variation d'impédance avec le mesurande

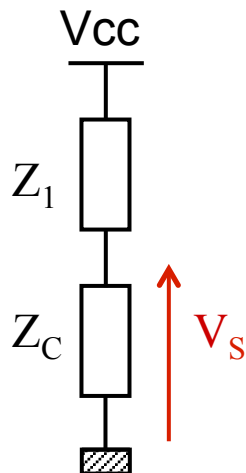
Conditionneur = transformer la variation d'impédance en grandeur électrique

2 familles : **variation de tension** / *variation de fréquence (= oscillateurs)*

Montage potentiométrique

Mesure de l'impédance Z_C

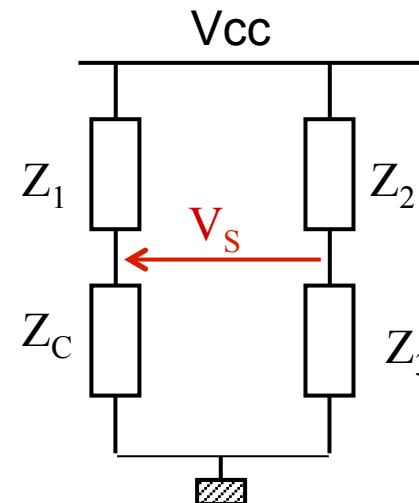
Sensibles aux instabilités de la source
Insensibles aux variations du à des paramètres extérieures



Montage en PONT

Mesure d'une variation d'impédance

Insensibles aux instabilités de la source
Insensibles aux variations du à des paramètres extérieures



Amplificateurs à Ampli-Op

- 3 montages à connaître
- Caractéristiques essentielles de l'AO
- Les défauts de l'AO : modèle de l'AO réel
- L'AO et la contre réaction
- Le comportement en fréquence de l'AO

Circuits à Ampli-Op

l' ampli-op idéal

- Impédance d' entrée infinie
- Gain en tension infini
- Impédance de sortie nulle

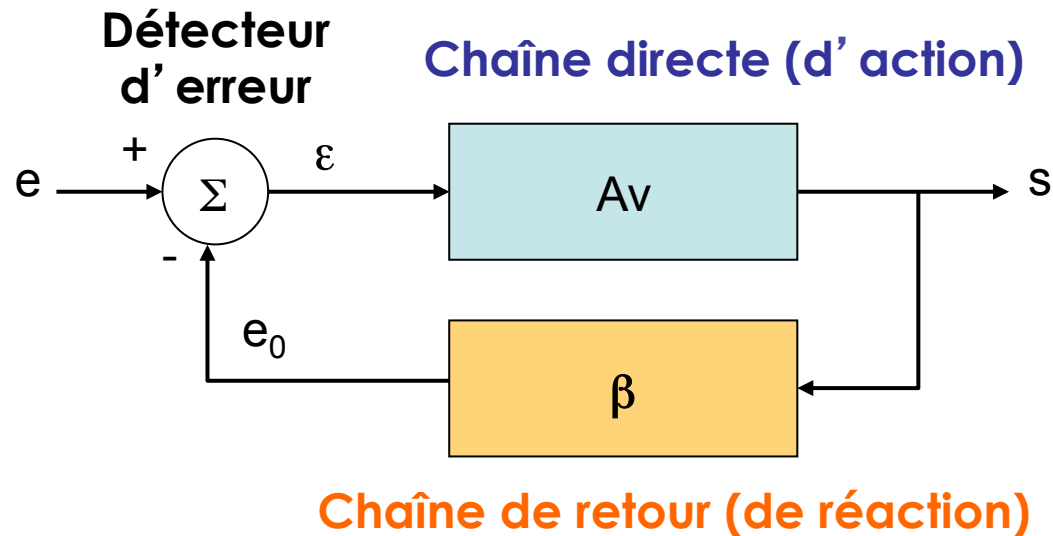
Modèle de l' ampli-op réel

- Impédance d' entrée : $Z_e \geq 1\text{M}\Omega$
- Gain en tension : $A_{v_0} \approx 10^4 \text{ à } 10^6$
- Impédance de sortie : $Z_s \approx 100\Omega \text{ à } 5\text{k}\Omega$
- Tension de décalage (offset) : $V_o \leq 1 \text{ mV}$
- Courants de polarisation d' entrée (bias current) : $i_b \leq 100\text{nA}$
- Vitesse de balayage max (Slew rate) : valeur max de $dV_s/dt = 0.5 \text{ à } 5000 \text{ V}/\mu\text{s}$
- source de bruit interne

Choix d' un AO = fonction du (des) défauts que l' on souhaite minimiser

Low distortion, High speed, High slew rate, Low power, Low noise...

Circuit en contre-réaction



e, ε, s, e_0 = signaux électriques
(tensions ou courants)

Gain en boucle ouverte : $e_0 / \varepsilon = \beta Av$

Gain en boucle fermée : s / e

Taux de réaction = $1 + \beta Av$

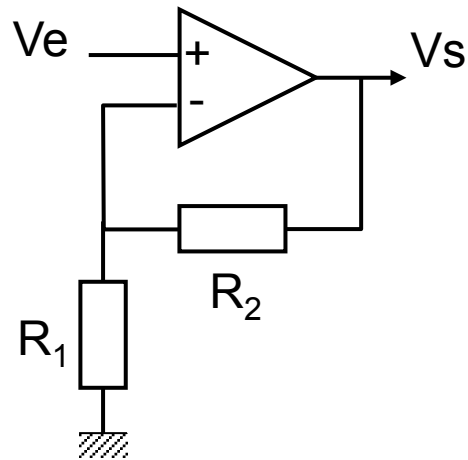
Formule de Black

$$\frac{s}{e} = \frac{Av}{1 + \beta Av}$$

Il y a **contre-réaction** (ou rétroaction) si $|1 + \beta Av| > 1$

Ampli-Op en contre-réaction

NON-INVERSEUR



GAIN

$$1 + \frac{R_2}{R_1} \left(= \frac{1}{\beta} \right)$$

Impédance d'entrée

$$Z_e (1 + \beta A_v)$$

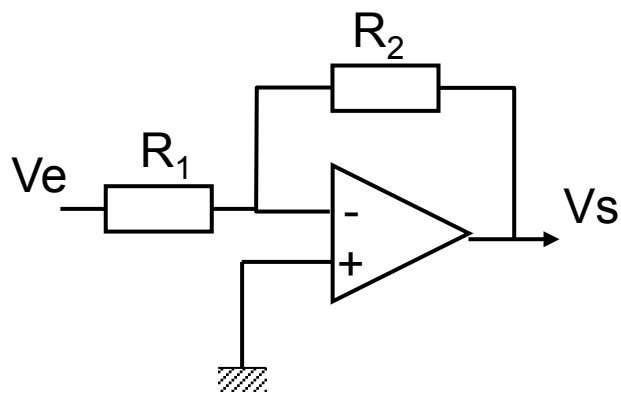
😊 élevée

Impédance de sortie

$$\frac{Z_s}{\beta A_v}$$

😊 faible

INVERSEUR



$$- \frac{R_2}{R_1}$$

$$R_1$$

☹️ faible

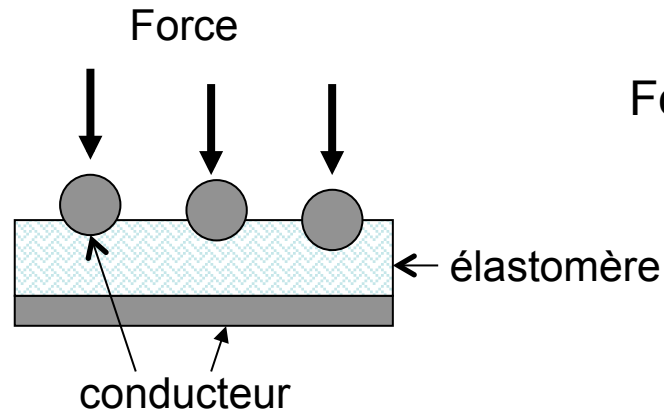
$$\frac{Z_s}{A_v} \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right)$$

