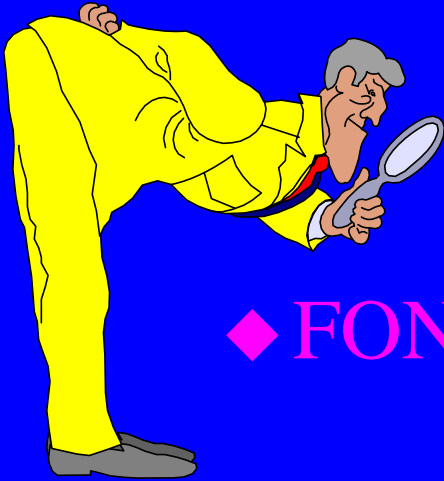


Electronique Analogique modulaire



◆ FONCTION AMPLIFICATION

◆ APPLICATIONS LINÉAIRES DE L'AOP

◆ APPLICATIONS NON LINÉAIRES

DEUXIEME PARTIE :

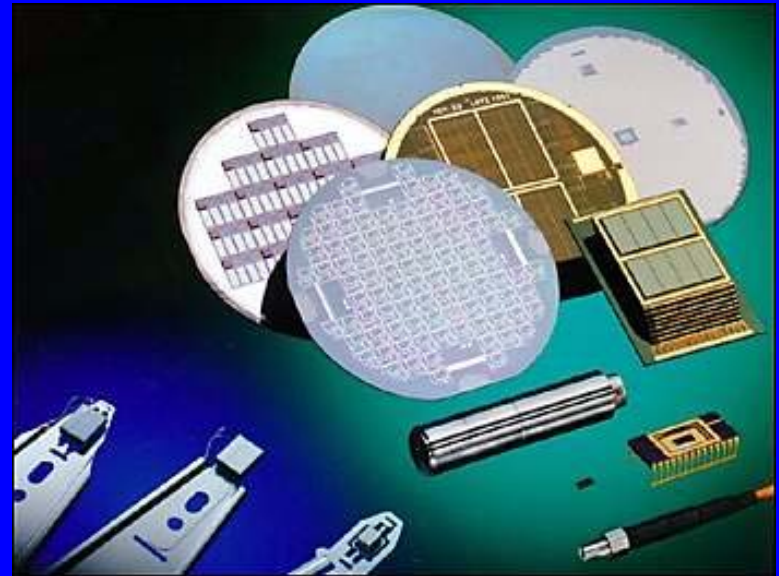
APPLICATIONS LINÉAIRES DE L'AOP

- 1. AMPLIFICATEURS DE TENSION**
- 2. SOMMATEURS, SOUSTRACTEURS**
- 3. SOURCES CONTROLEES**
- 4. INTEGRATEUR, DERIVATEUR**
- 5. CIRCUITS LINEAIRES 1ER ORDRE**
- 6. CONVERTISSEUR D'IMPEDANCE**

Mais qu'est-ce qu'un AOP ?

- ◆ Comme les autres composants électroniques:

une puce de sable...



APPLICATIONS LINÉAIRES DE L'AOP

1. Amplificateur de tension

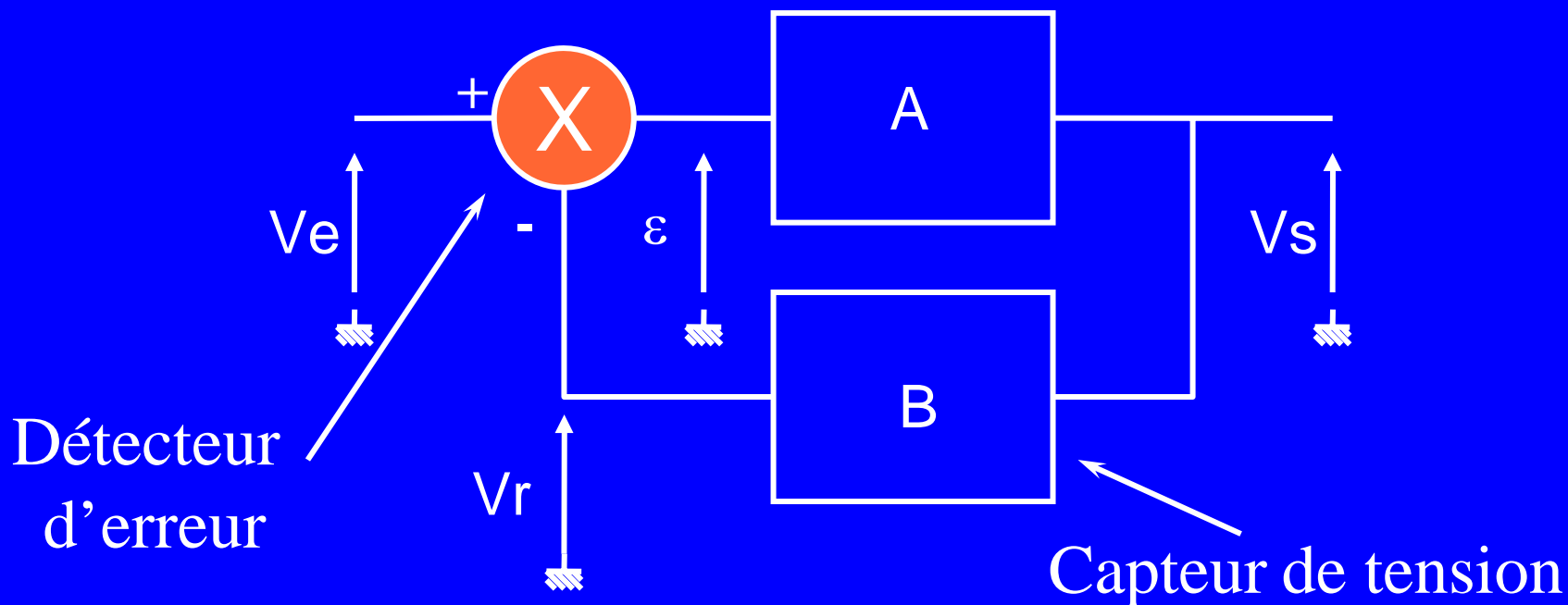
1.1 Amplificateur de tension non inverseur

1.2 Amplificateur de tension inverseur

APPLICATIONS LINÉAIRES DE L'AOP

1.1 Amplificateur de tension non inverseur

- ◆ Synthèse par le principe de l'asservissement



$$V_s = V_e \cdot A / (1 + AB)$$

$$\Rightarrow V_e = V_r = B \cdot V_s, \text{ si } A \text{ très grand}$$

APPLICATIONS LINÉAIRES DE L'AOP

1.1 Amplificateur de tension non inverseur

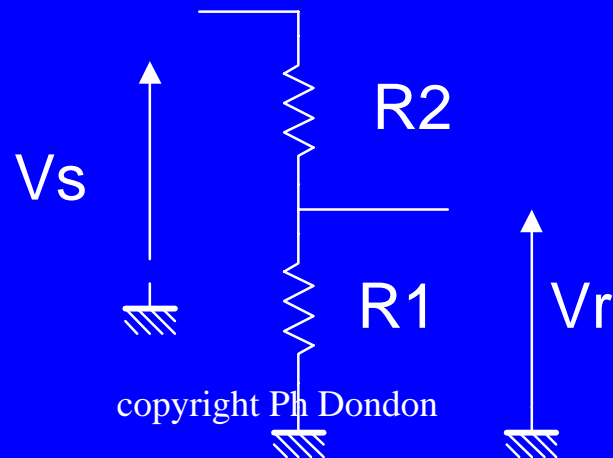
◆ Comment réaliser B ?

On veut que V_s soit une image amplifiée de V_e .

On voit donc que : $B < 1$

B est un atténuateur de tension, devant atténuer la tension de sortie de V_s dans un rapport

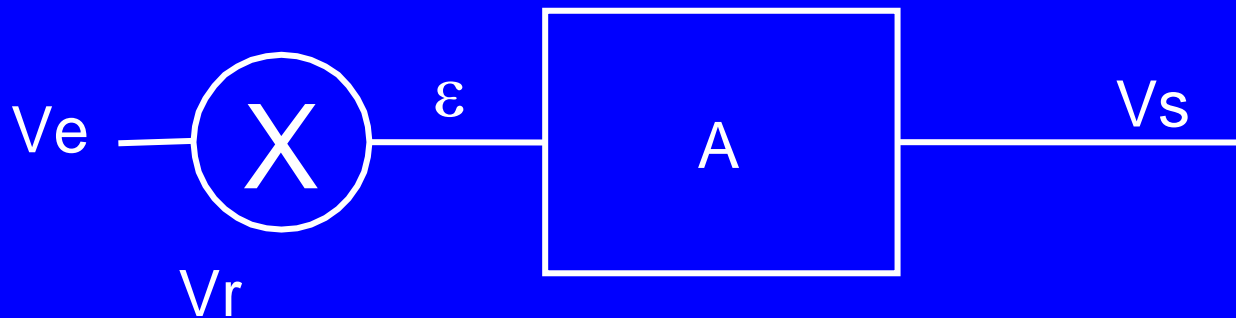
constant :



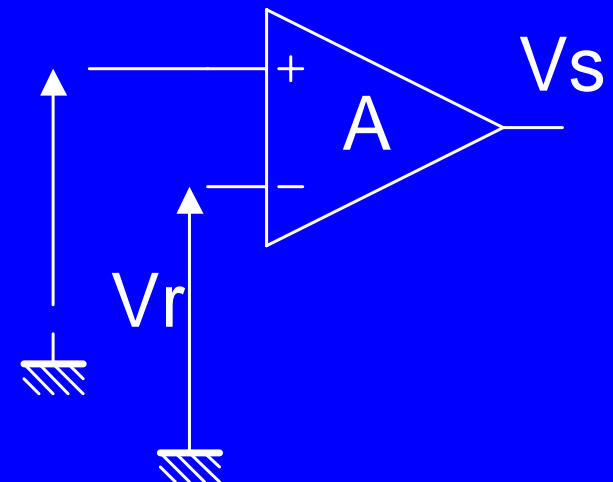
APPLICATIONS LINÉAIRES DE L'AOP

1.1 Amplificateur de tension non inverseur

◆ Comment réaliser le détecteur d'erreur ?



