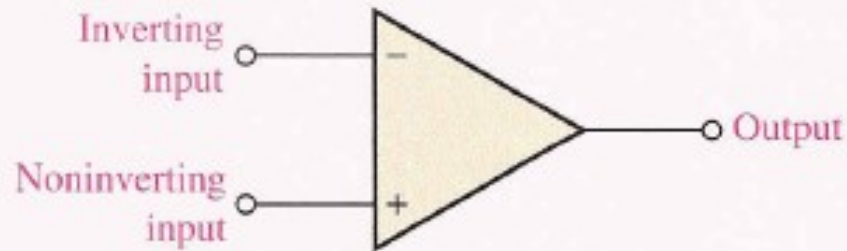


ELECTRONIQUE

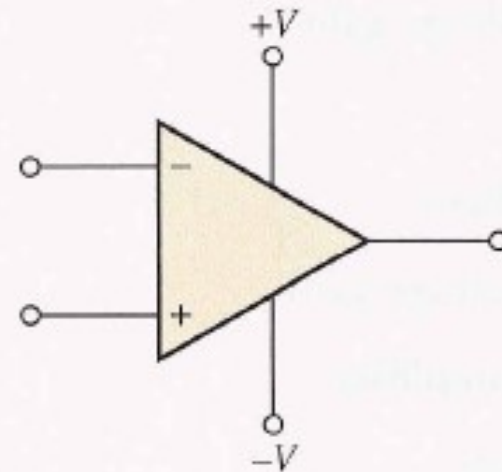
AMPLIFICATEURS OPERATIONNELS

M.L. Hadjili

Symbole et boîtier



(a) Symbol



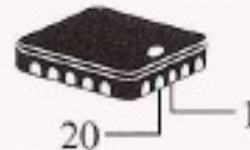
(b) Symbol with dc supply connections



DIP



DIP



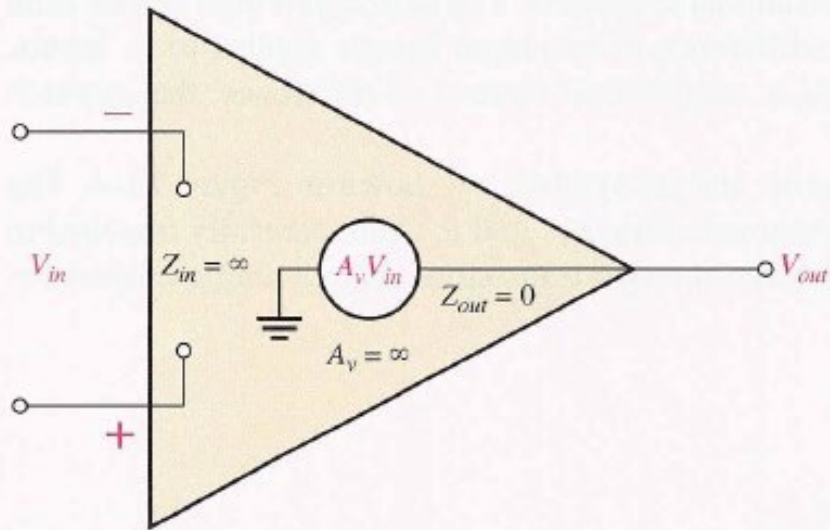
SMT



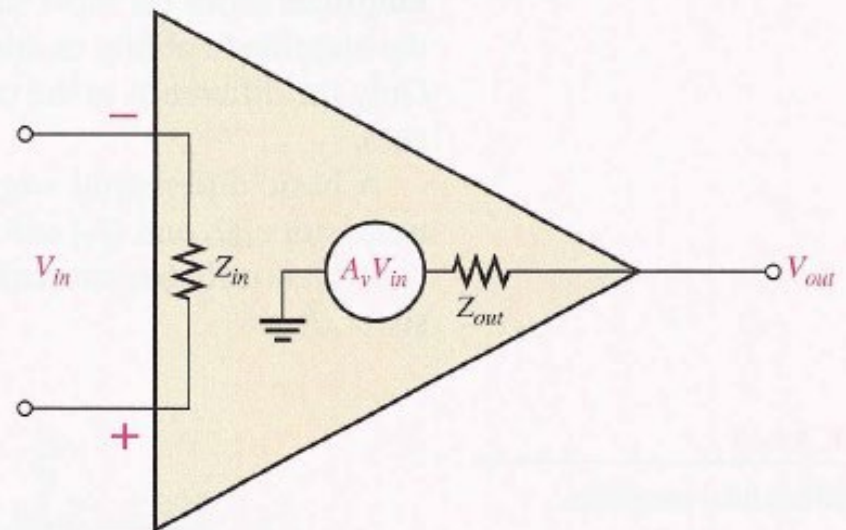
SMT

(c) Typical packages. Pin 1 is indicated by a notch or dot on dual in-line (DIP) and surface-mount technology (SMT) packages, as shown.

Représentation d'un Ampli. Op.

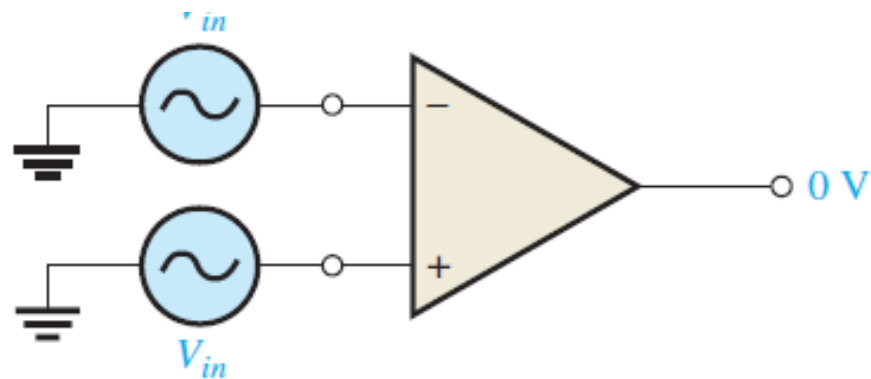
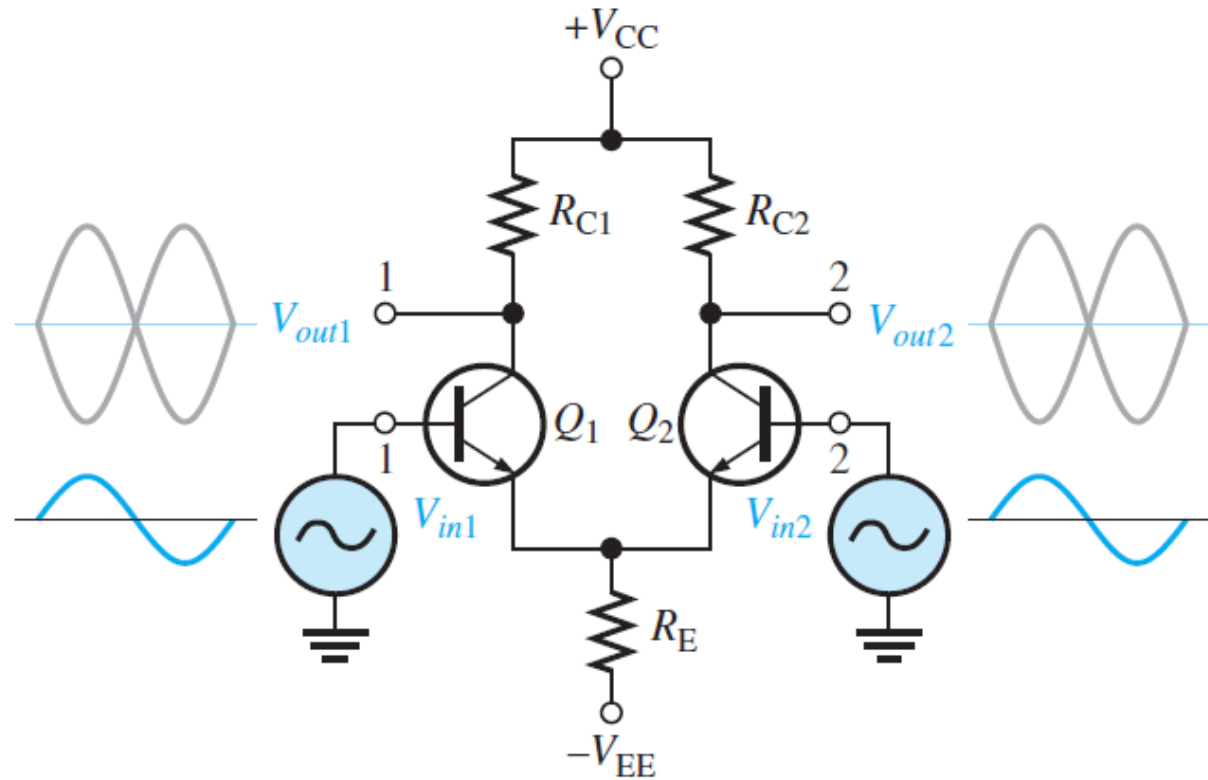