😊 faible

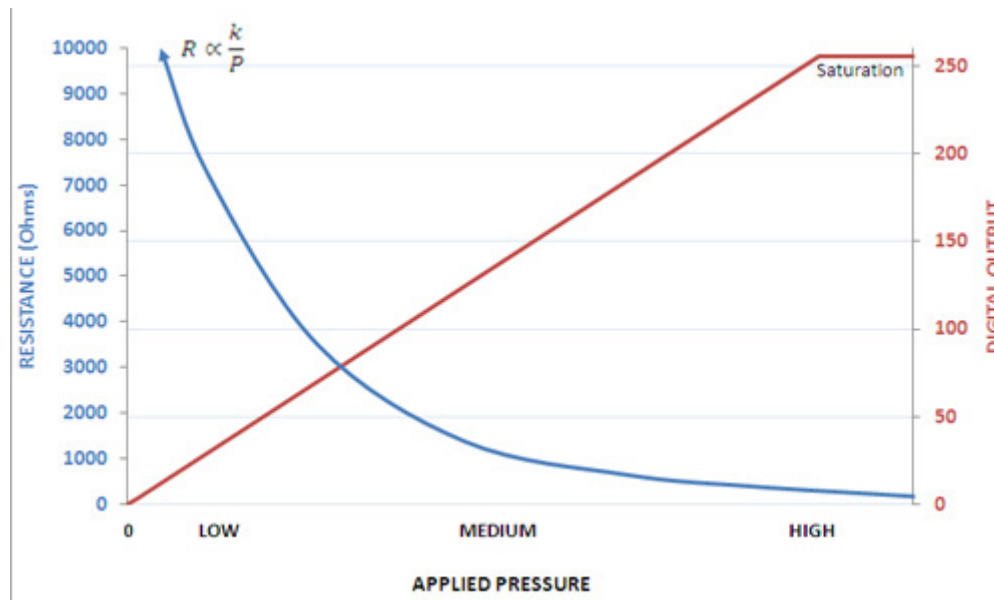
Mise en œuvre : exemple 1

Capteur tactile (Force Sensing Resistors)

= Capteur résistif



Force => augmentation de la surface de contact
=> diminution de la résistance



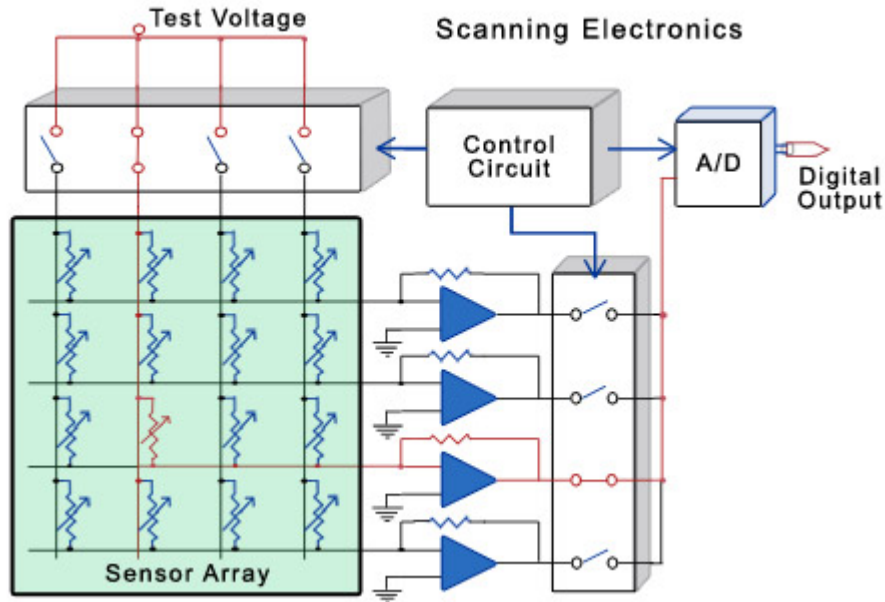
☹ Faible précision

😊 mise en œuvre facile

😊 Matrice de capteurs

Mise en œuvre : exemple 1

Capteur tactile (Force Sensing Resistors)

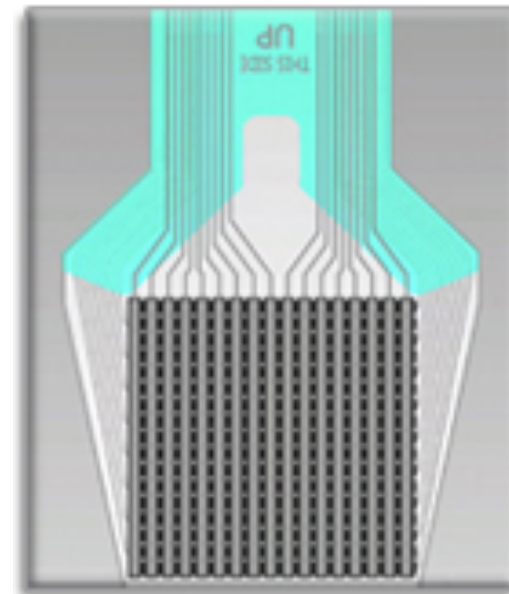


<http://www.tekscan.com/sensor-technology>

Applications

Médical
Automobile
Robotique
Ecran tactile
Clavier ...