$$V_s = A \cdot (V_e - V_r)$$

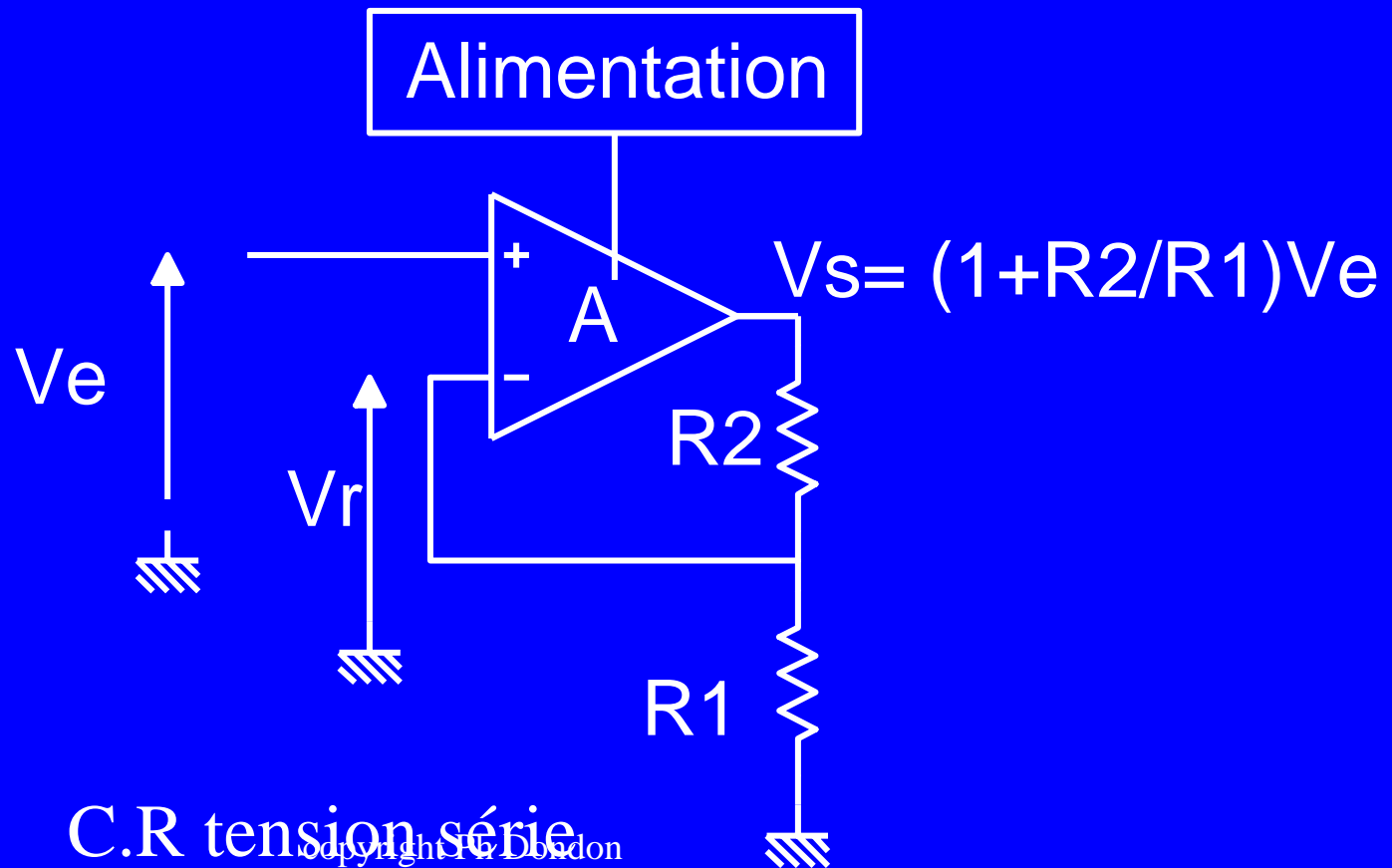


c'est la fonction de transfert
d'un Amplificateur différentiel à
sortie unique !

APPLICATIONS LINÉAIRES DE L'AOP

1.1 Amplificateur de tension non inverseur

◆ D'où le schéma final :



APPLICATIONS LINÉAIRES DE L'AOP

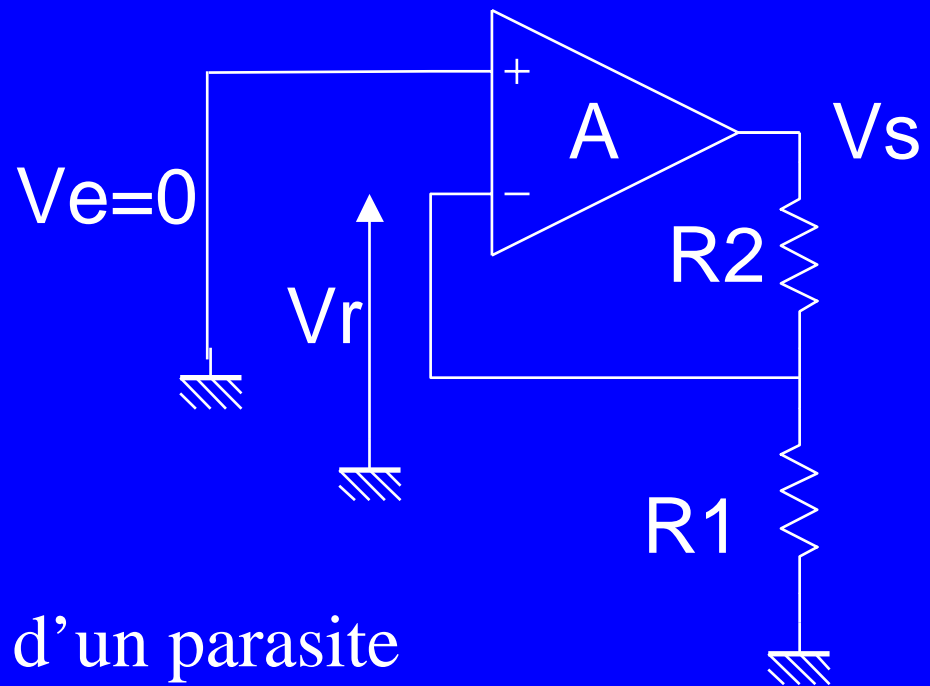
1.1 Amplificateur de tension non inverseur

- ◆ Discussions.... autour de l'amplificateur non inverseur.
- ◆ asservissement, impédance d'entrée, de sortie, stabilité...
- ◆ montages suiveur, régulateur...