(a) Ideal op-amp representation

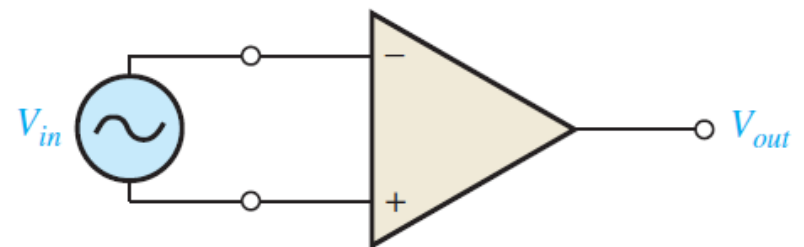
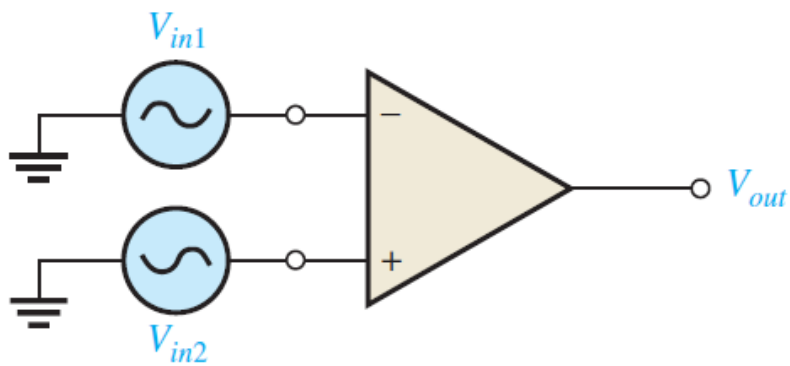
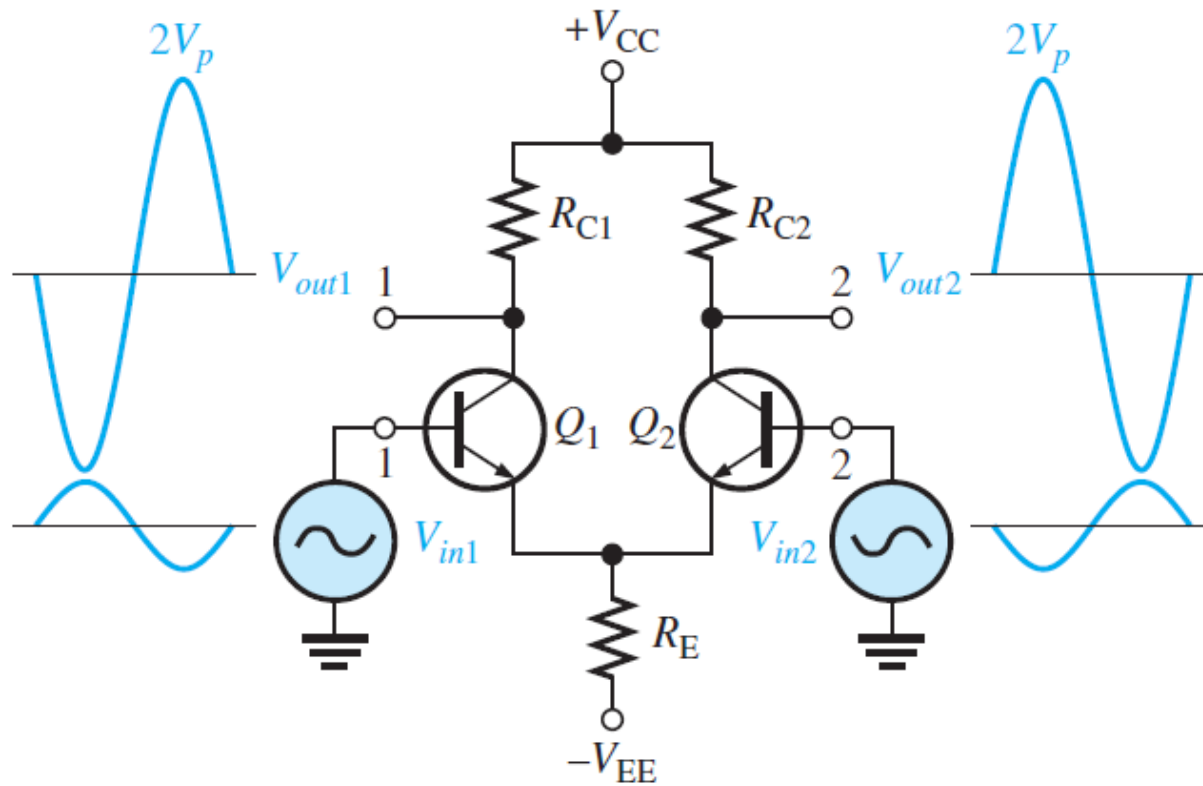


(b) Practical op-amp representation

Mode commun



Mode différentiel



Caractéristiques

- Son gain en boucle ouverte A_{bo} est très élevé, au moins 10^5 et couramment 10^6 .
- L'impédance d'entrée sur chacune de ces entrées est très élevée. Le plus souvent on la considère comme infinie, ce qui implique que les courants d'entrées sont nuls.
- L'impédance de sortie est quasiment nulle.