La technologie Tekscan



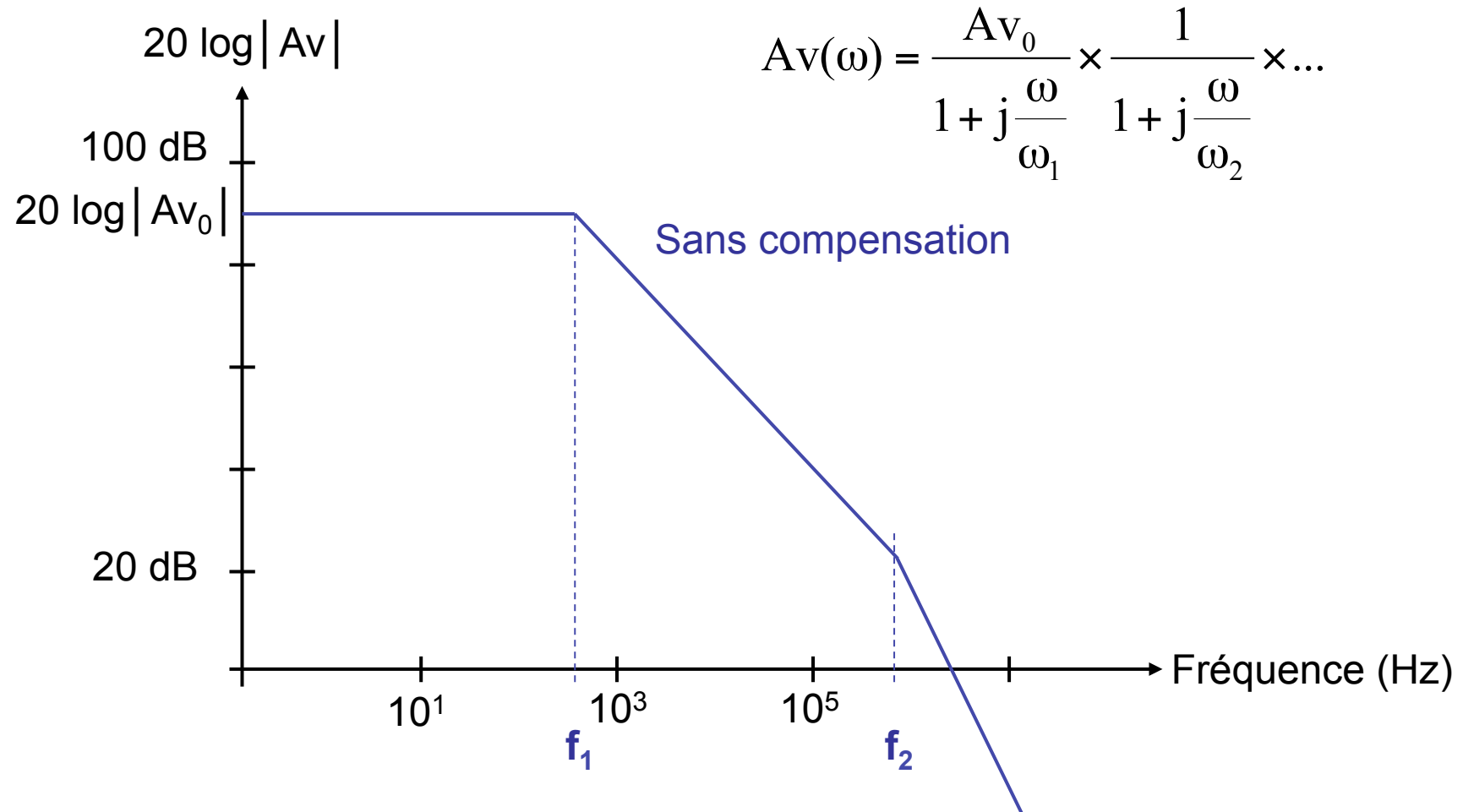
http://www.youtube.com/watch?v=q6_iZwuK3cU&feature=player_embedded

Ampli-Op : comportement en fréquence

AOP réel = Système Passe-bas à plusieurs pôles

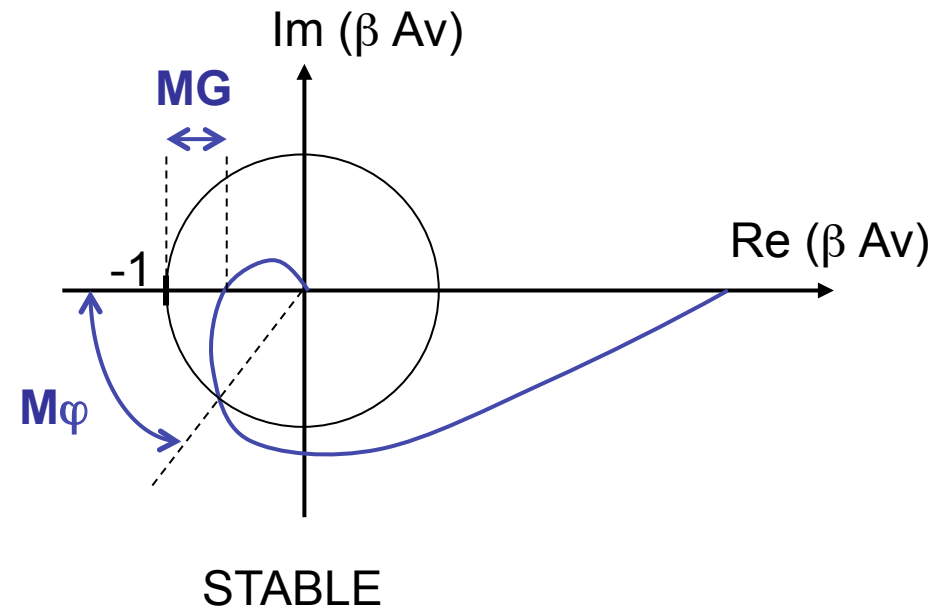
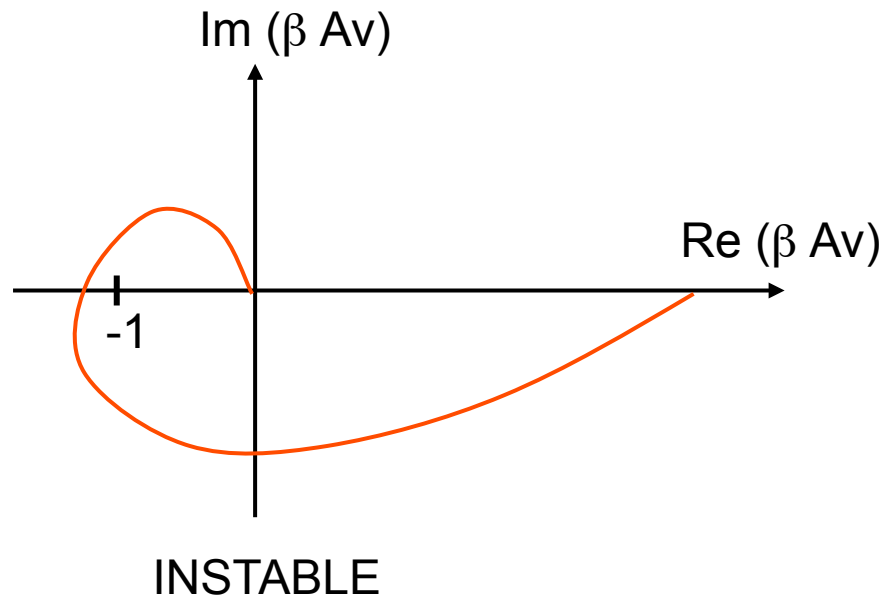
Fréquences de coupures liées aux capacités parasites du circuit intégré

$$f_i = \omega_i / 2\pi$$



La stabilité d'un système bouclé

Critère de Nyquist : un système bouclé est stable si la courbe expérimentale $\beta Av(\omega)$ n'entoure pas le point $(-1,0)$ dans le plan complexe **avec une certaine marge**.