APPLICATIONS LINÉAIRES DE L'AOP

1.1 Amplificateur de tension non inverseur

◆ Asservissement, stabilité



consigne : $V_e = 0$

Si V_r

sous l'effet d'un parasite

$V_s = -A \cdot V_r$

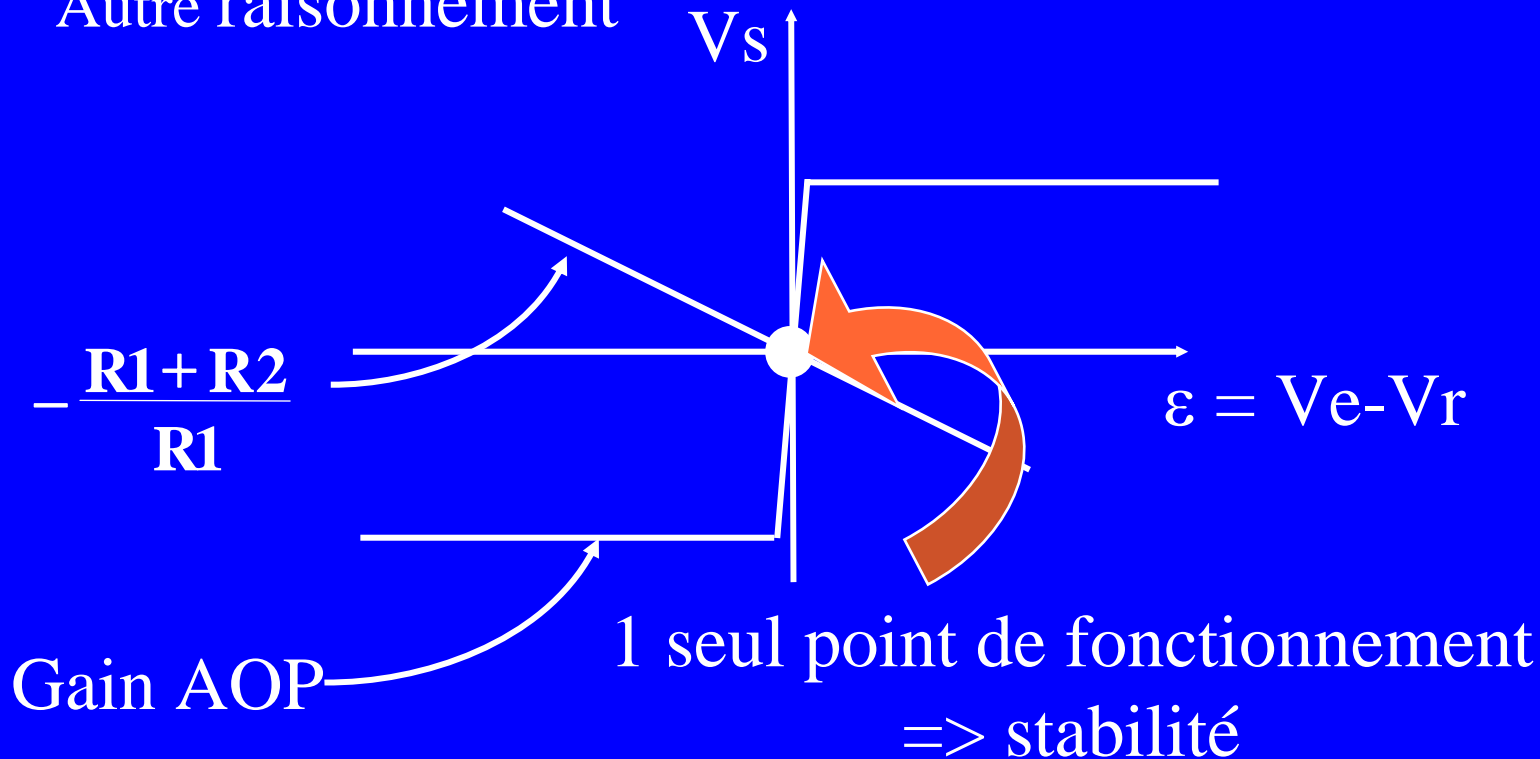
et ramène V_r à 0 \Rightarrow stabilité

APPLICATIONS LINÉAIRES DE L'AOP

1.1 Amplificateur de tension non inverseur

◆ Asservissement, stabilité

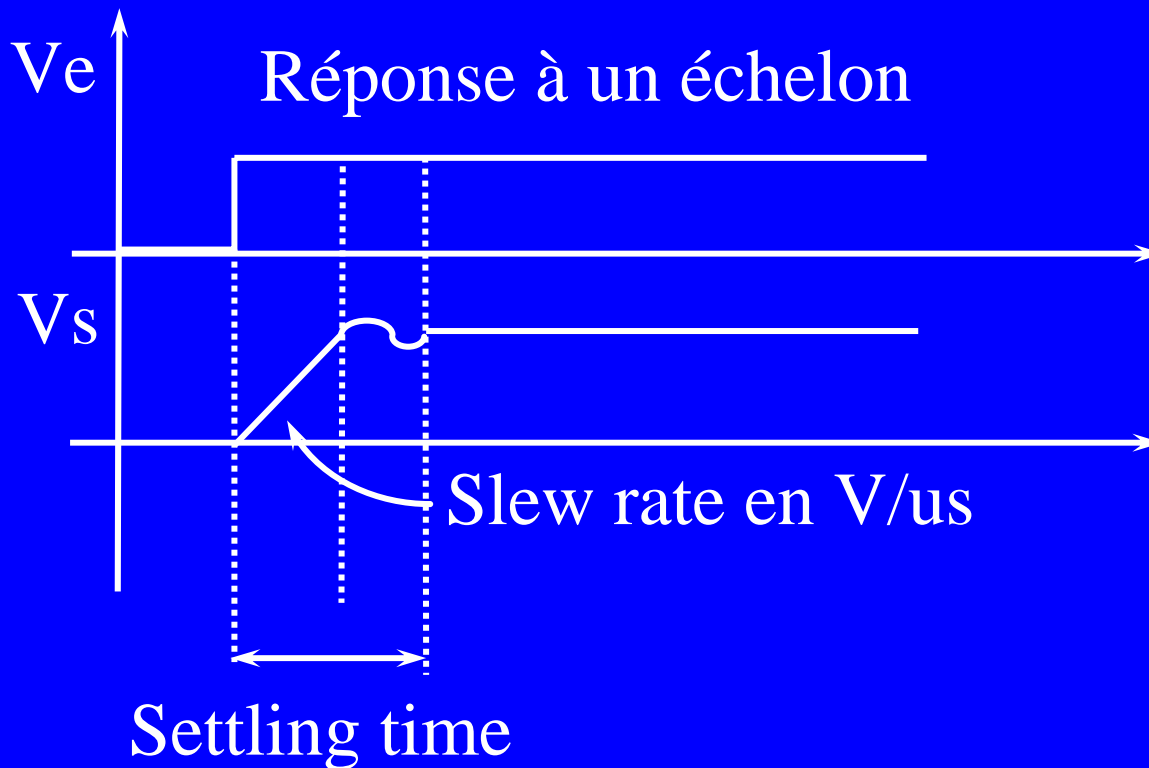
Autre raisonnement



APPLICATIONS LINÉAIRES DE L'AOP

1.1 Amplificateur de tension non inverseur

- ◆ «Slew rate» et «settling time»



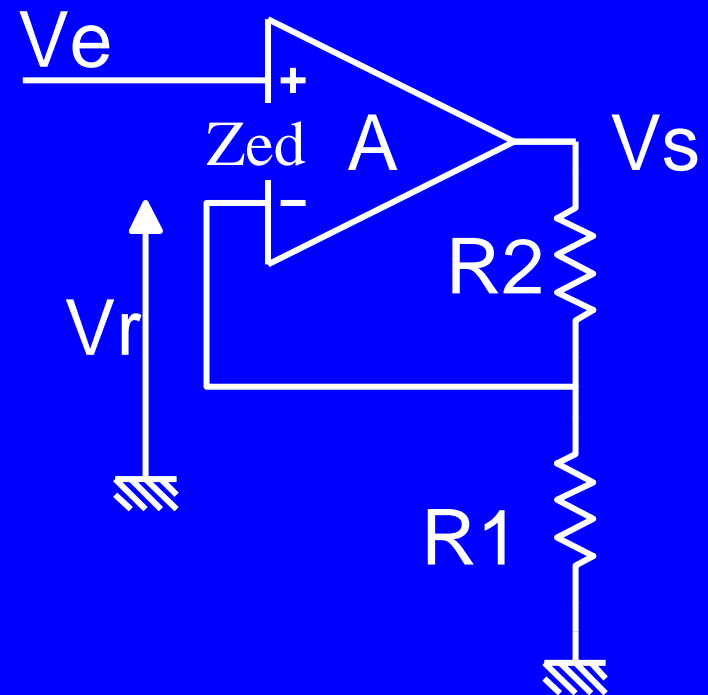
APPLICATIONS LINÉAIRES DE L'AOP

1.1 Amplificateur de tension non inverseur

◆ Impédance d'entrée



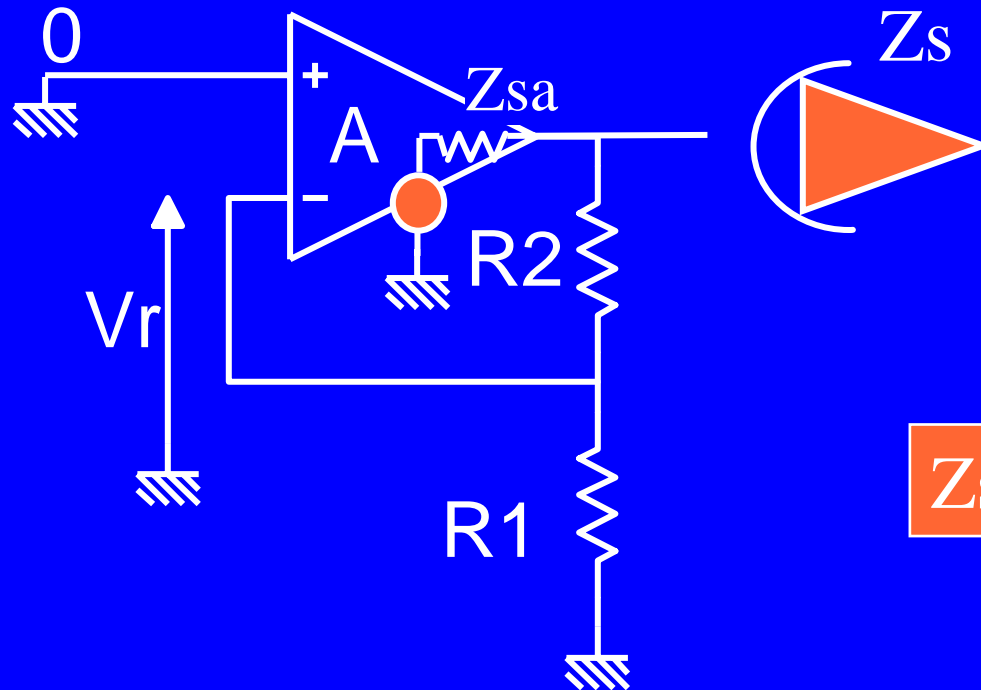
$$Z_e = Z_{ed} \cdot (1 + A \cdot B)$$



APPLICATIONS LINÉAIRES DE L'AOP

1.1 Amplificateur de tension non inverseur

◆ Impédance de sortie



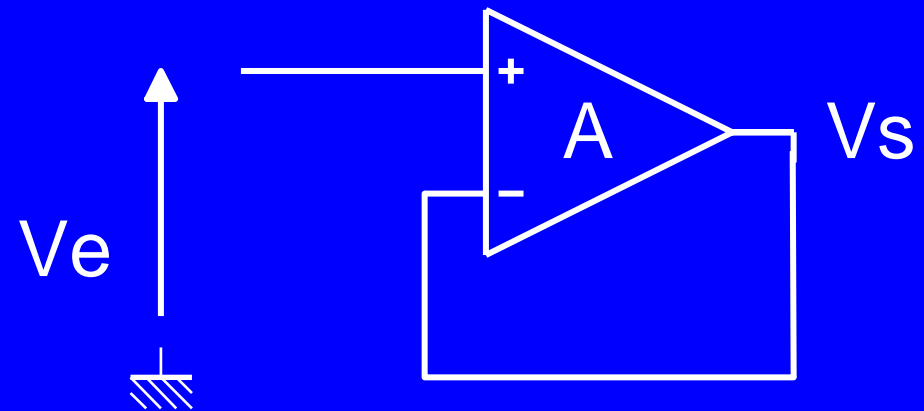
$$Z_s = Z_{sa} / (1 + A \cdot B)$$

APPLICATIONS LINÉAIRES DE L'AOP

1.1 Amplificateur de tension non inverseur

◆ Cas particulier :

↓ Suiveur de tension: $R1$ infini, $R2=0$



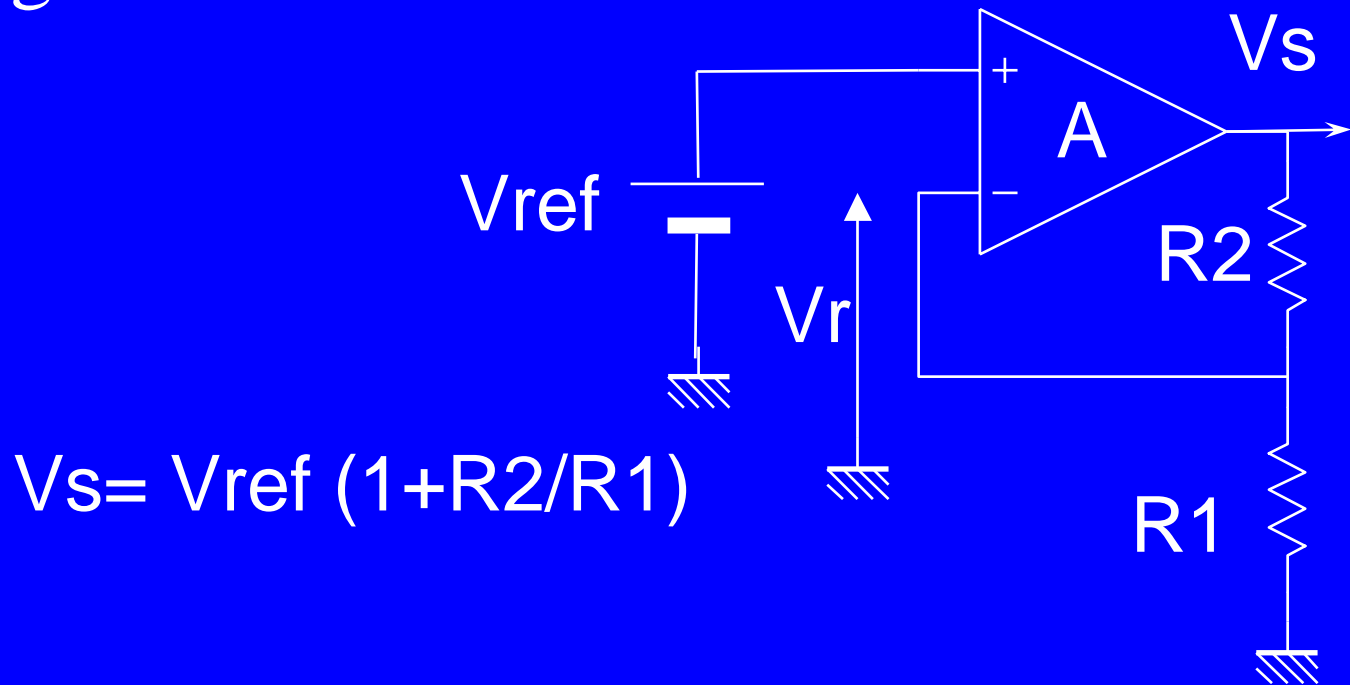
$$\Rightarrow V_S = V_e$$

A quoi cela sert il donc ? Car un simple
fil permet de faire $V_S = V_e$...