Paramètres d'un amplificateur

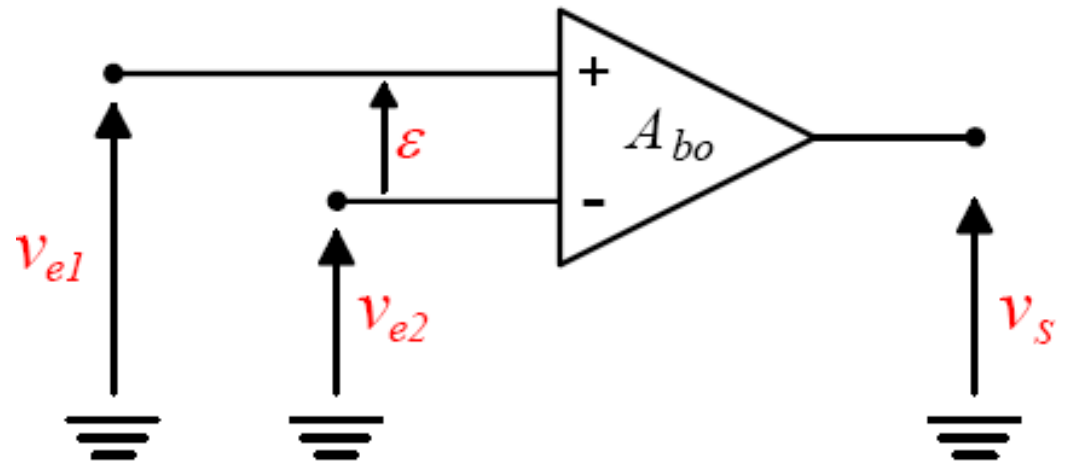


Fig. V-1 : Amplificateur opérationnel

$$v_s = A_{bo} \cdot \epsilon = A_{bo} \cdot (v_{e1} - v_{e2})$$

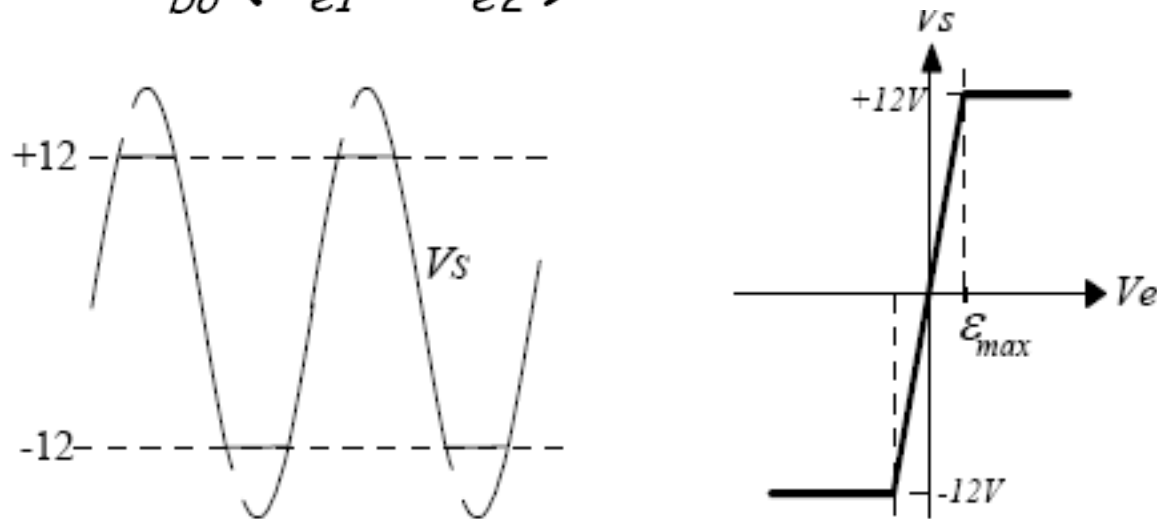
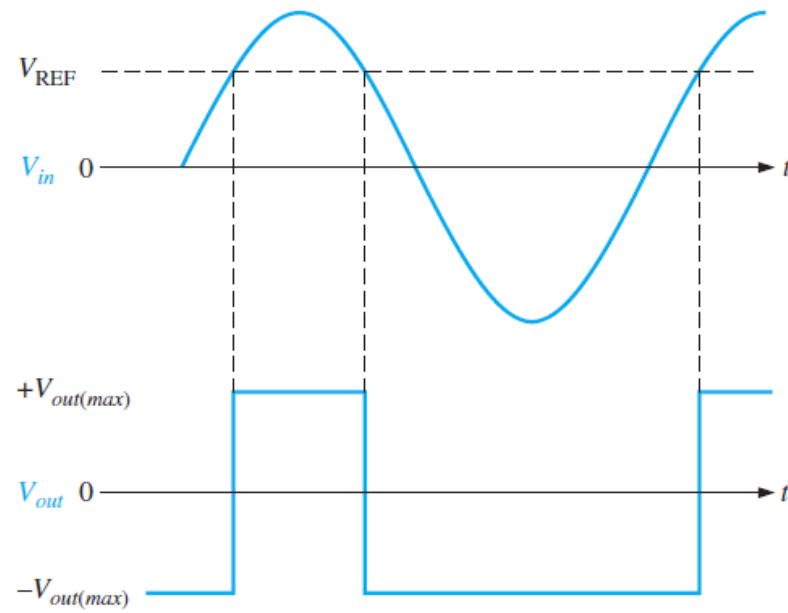
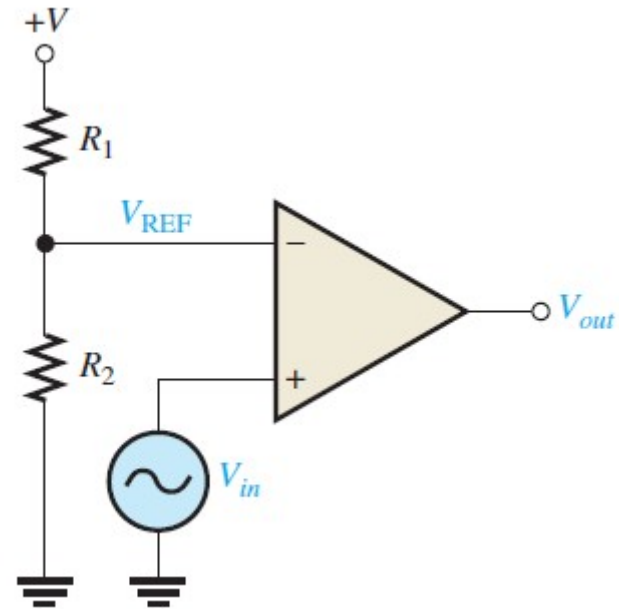


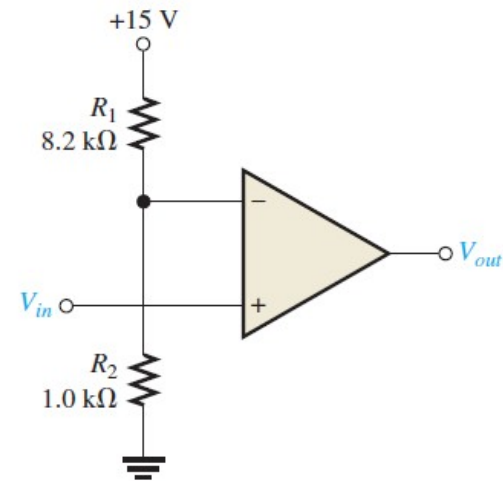
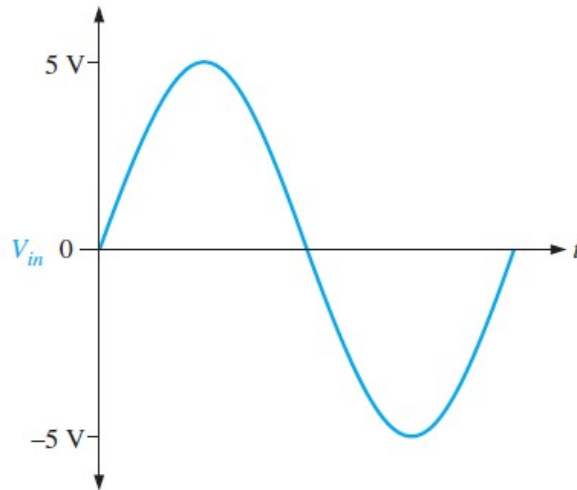
Fig. V-2 : tension de sortie et caractéristique de transfert d'un ampli-op