MG = marge de gain (typiquement 15dB)

M ϕ = marge de phase (typiquement 45°)

Réponse indicielle de 3 systèmes bouclés ayant des marges de phase de 18° , 39° et 51°

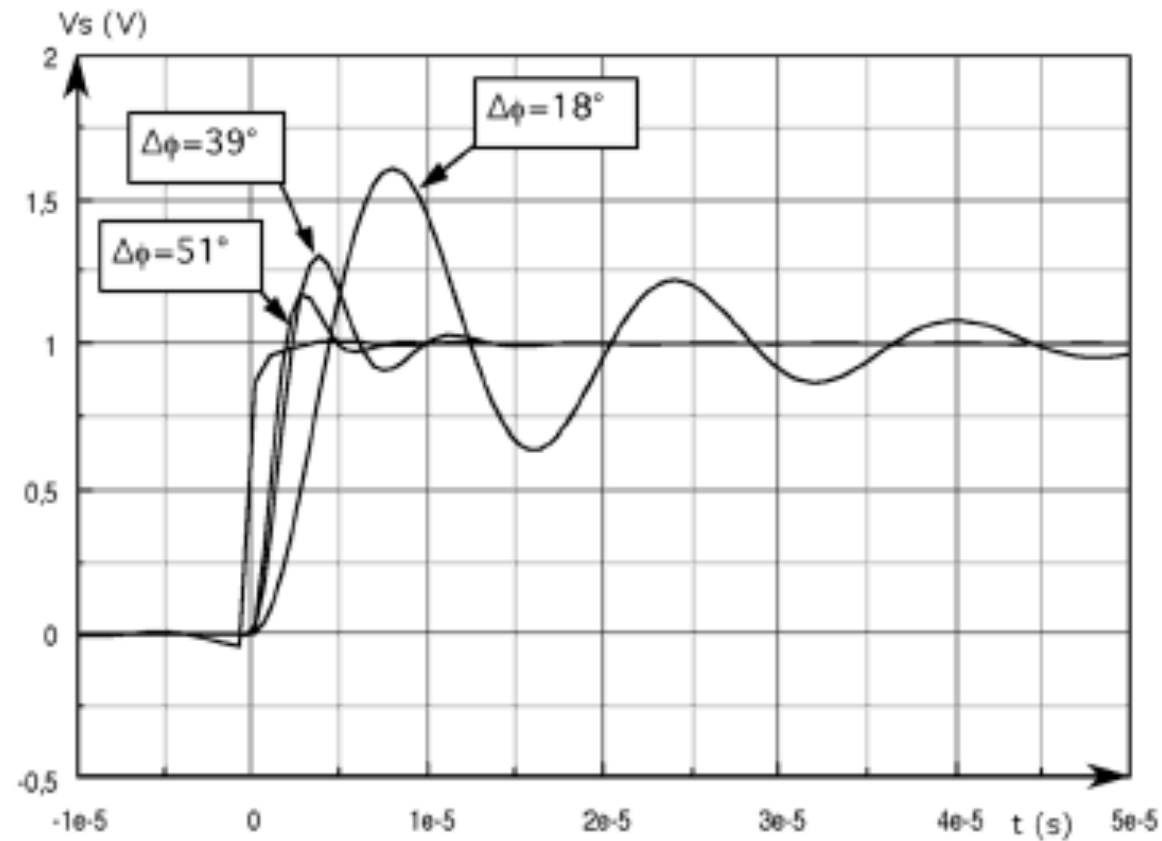
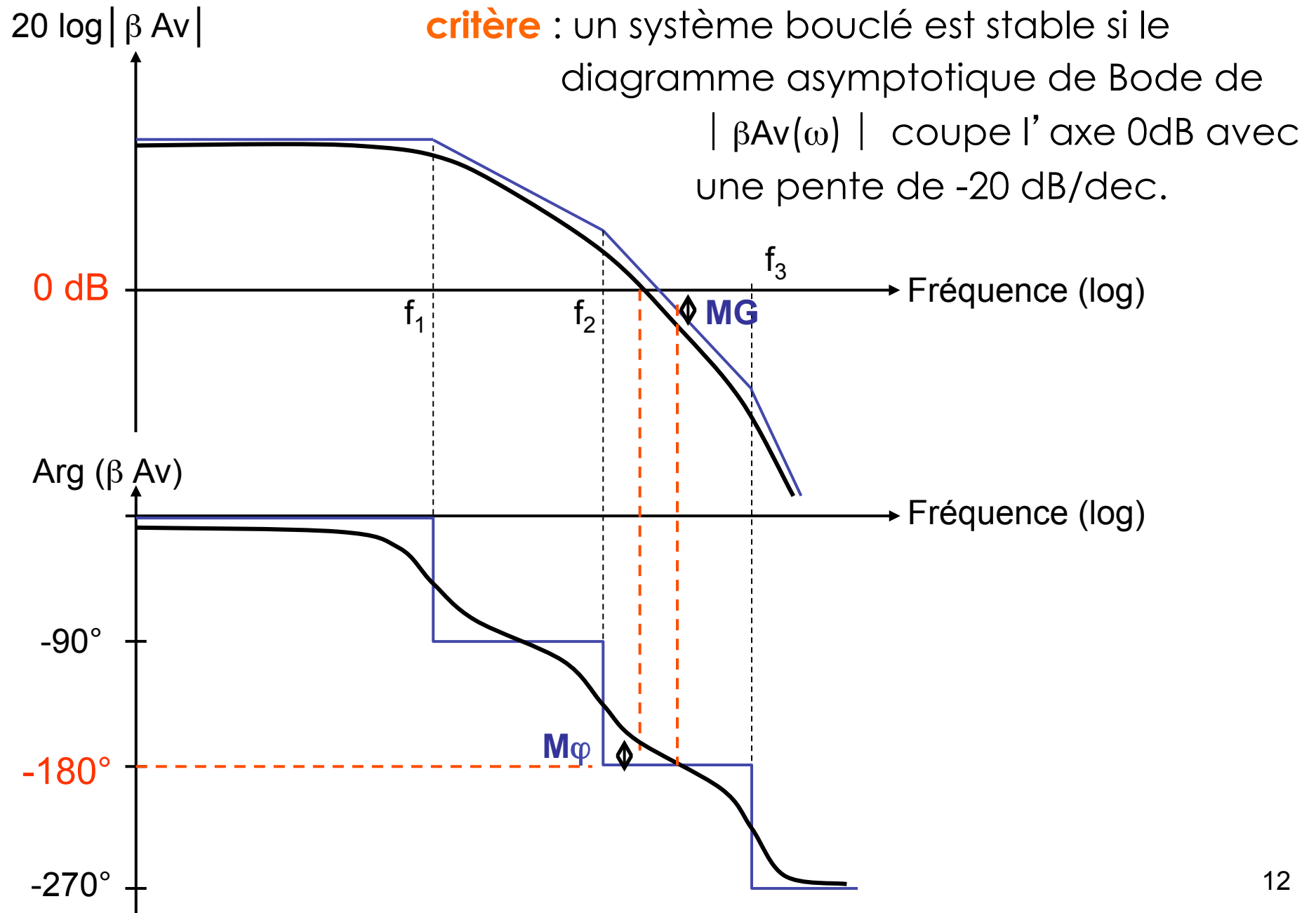
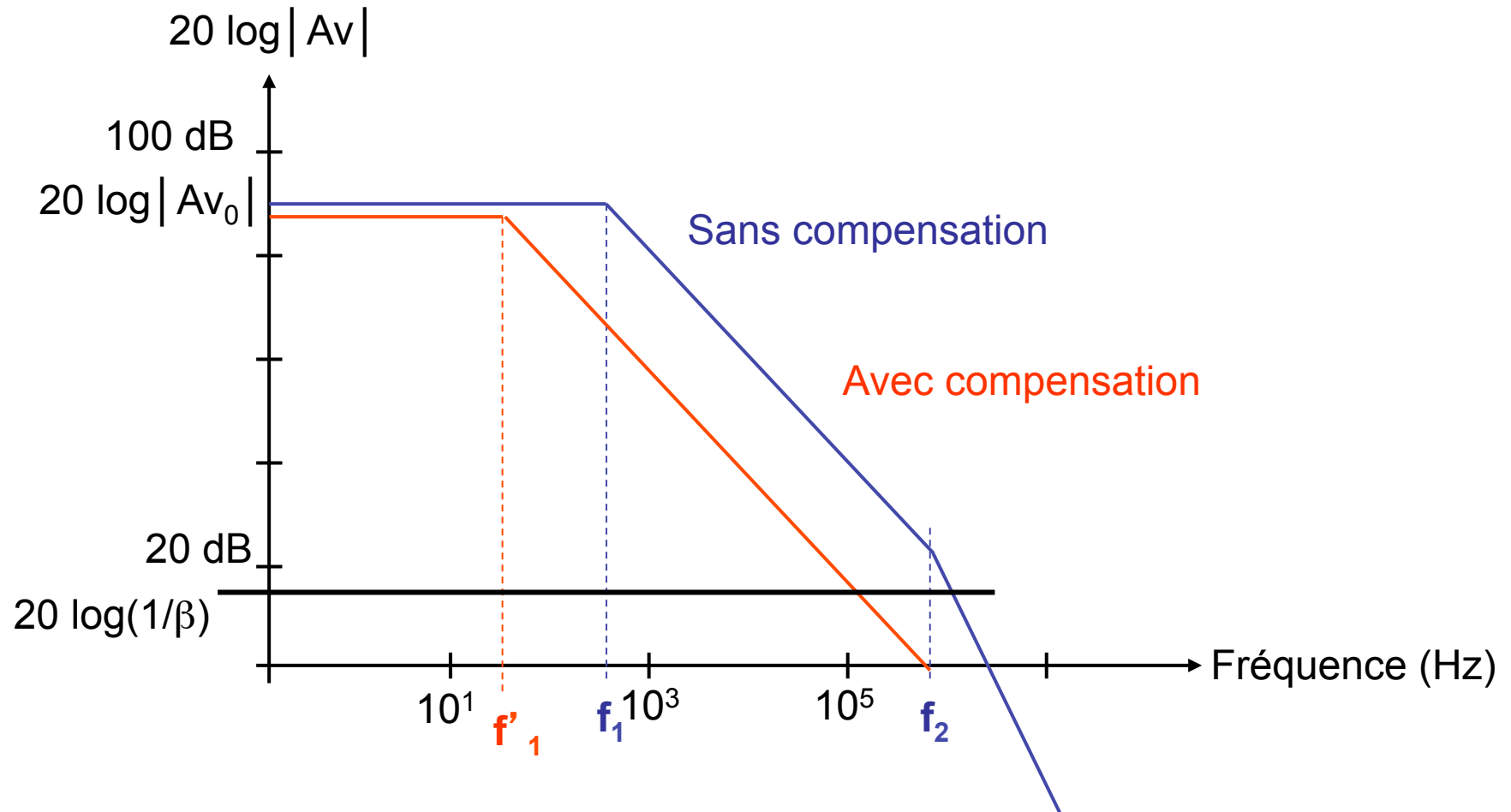