APPLICATIONS LINÉAIRES DE L'AOP

1.1 Amplificateur de tension non inverseur

◆ Régulateur de tension



ATTENTION : CE N'EST PAS UNE ALIMENTATION
(courant de sortie limité à qqes mA par l'AOP)

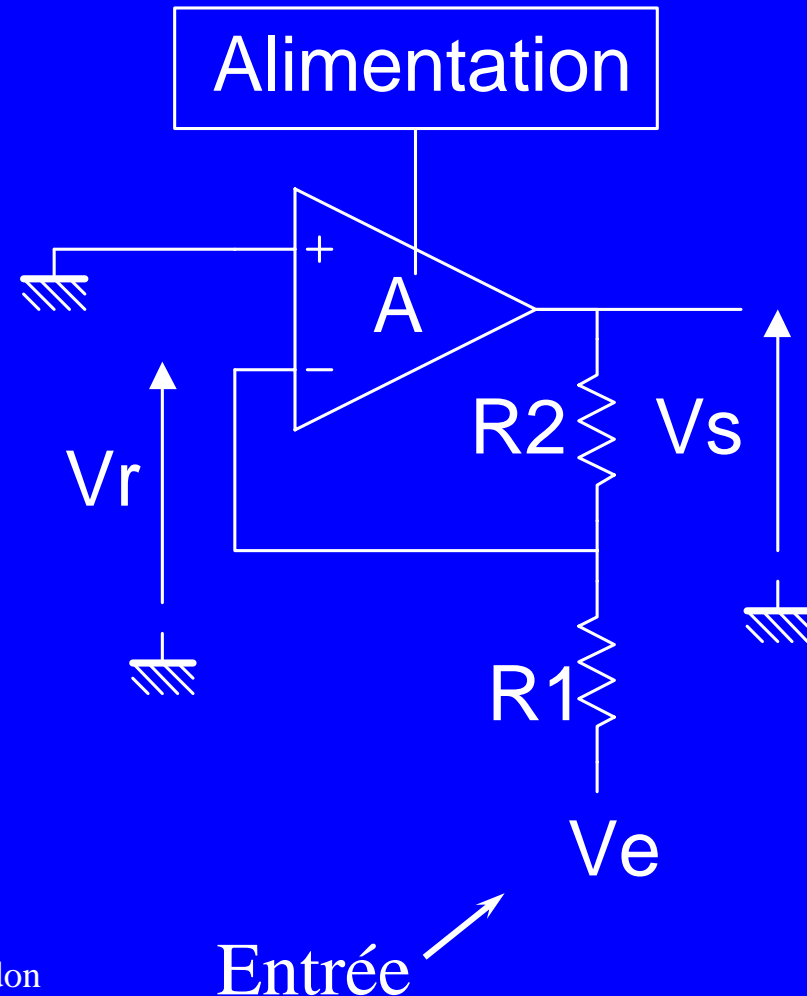
APPLICATIONS LINÉAIRES DE L'AOP

1.2 Amplificateur de tension inverseur

- ◆ On fixe la tension de la borne + à 0V
- ◆ L'entrée est sur la résistance R1

$$V_s = -(R_2/R_1) \cdot V_e$$

$$V_r = 0$$



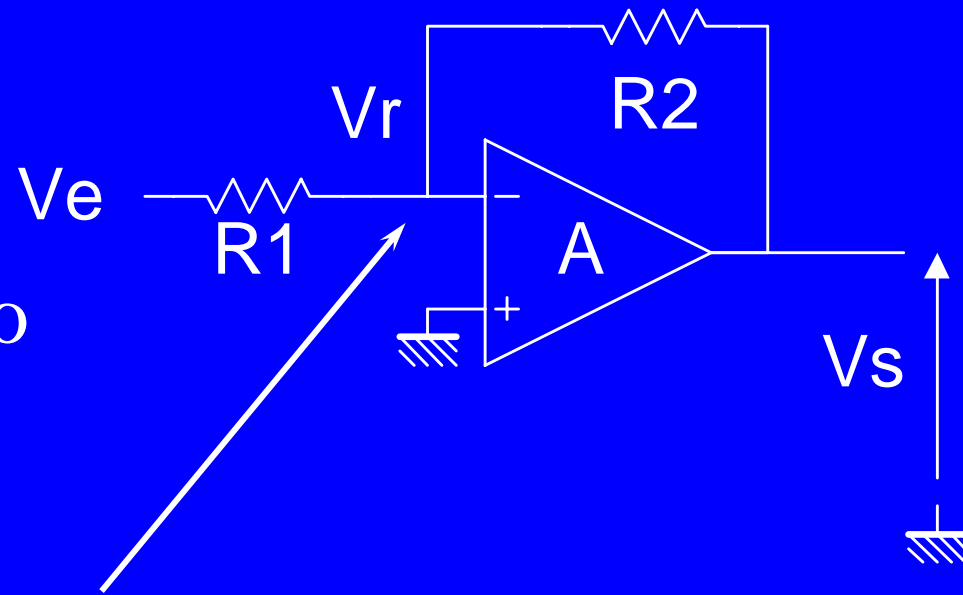
APPLICATIONS LINÉAIRES DE L'AOP

1.2 Amplificateur de tension inverseur

◆ Redessiné sous la forme commune :

V_r est asservie à zéro mais n'est pas une masse....

C'est une **Masse virtuelle**



APPLICATIONS LINÉAIRES DE L'AOP

1.2 Amplificateur de tension inverseur

- ◆ Discussions... autour de l'amplificateur inverseur.
- ◆ Influence du gain, impédance d'entrée...
- ◆ Comparaison inverseur, non inverseur...

APPLICATIONS LINÉAIRES DE L'AOP

1.2 Amplificateur de tension inverseur

◆ influence du gain de l'AOP :

$$G \text{ réel} = -R2/R1 \left(\underbrace{A.B/(1+A.B)} \right)$$



terme d'erreur

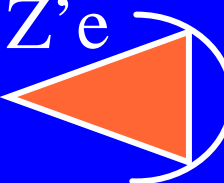
(qui tend vers 1 quand A tend vers l'infini)