Comparateur

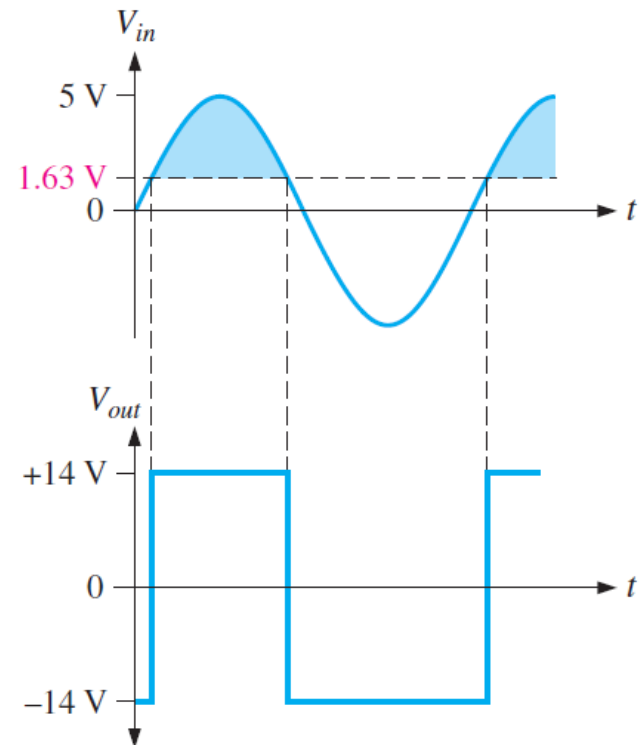
$$V_{\text{REF}} = \frac{R_2}{R_1 + R_2} (+V)$$



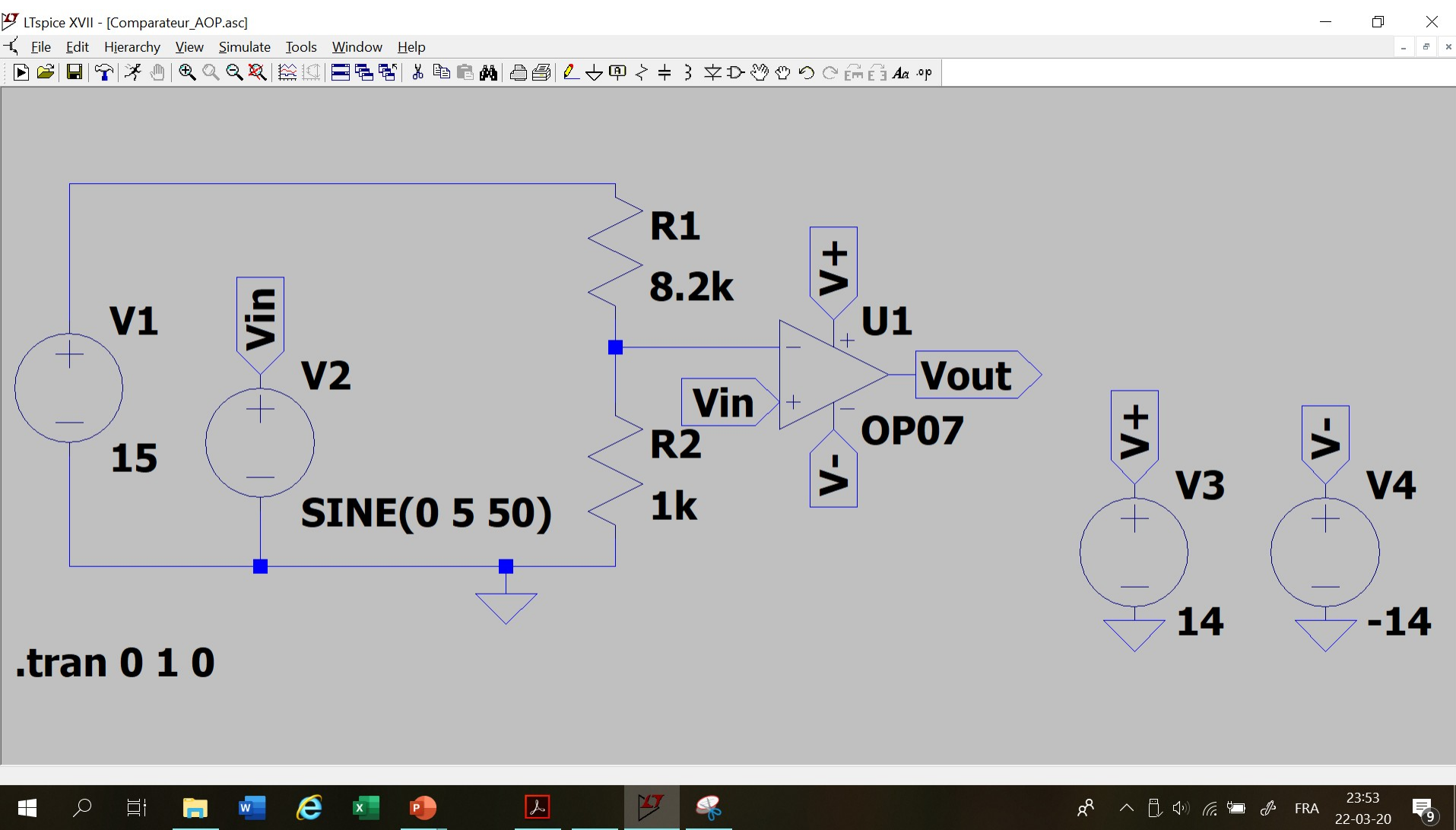
Exemple de Comparateur



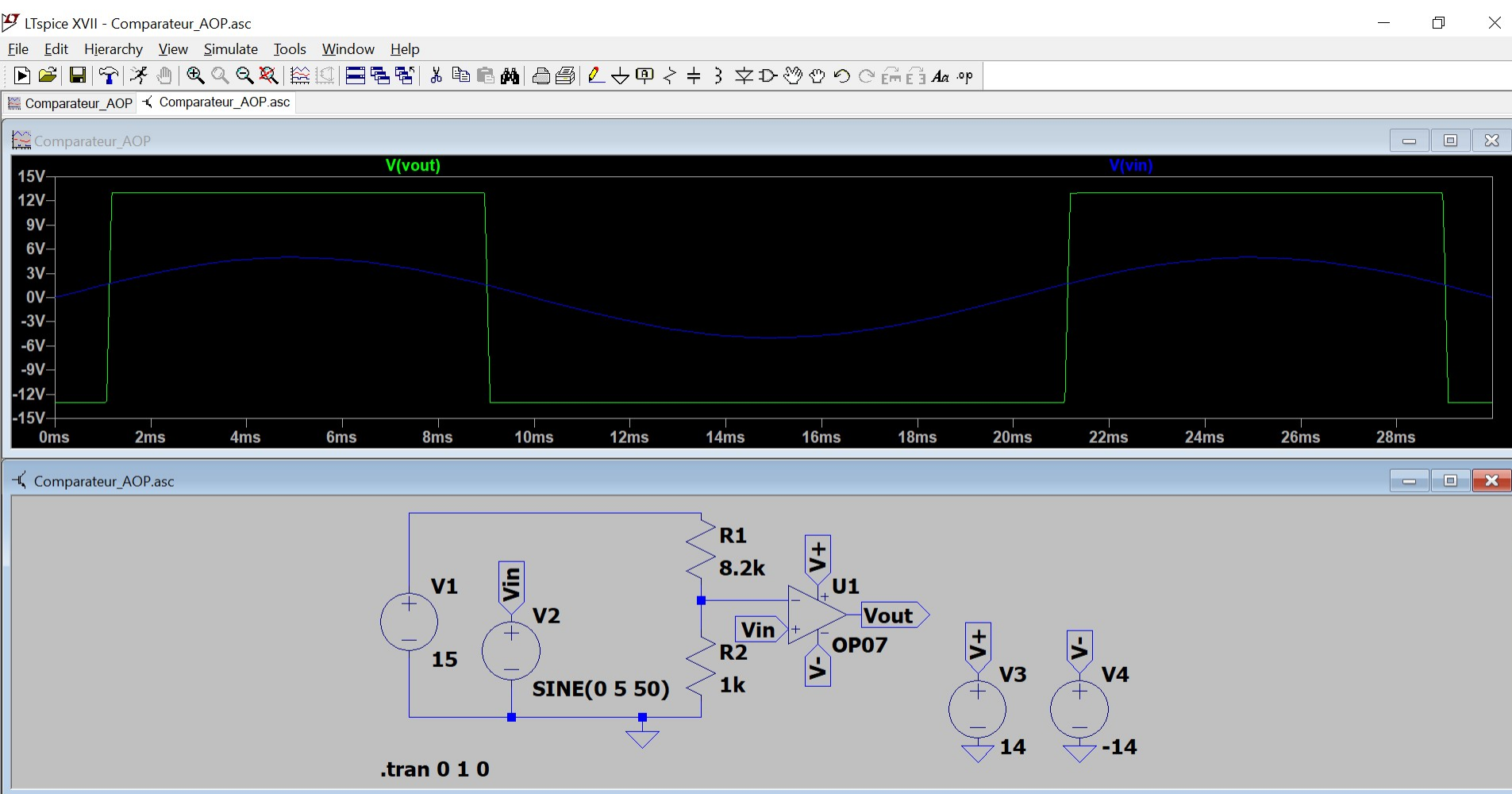
$$V_{\text{REF}} = \frac{R_2}{R_1 + R_2}(+V) = \frac{1.0\text{ k}\Omega}{8.2\text{ k}\Omega + 1.0\text{ k}\Omega}(+15\text{ V}) = 1.63\text{ V}$$