Figure d'après cours d'électronique de Dominique Chevallier

La stabilité d'un système bouclé

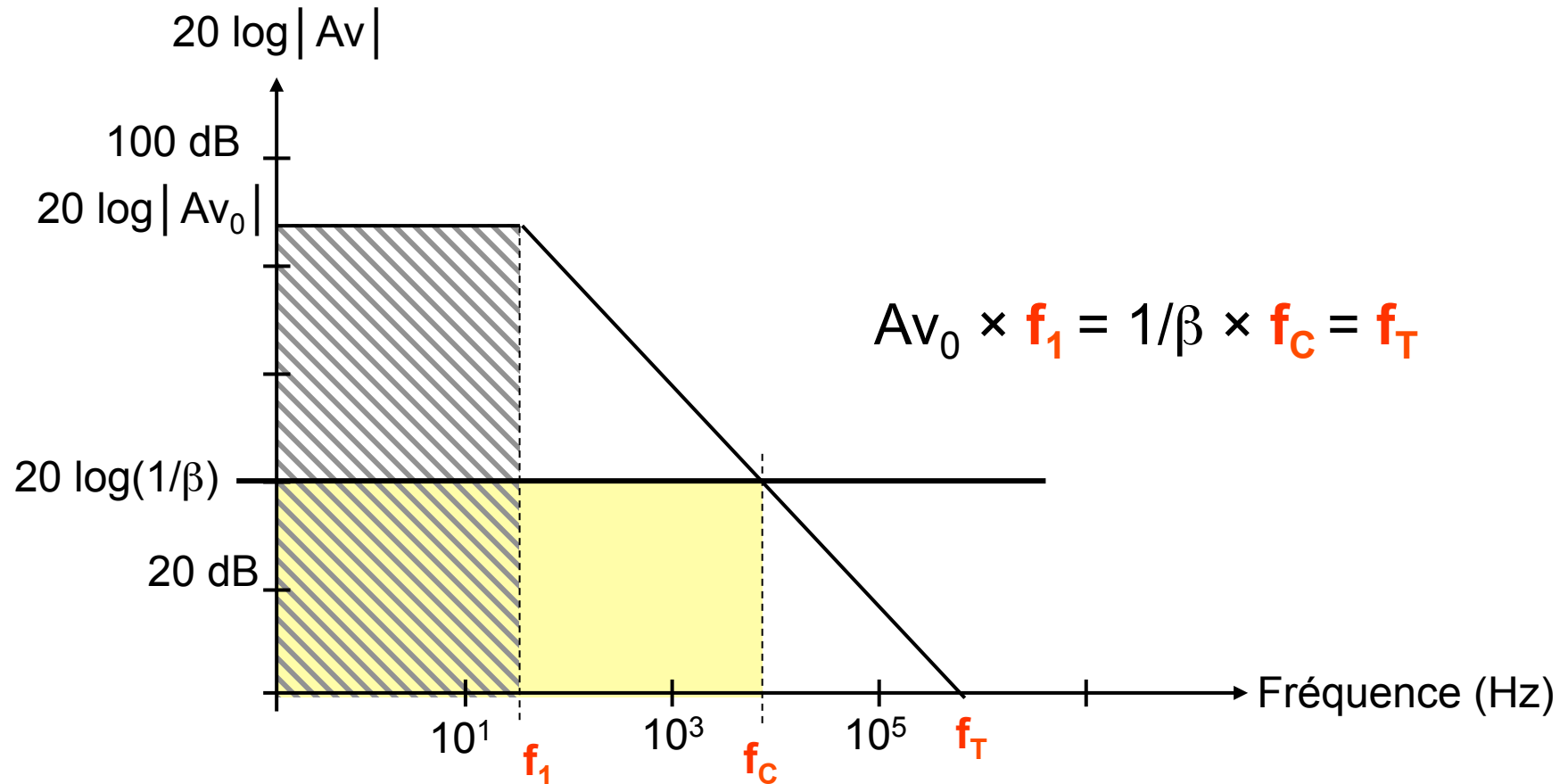


Ampli-Op : comportement en fréquence



Ampli-Op : comportement en fréquence

Ampli-Op compensé avec contre réaction par un réseau de résistances = inconditionnellement stable