APPLICATIONS LINÉAIRES DE L'AOP

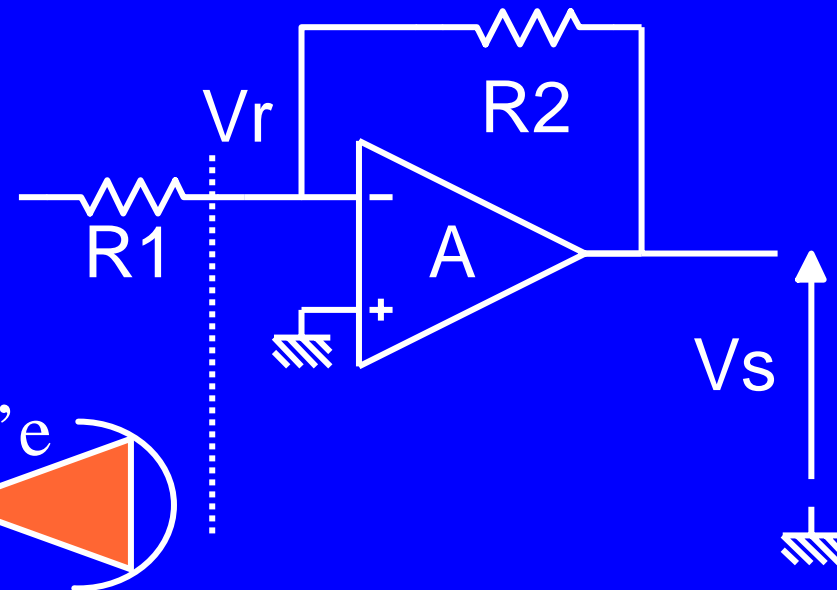
1.2 Amplificateur de tension inverseur

- ◆ impédance d'entrée

$$Z_e = R_1 + Z'_e$$


$$Z'_e = R_2 / (1 + A)$$


$$Z_e = R_1 + R_2 / (1 + A)$$

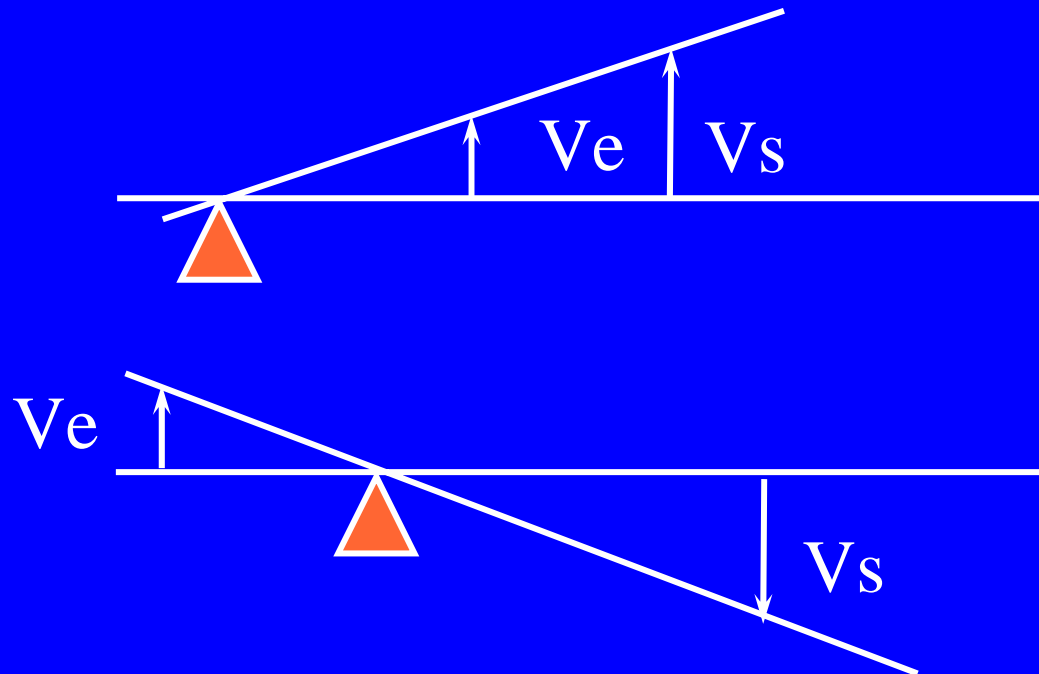


tend vers R_1 quand A tend vers l'infini

APPLICATIONS LINÉAIRES DE L'AOP

1.2 Amplificateur de tension inverseur

- ◆ comparaison inverseur-non inverseur



APPLICATIONS LINÉAIRES DE L'AOP

2. Sommateurs, soustracteurs

2.1 Sommateurs

2.2 Soustracteurs

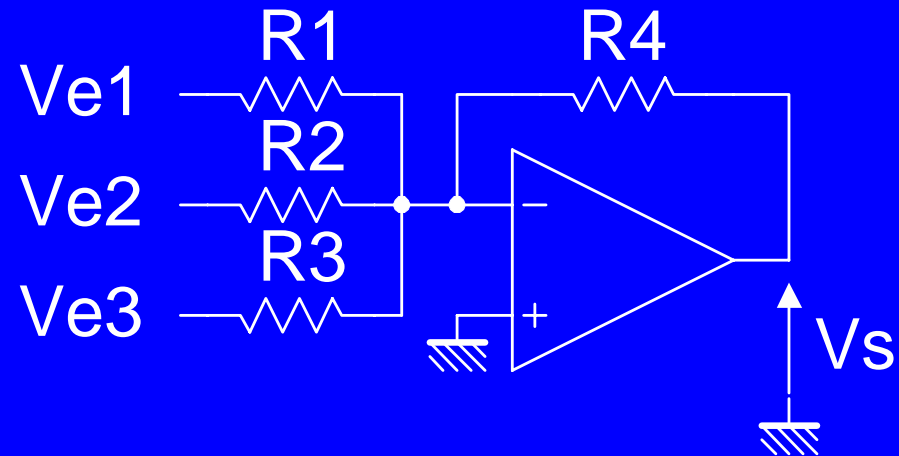
Hep, garçon ! la soustraction SVP...

APPLICATIONS LINÉAIRES DE L'AOP

2.1 Sommateurs

◆ sommateur inverseur

$$V_s = -R_4 \cdot \sum_i^n \frac{V_{e,i}}{R_i}$$



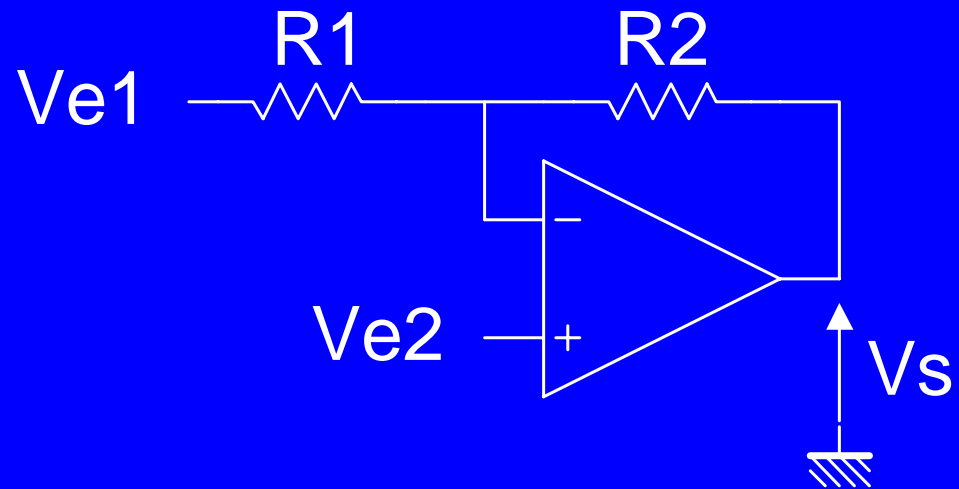
pas d'interaction entre voies grâce
à la masse virtuelle...

Application : décalage de tension pour CA/N

APPLICATIONS LINÉAIRES DE L'AOP

2.2 Soustracteurs

◆ 1^{er} montage :



$$V_s = \left(1 + \frac{R_2}{R_1}\right) \cdot V_{e2} - \frac{R_2}{R_1} \cdot V_{e1}$$

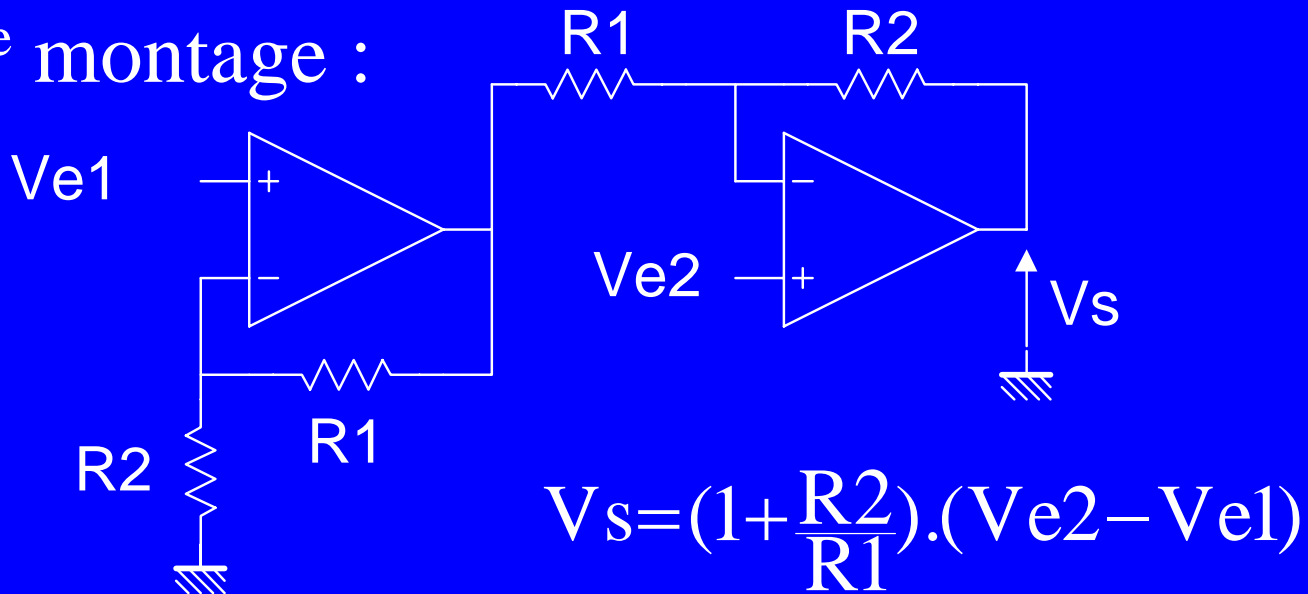
Inconvénients :

gains différents sur chaque voie,
impédances d'entrée différentes

APPLICATIONS LINÉAIRES DE L'AOP

2.2 Soustracteurs

◆ 2^{ème} montage :



Avantages : gain identique et même impédance d'entrée sur les deux voies

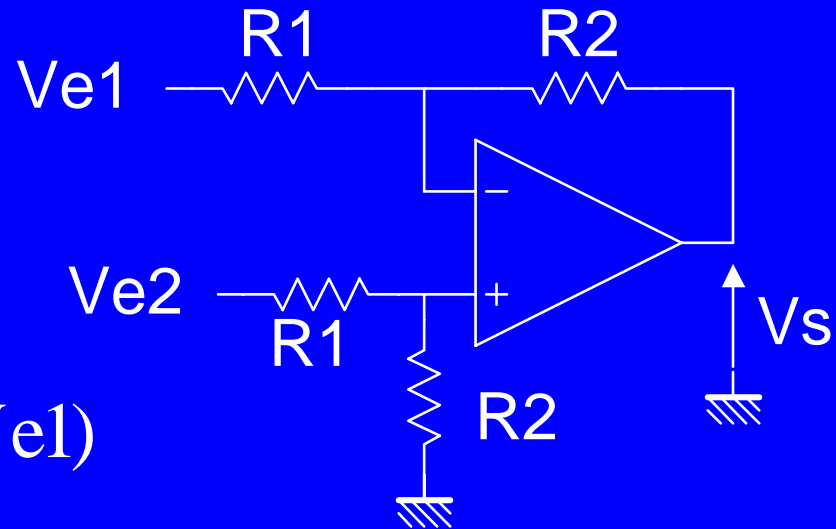
Inconvénients : temps de retard sur V_{e1}

ex : BURR BROWN 326/3620

APPLICATIONS LINÉAIRES DE L'AOP

2.2 Soustracteurs

◆ 3^{ème} montage :



$$V_s = \left(\frac{R2}{R1}\right) \cdot (V_{e2} - V_{e1})$$

Avantages : soustracteur pur

Inconvénients : impédances d'entrée non infinies

ex : BURR BROWN INA 105/106

APPLICATIONS LINÉAIRES DE L'AOP

3. Sources contrôlées

3.1 Source de tension contrôlée en tension

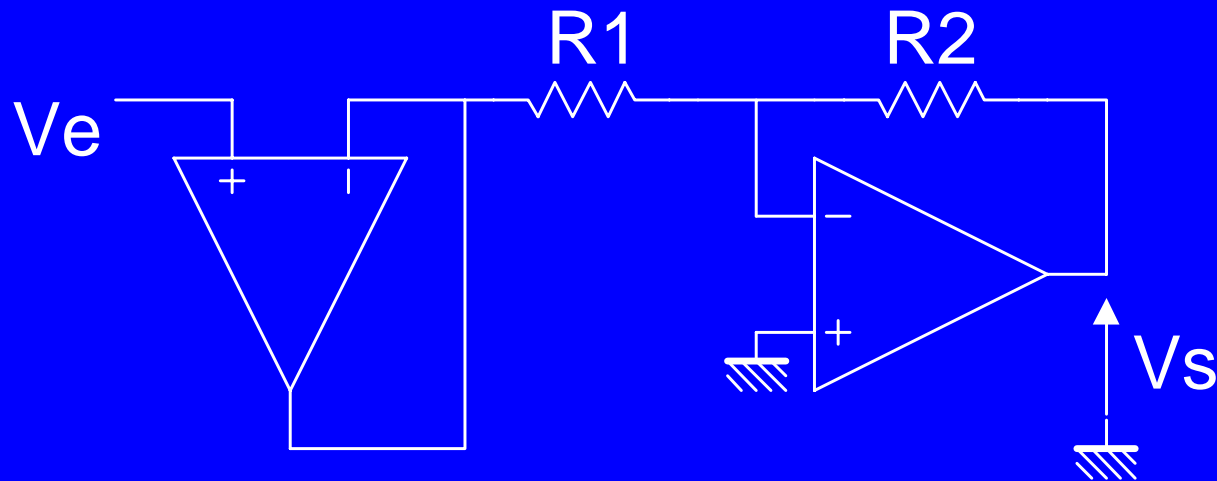
3.2 Source de tension contrôlée en courant