Simulation d'un Comparateur



Simulation d'un Comparateur



Amplificateur inverseur

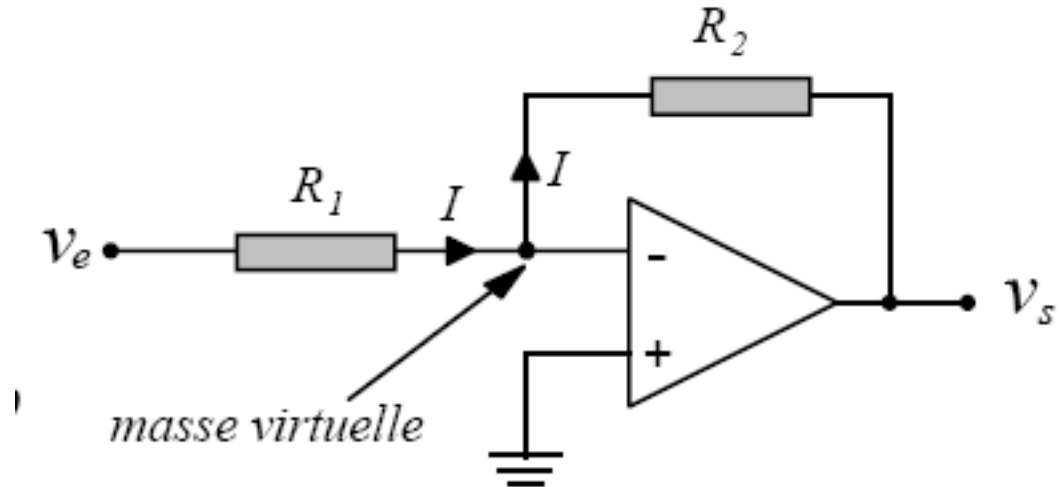


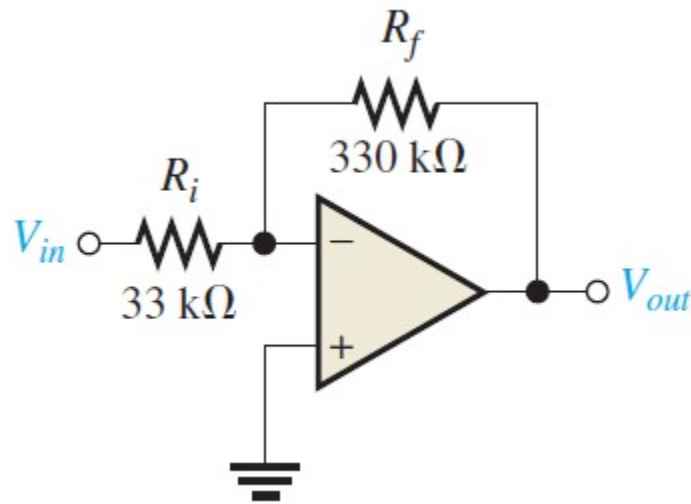
Fig. V-3 : Amplificateur inverseur

$$V_e = R_1 I, \quad V_s = -R_2 I \quad \text{D'où}$$

$$A_v = \frac{v_s}{v_e} = -\frac{R_2}{R_1}$$

$$\underline{v_s = -\frac{R_2}{R_1} v_e}$$

Exemples d'Amplificateurs inverseurs



$V_{in} = 10\text{ mV} \sin(2\pi f t)$, $f = 5\text{ à } 10\text{ Hz}$

$V_{lim} = \pm 15\text{ V}$

- Calculer le gain de chaque montage
- Simuler les montages avec LTSpice et afficher les sorties V_{out}

Amplificateur non inverseur

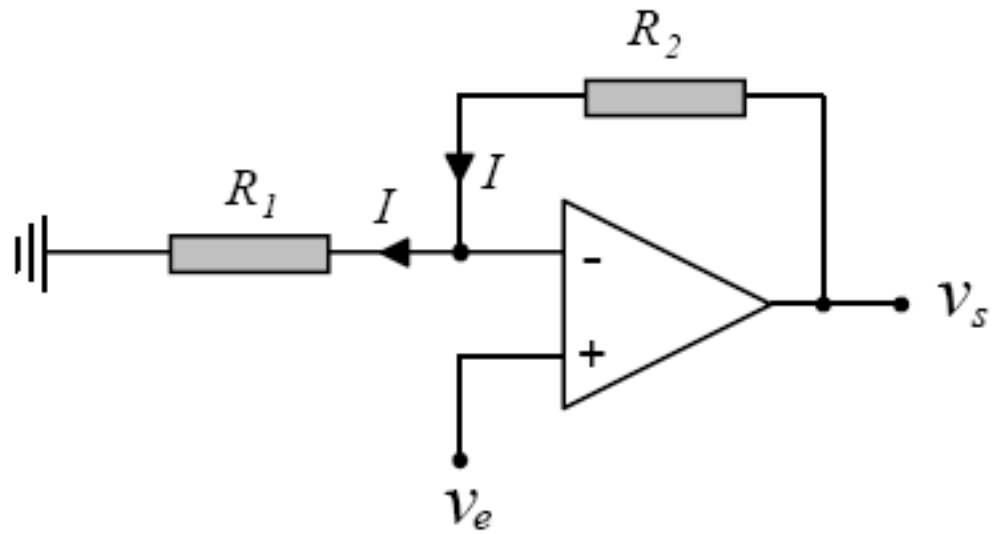
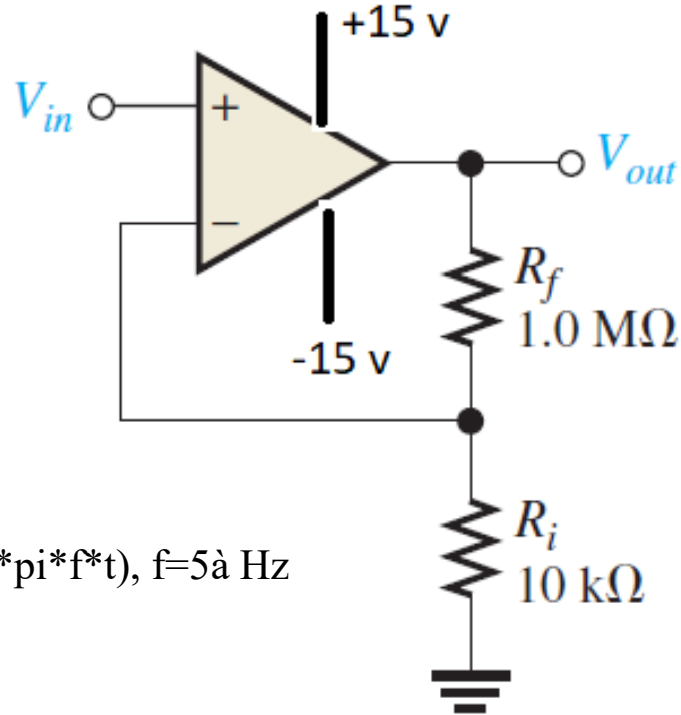