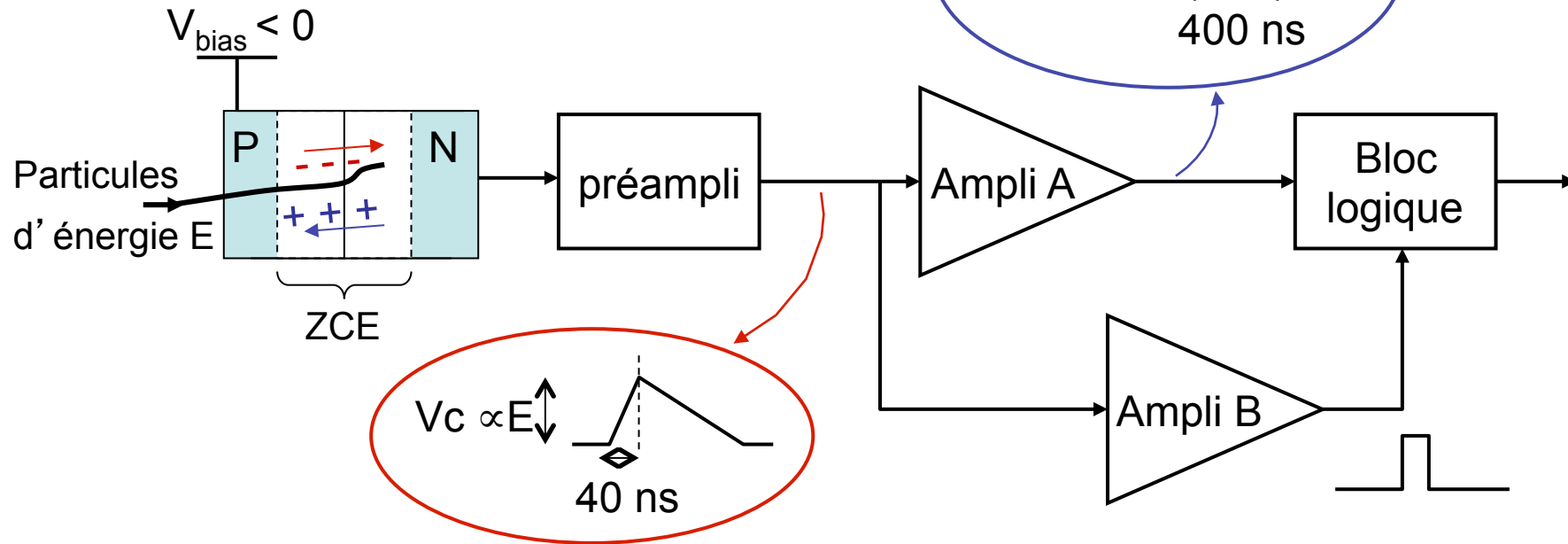
Le produit **GAIN** × **BANDE-PASSANTE** est **CONSTANT**

Mise en œuvre : exemple 2

Capteur actif : détecteur de particules

Capteur à semiconducteur

= jonction PN polarisée en inverse



Le produit GAIN x Bande Passante est CONSTANT.

Mise en œuvre : exemple 3

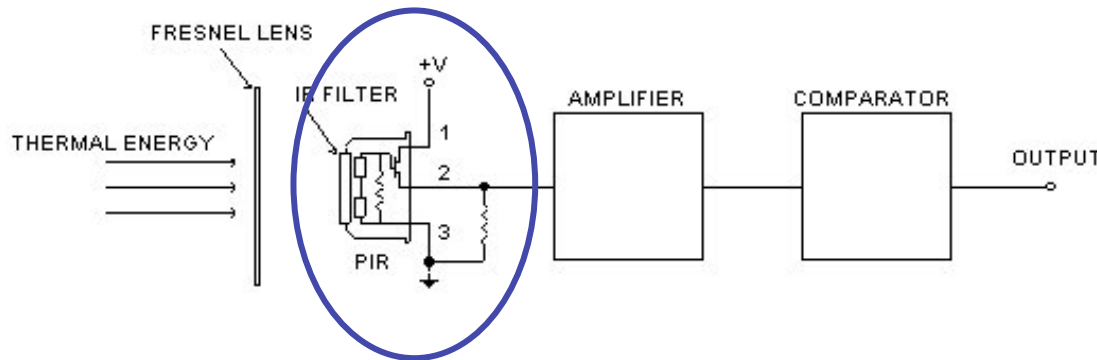
Capteur actif : détecteur IR pyroélectrique

Infrared motion detector



Plage de détection IR = 8 – 14 μm

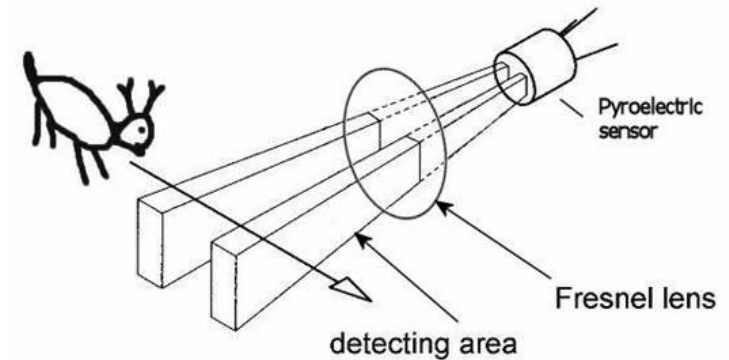
Emission IR du corps humain = max vers 9 μm



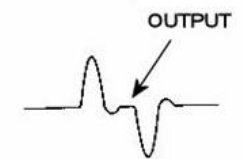
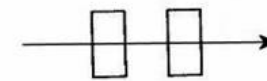
2 cristaux pyroélectriques

+

Mise en forme par un FET
(= conversion charges – tension)



infrared source movement



« voltage bucking » configuration

⇒ insensible aux variations IR
dus aux vibrations, à la
température, à
l'ensoleillement...