3.3 Source de courant contrôlée en tension

3.4 Source de courant contrôlée en courant

APPLICATIONS LINÉAIRES DE L'AOP

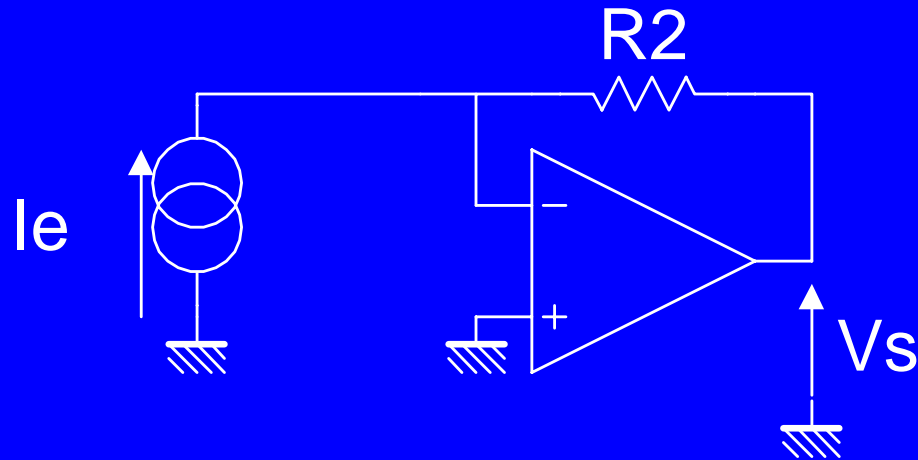
3.1 Sources de tension contrôlée en tension



- ◆ $V_s = K_v \cdot V_e$ avec $K_v < 0$
(source inverseuse)

APPLICATIONS LINÉAIRES DE L'AOP

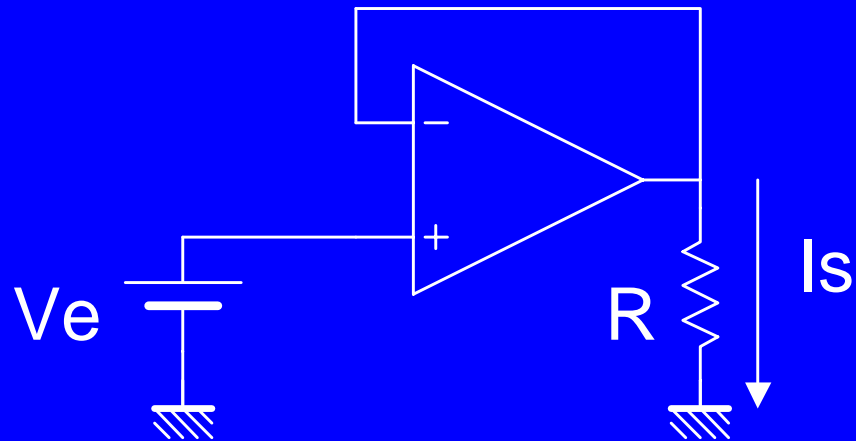
3.2 Sources de tension contrôlée en courant



◆ $V_s = K_z \cdot I_e$ (ex : photodiode)

APPLICATIONS LINÉAIRES DE L'AOP

3.3 Sources de courant contrôlée en tension

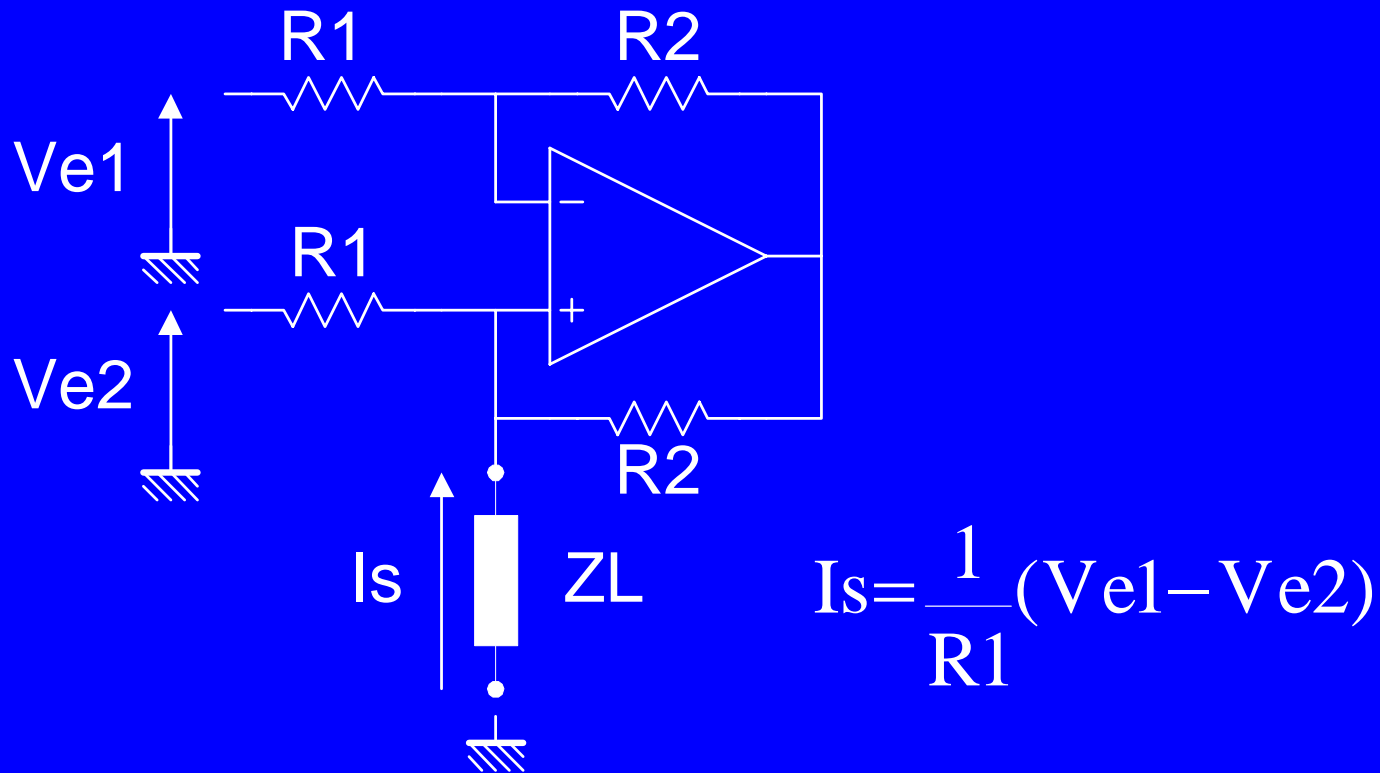


◆ $I_s = V_e/R$: source de courant contrôlée par V_e

APPLICATIONS LINÉAIRES DE L'AOP

3.3 Sources de courant contrôlée en tension

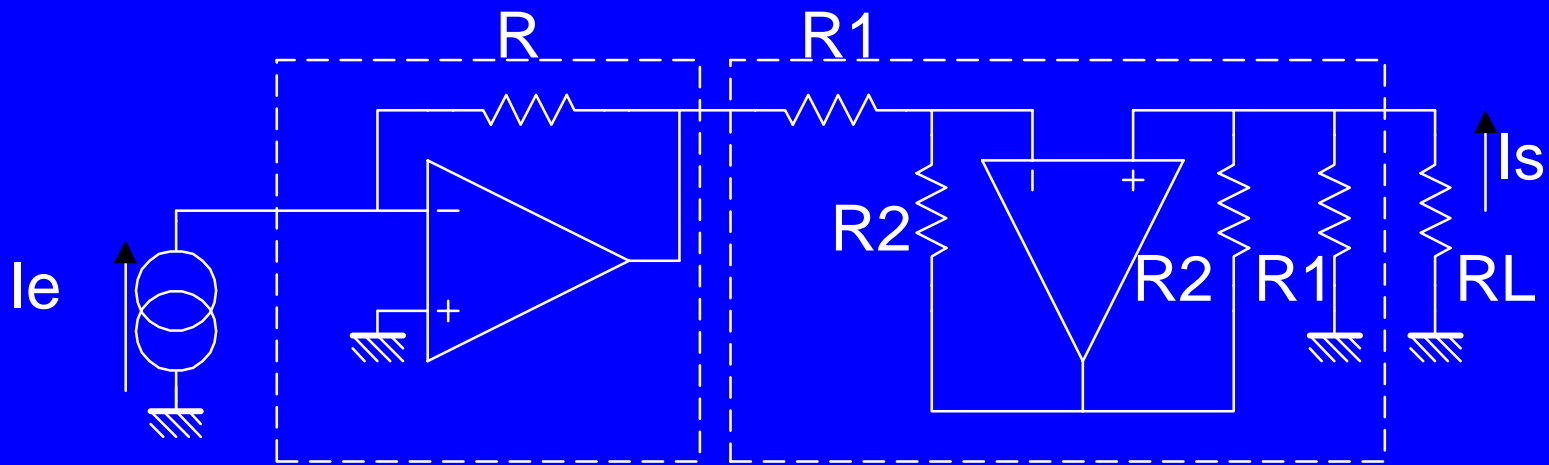
◆ Générateur de Howland



APPLICATIONS LINÉAIRES DE L'AOP

3.4 Sources de courant contrôlée en courant

- ◆ combinaison d'un convertisseur courant tension puis tension courant



Générateur de Howland avec $V_{e2}=0$

APPLICATIONS LINÉAIRES DE L'AOP

4. Intégrateurs, dérivateurs

4.1 Principe

4.2 Intégrateur à capacité

4.3 Dérivateur à capacité

APPLICATIONS LINÉAIRES DE L'AOP

4.1 Principe

- ◆ On utilise les relations de type dérivées ou intégrale entre les grandeurs courant et tension d'une inductance, ou d'un condensateur :

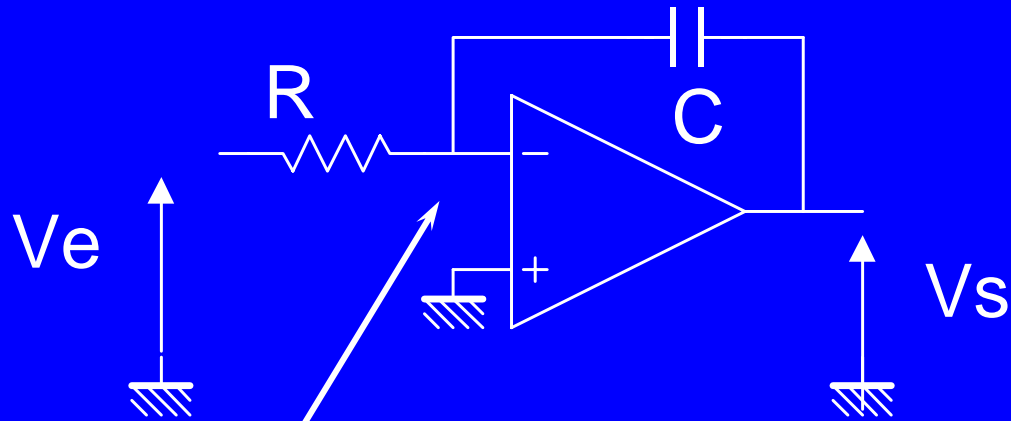
- pour une inductance :
$$e = L \frac{di}{dt} \Rightarrow i = \frac{1}{L} \int e dt$$

- pour un condensateur :
$$i = C \frac{dv}{dt} \Rightarrow v = \frac{1}{C} \int i dt$$

- ◆ On préfère utiliser le condensateur, pour des raisons d'encombrement, de poids, de coût et de stabilité.