Fig. V-4 : Amplificateur non-inverseur

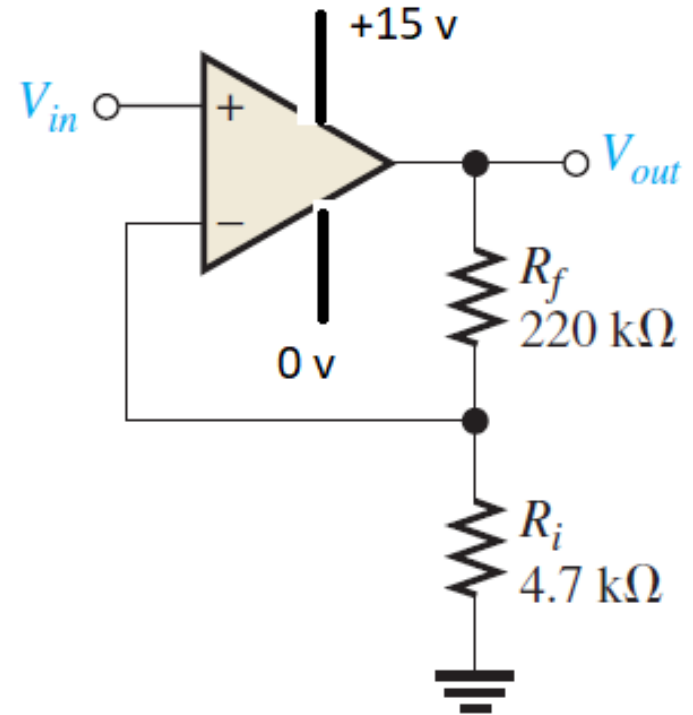
$$v_s - v_e = R_2 \frac{v_e}{R_1} \Rightarrow v_s = v_e + \frac{R_2}{R_1} v_e = \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) v_e$$

$$A_v = 1 + \frac{R_2}{R_1}$$

Exemples d'Amplificateurs non inverseurs



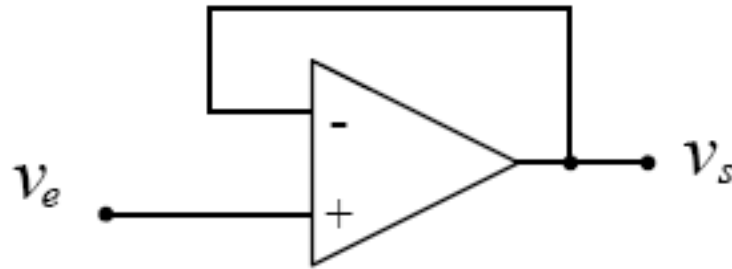
$V_{in} = 10\text{ mV} \sin(2\pi f t)$, $f = 5\text{ à } \text{Hz}$



- Calculer le gain de chaque montage
- Simuler les montages avec LTSpice et afficher les sorties V_{out}

Montage suiveur

$$V_S = V_e .$$

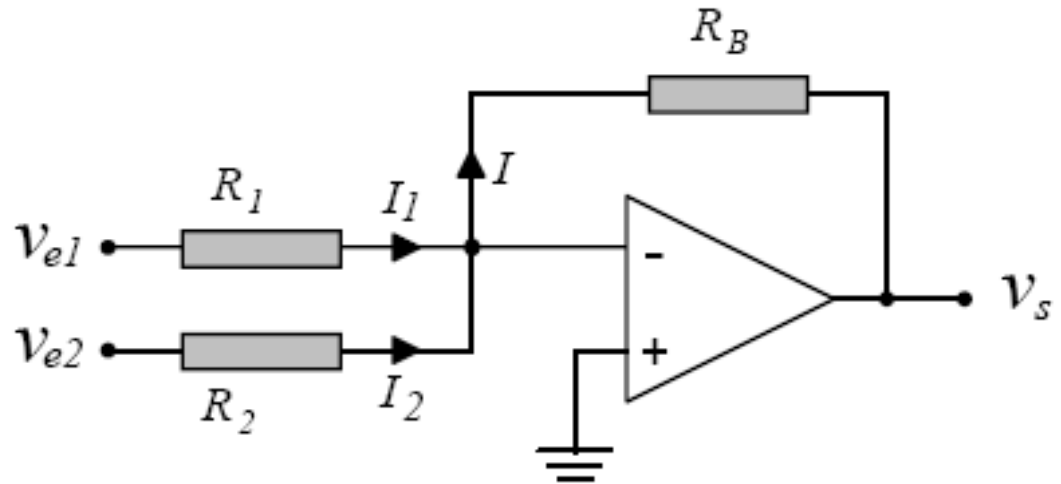


Montage sommateur inverseur

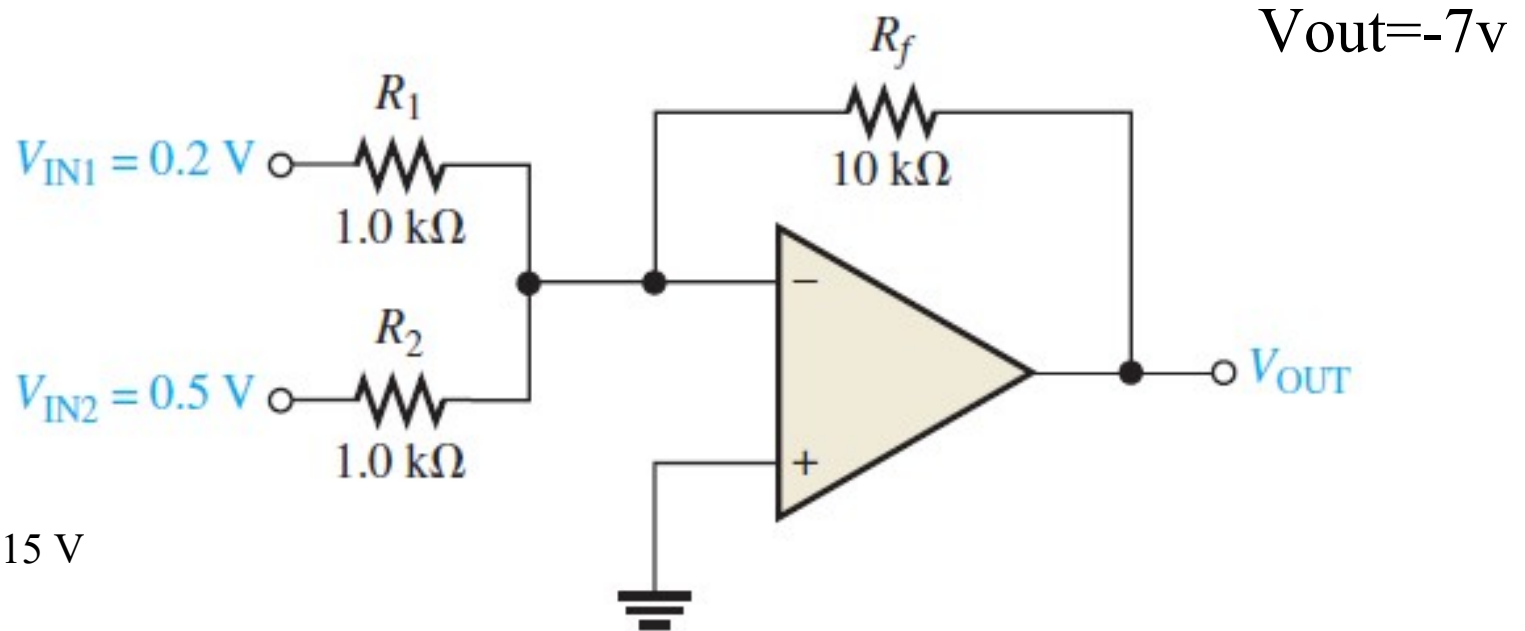
$$V_s = -R_B \left(\frac{V_1}{R_1} + \frac{V_2}{R_2} \right)$$