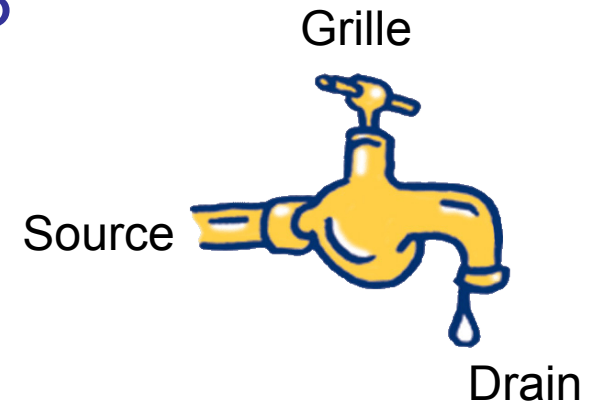
<http://www.glolab.com/>

Mise en œuvre : exemple 3

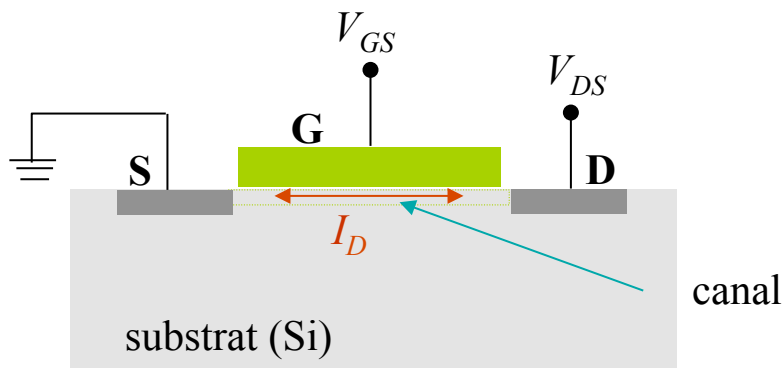
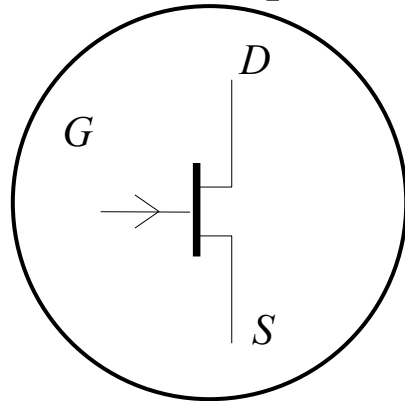
Intérêt du transistor à effet de champ

Principe = utiliser la conduction dans un canal
semiconducteur commandée par un champ électrique

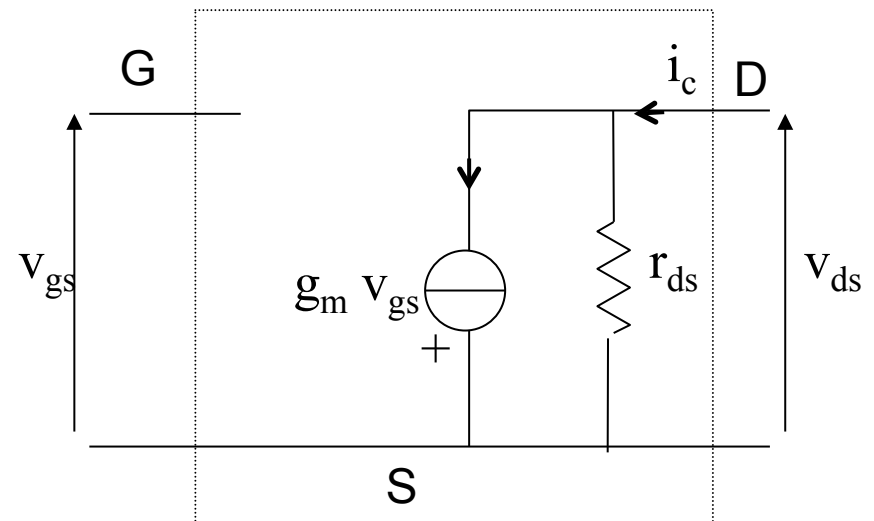
= robinet à électrons (ou à trous)



Transistor à effet de champ = source de courant commandé par **une tension**



g = transconductance (en mA/V).