APPLICATIONS LINÉAIRES DE L'AOP

4.2 Intégrateurs à capacité



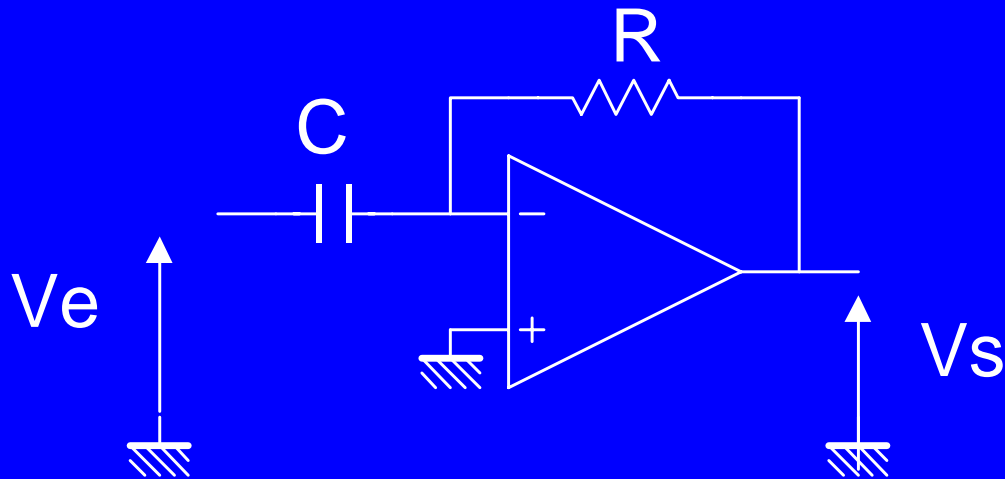
masse virtuelle

$$v_s = -\frac{1}{RC} \int v_e dt$$

Nota : risques de saturation

APPLICATIONS LINÉAIRES DE L'AOP

4.2 dérivateur à capacités



$$V_s = -RC \frac{dV_e}{dt}$$

Nota : risques d'instabilité

APPLICATIONS LINÉAIRES DE L'AOP

5. Circuits du premier ordre

5.1 Filtre passe haut

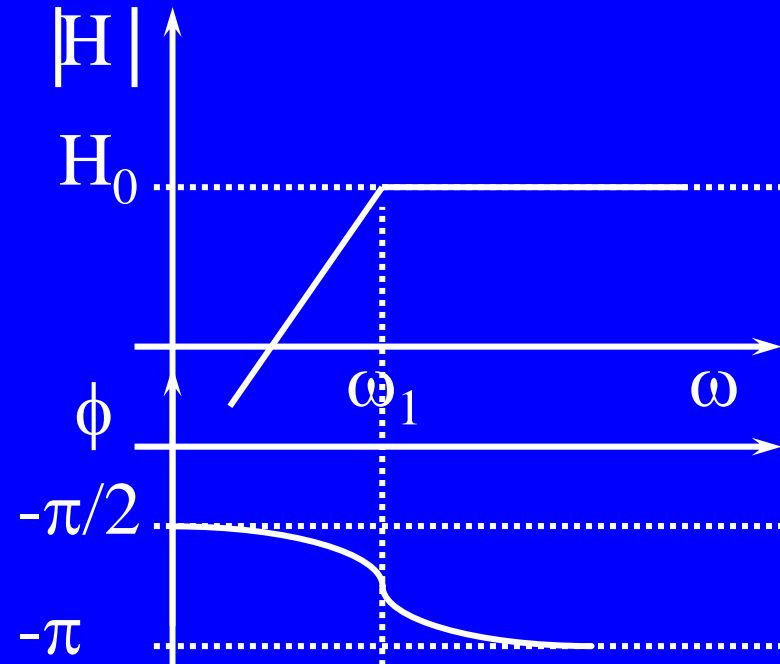
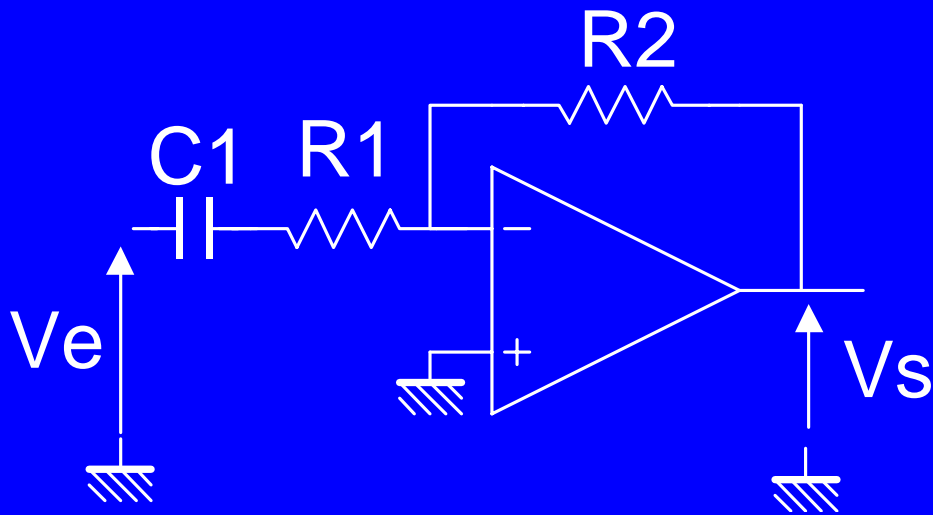
5.2 Filtre passe bas

5.3 Filtre passe bande

5.4 Déphaseur pur

APPLICATIONS LINÉAIRES DE L'AOP

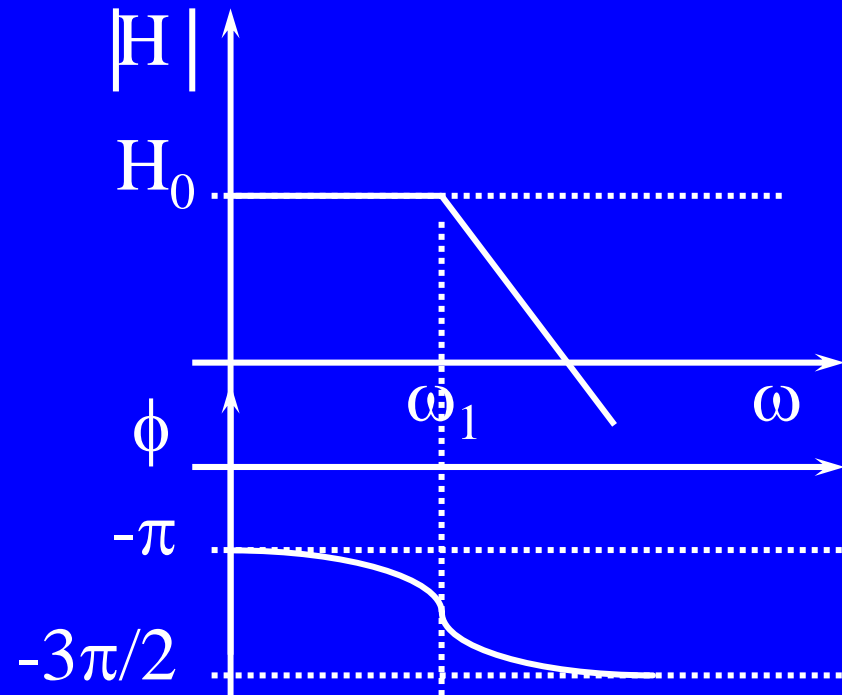
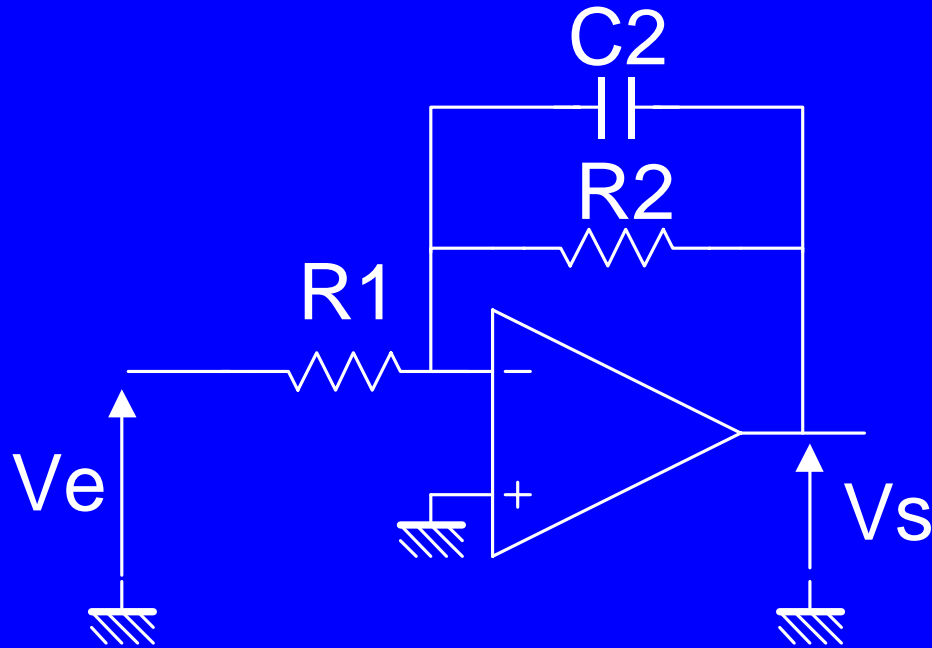
5.1 Filtre passe haut



$$H(j\omega) = H_0 \frac{j \frac{\omega}{\omega_1}}{1 + j \frac{\omega}{\omega_1}} \quad \text{avec :} \quad H_0 = -R_2/R_1$$
$$\omega_1 = 1/(R_1.C_1)$$