Si $R_1 = R_2 = R_A$

$$V_s = -\frac{R_B}{R_A} (V_1 + V_2)$$



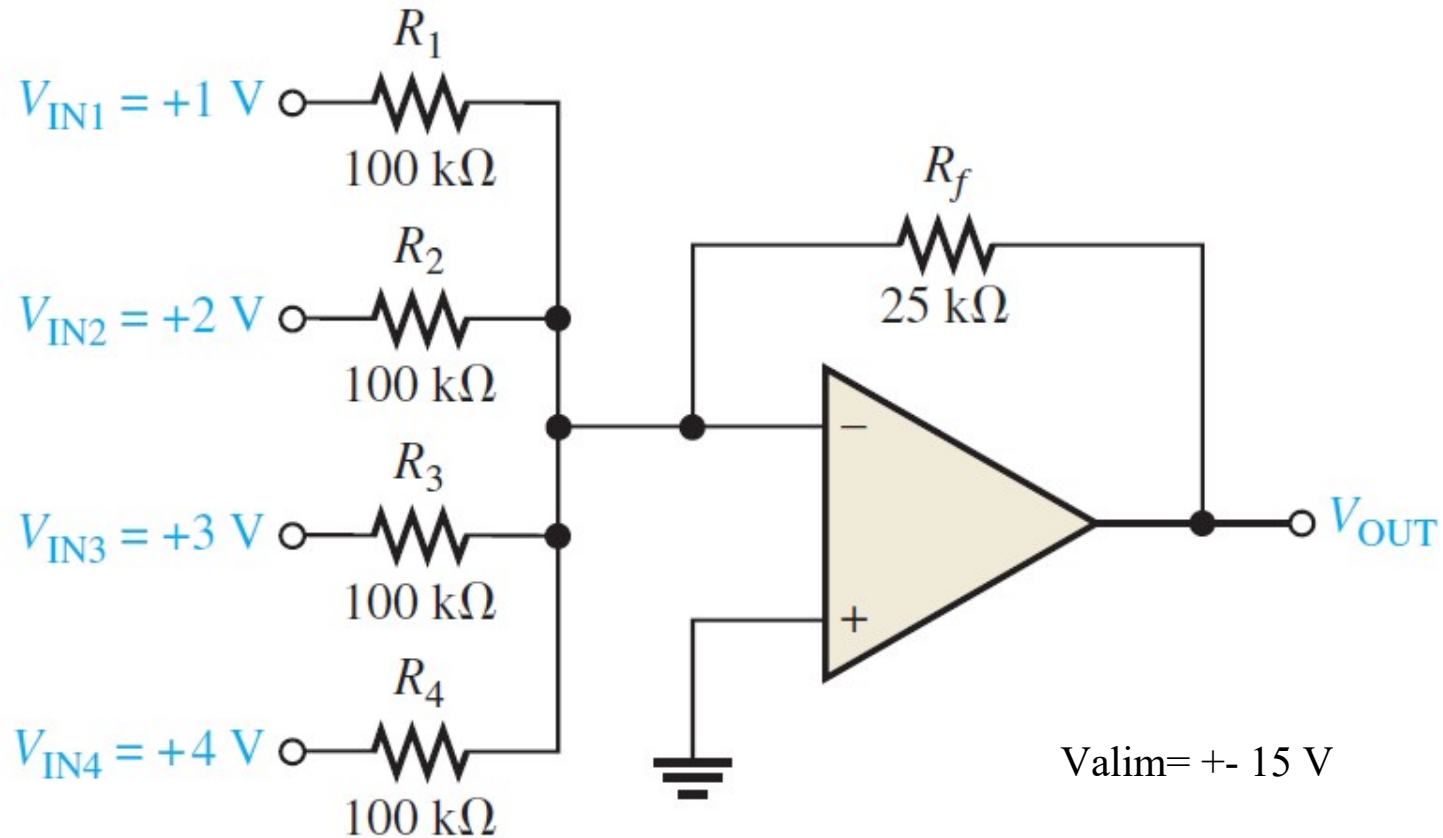
Exemple de sommateur inverseur



$V_{\text{lim}} = \pm 15\text{ V}$

- Calculer la tension de sortie
- Simuler les montages avec LTSpice et afficher la sortie V_{out}

Exemple de sommateur inverseur



- Calculer la tension de sortie
- Simuler les montages avec LTSpice et afficher la sortie V_{out}

Montage sommateur non inverseur

$$v^+ = \frac{R_2 v_1 + R_1 v_2}{R_1 + R_2}, \quad v^- = \frac{R_A}{R_A + R_B} v_s$$

$$\frac{R_2 v_1 + R_1 v_2}{R_1 + R_2} = \frac{R_A}{R_A + R_B} v_s$$

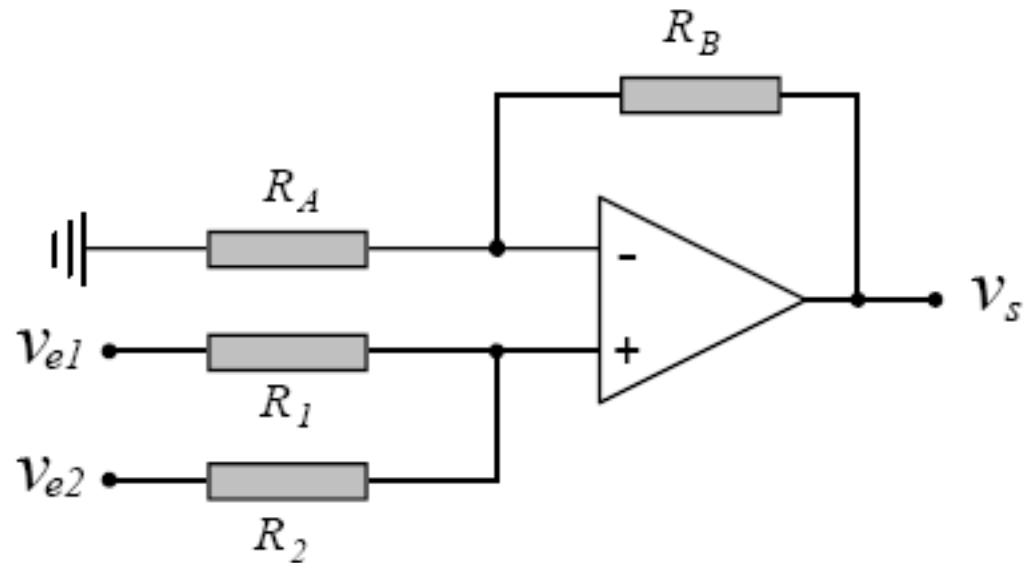
$$v_s = \frac{R_A + R_B}{R_A (R_1 + R_2)} (R_2 v_1 + R_1 v_2)$$