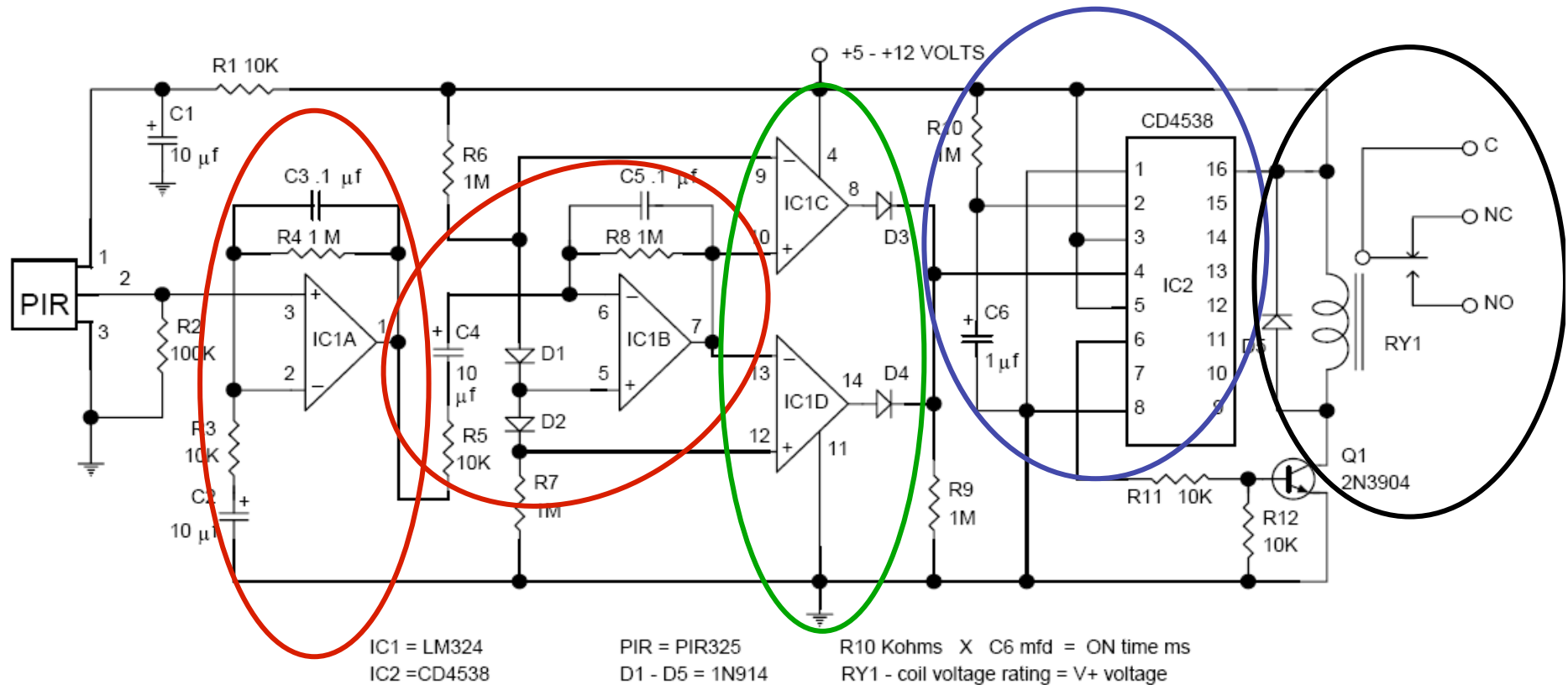
$$g_m \sim 2 \text{ mA/V}$$

$$r_{ds} \sim 10 \text{ k}\Omega$$

Mise en œuvre : exemple 3

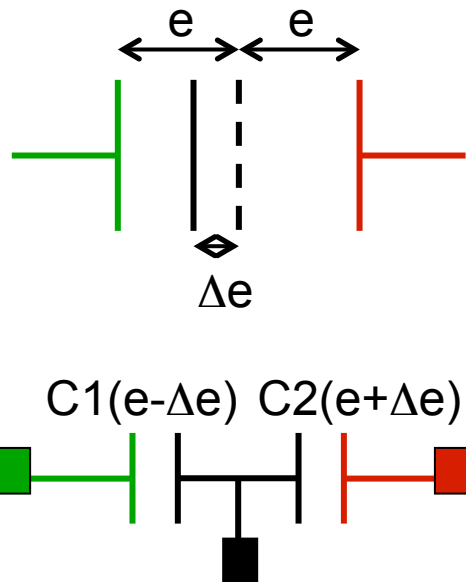
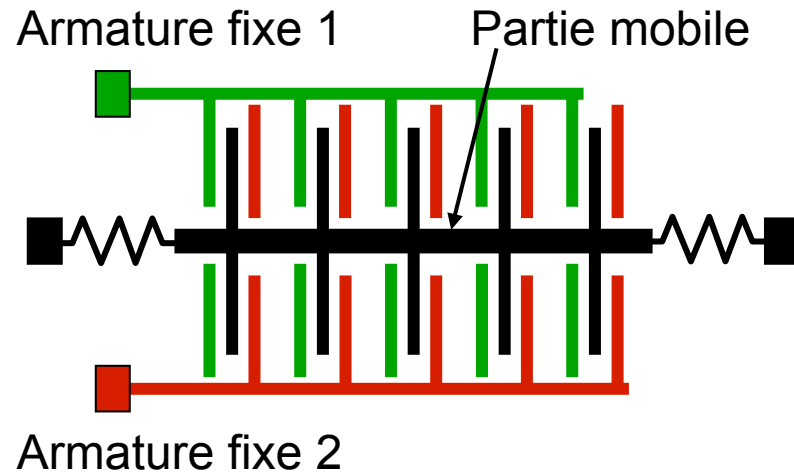
Capteur actif : détecteur IR pyroélectrique

Infrared motion detector



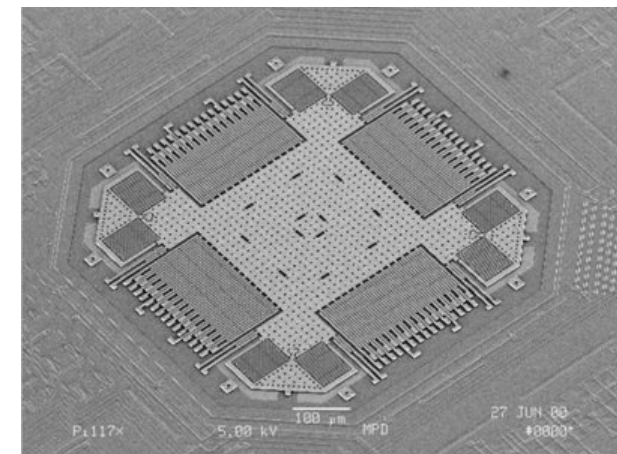
Mise en œuvre : exemple 4

Micro accéléromètre capacitif



Applications

- Détecteur de chocs (airbag, DD, ...)
- Centrale de navigation
- Détecteur de vibrations
- ...



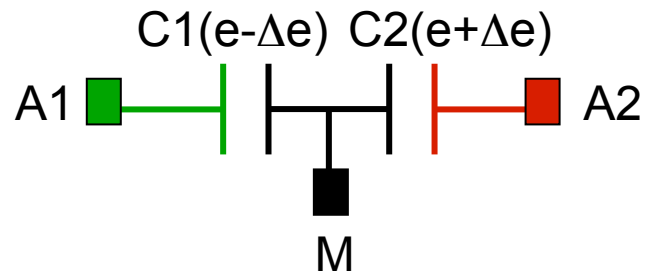
ADXL series

Copyright Analog Devices

100 μm

Mise en œuvre : exemple 4

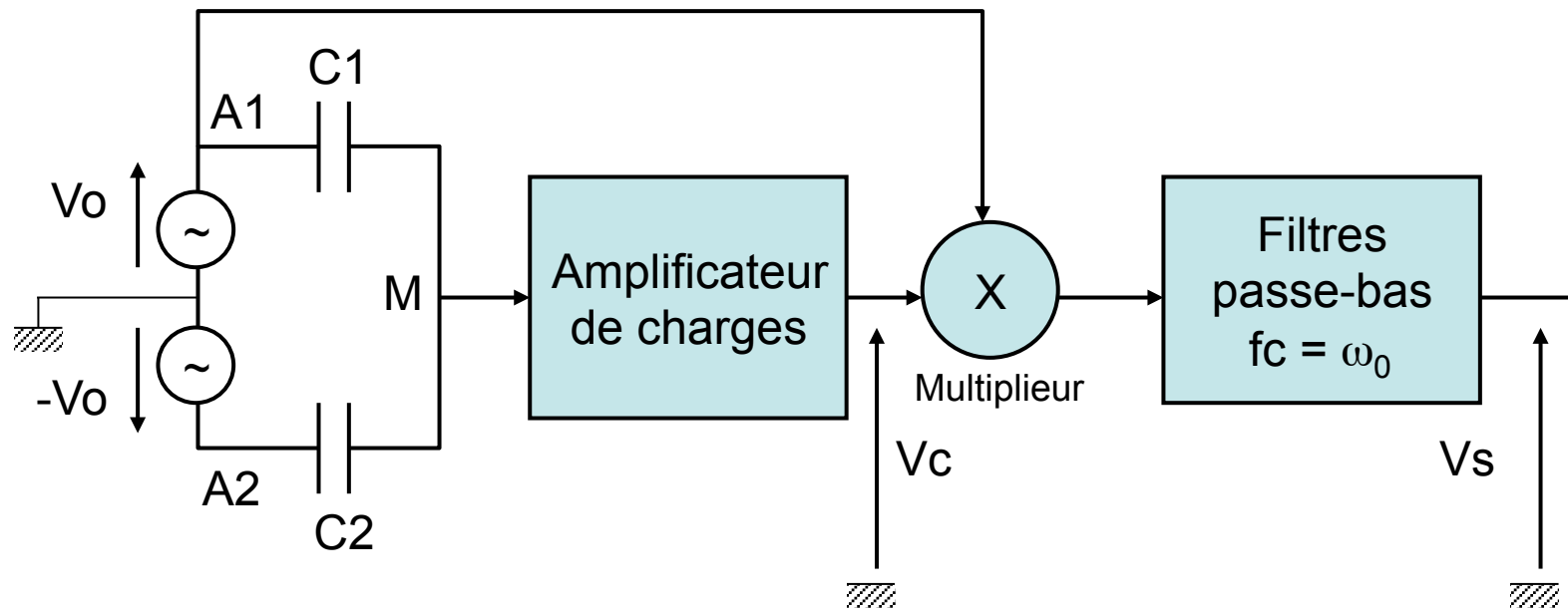
Micro accéléromètre capacitif



$$V_o = A \cos(\omega_0 t)$$

$$V_c = C \cos(\omega_0 t) \text{ avec } C \propto \Delta e$$

$$V_s = k A C / 2 \propto \Delta e$$



= principe de la détection synchrone