APPLICATIONS LINÉAIRES DE L'AOP

5.2 Filtre passe bas

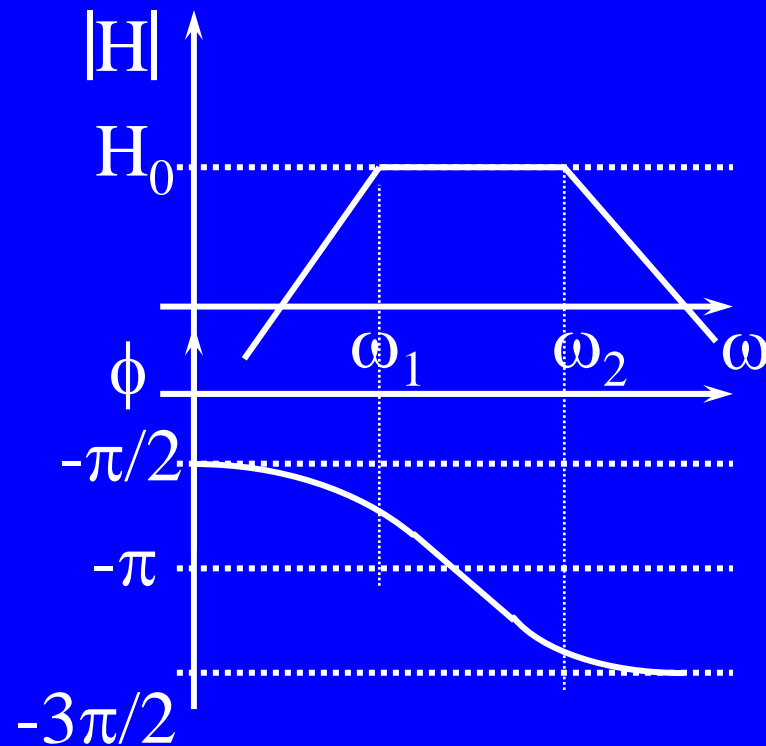
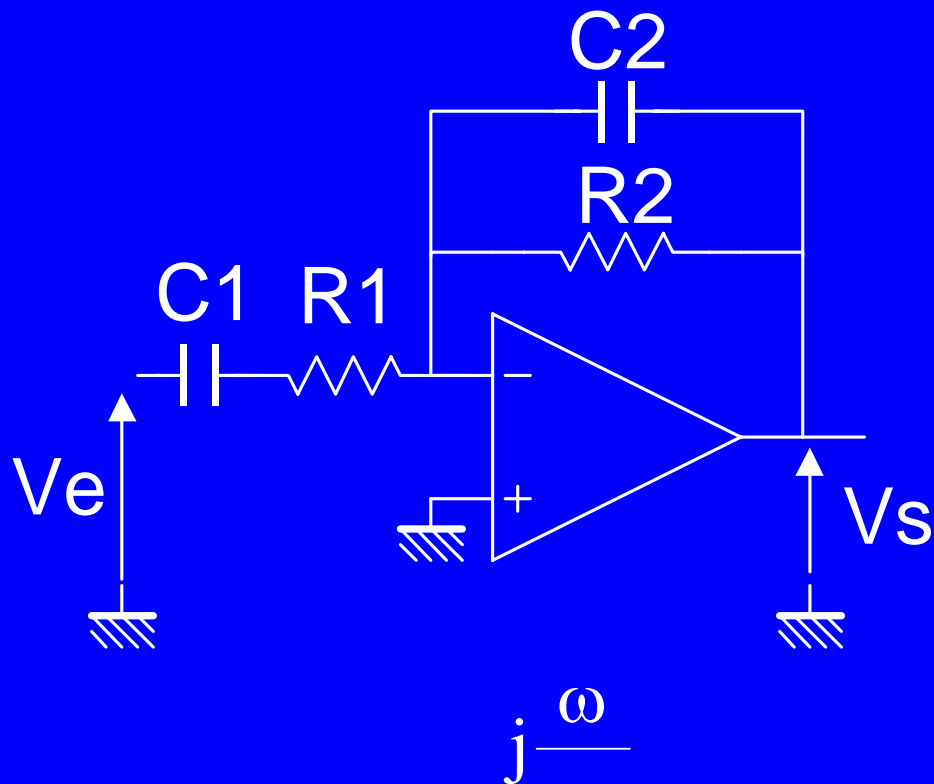


$$H(j\omega) = \frac{H_0}{1 + j\frac{\omega}{\omega_2}}$$

avec : $H_0 = -R_2/R_1$
 $\omega_2 = 1/(R_2.C_2)$

APPLICATIONS LINÉAIRES DE L'AOP

5.3 Filtre passe bande



$$H = H_0 \cdot \frac{j \frac{\omega}{\omega_1}}{\left(1 + j \frac{\omega}{\omega_1}\right) \cdot \left(1 + j \frac{\omega}{\omega_2}\right)}$$

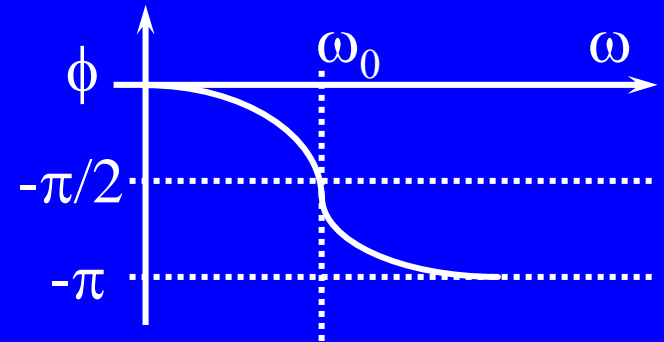
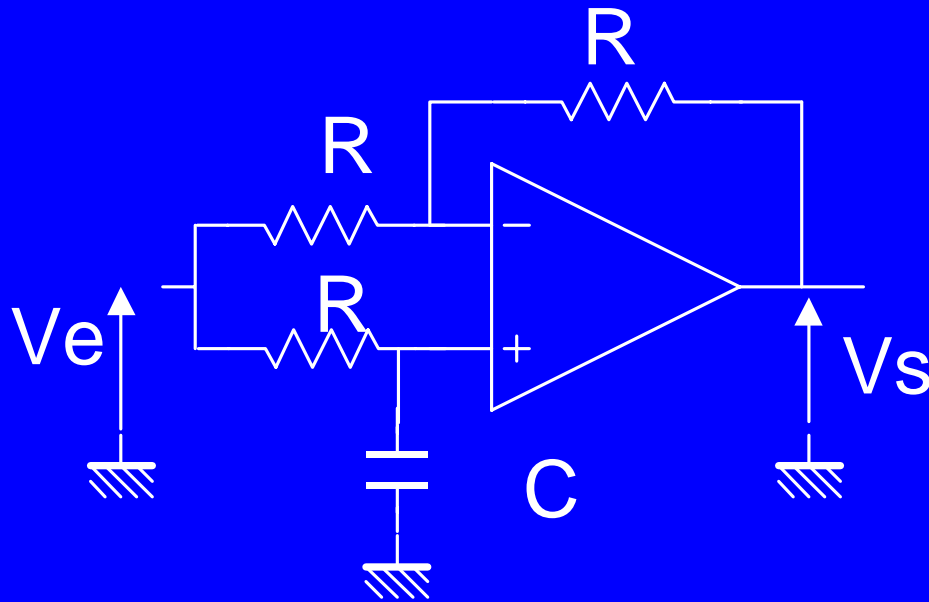
avec : $H_0 = -R_2/R_1$

$$\omega_1 = 1/(R_1 \cdot C_1)$$

$$\omega_2 = 1/(R_2 \cdot C_2)$$

APPLICATIONS LINÉAIRES DE L'AOP

5. 4 Déphaseur pur



$$H = \frac{1 - j \frac{\omega}{\omega_0}}{1 + j \frac{\omega}{\omega_0}} \quad \text{avec :}$$

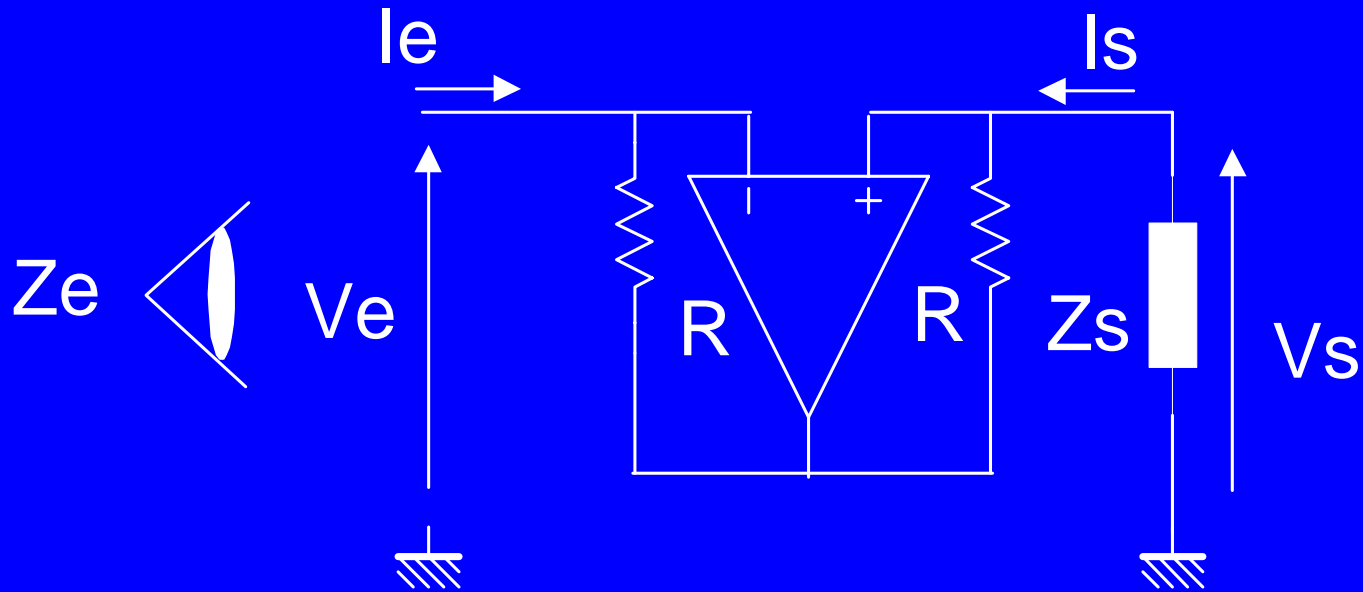
$$\omega_0 = 1/(R.C)$$

$$|H| = 1 = \text{constante}$$

$$\phi = -2 \arctg \frac{\omega}{\omega_0}$$

APPLICATIONS LINÉAIRES DE L'AOP

6. Convertisseur d'impédance



$$Z_e = -Z_s$$

- ◆ Application : synthèse d'inductance en Basse Fréquence

FIN DE LA
DEUXIEME PARTIE !