Si $R_1 = R_2$, L'expression devient :

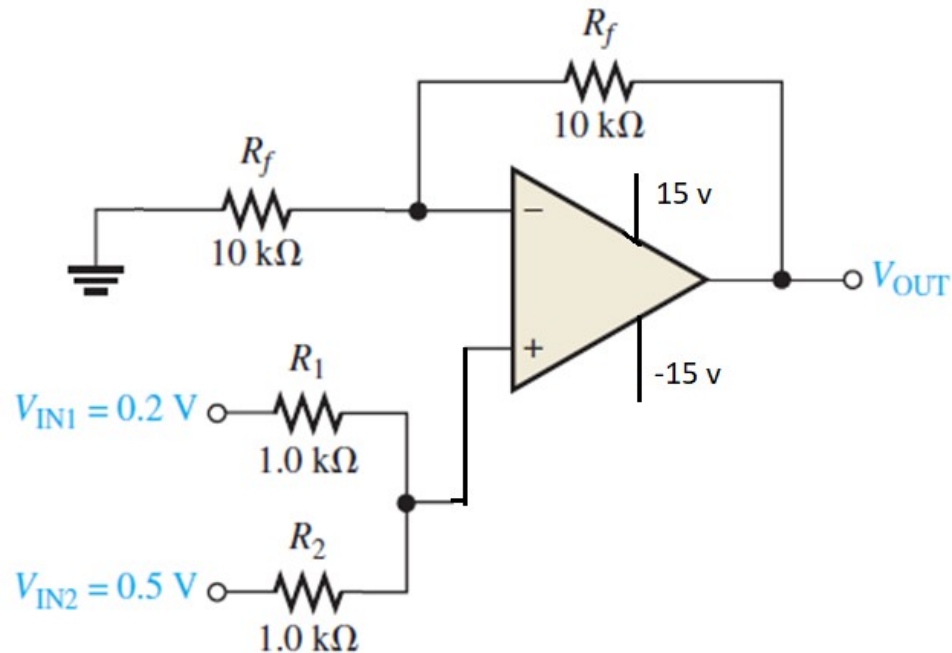
$$v_s = \frac{R_A + R_B}{2 R_A} (v_1 + v_2)$$

Si en plus $R_A = R_B$ on obtient :

$$v_s = v_1 + v_2$$



Exemples de sommateur non inverseur



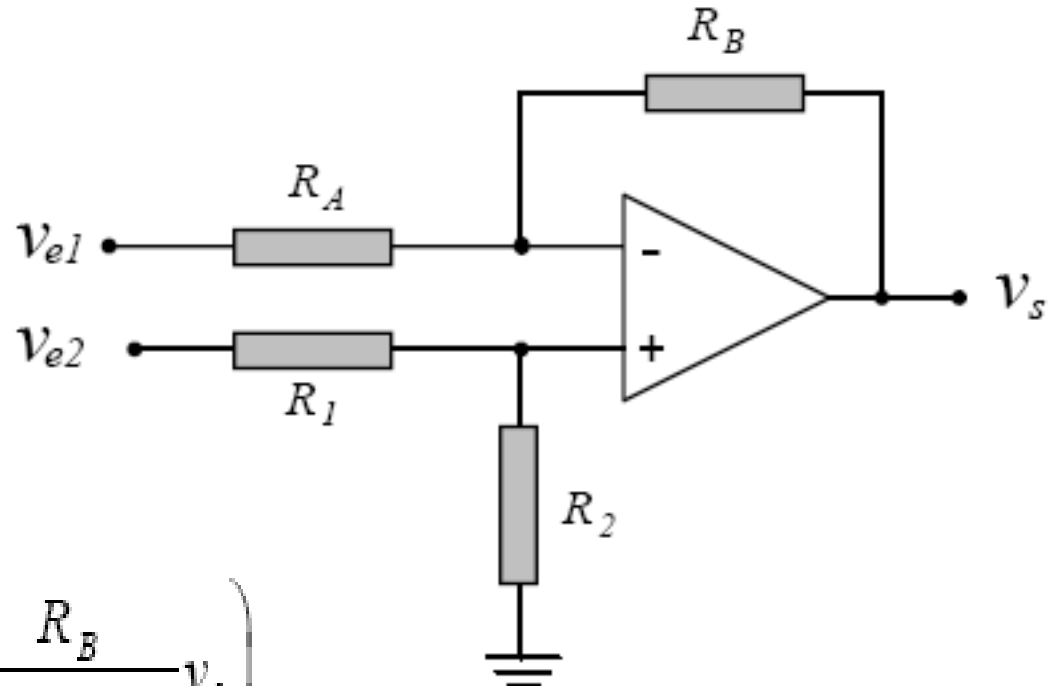
- Calculer la tension de sortie
- Simuler les montages avec LTSpice et afficher la sortie V_{out}

Montage soustracteur

$$v^+ = \frac{R_2}{R_1 + R_2} v_2 \quad , \quad v^- = \frac{R_B v_1 + R_A v_s}{R_A + R_B}$$

$$\frac{R_2}{R_1 + R_2} v_2 = \frac{R_B v_1}{R_A + R_B} + \frac{R_A v_s}{R_A + R_B}$$

$$v_s = \frac{R_A + R_B}{R_A} \left(\frac{R_2}{R_1 + R_2} v_2 - \frac{R_B}{R_A + R_B} v_1 \right)$$



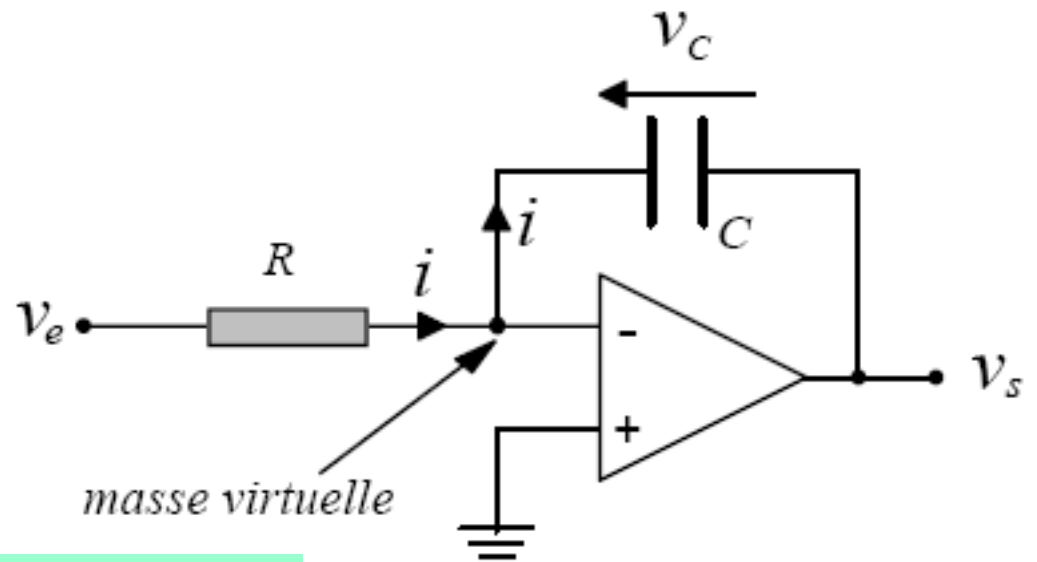
Si $\frac{R_A}{R_B} = \frac{R_1}{R_2}$, L'expression devient :

$$v_s = \frac{R_B}{R_A} (v_2 - v_1)$$

Si en plus $R_A = R_B$ on obtient :

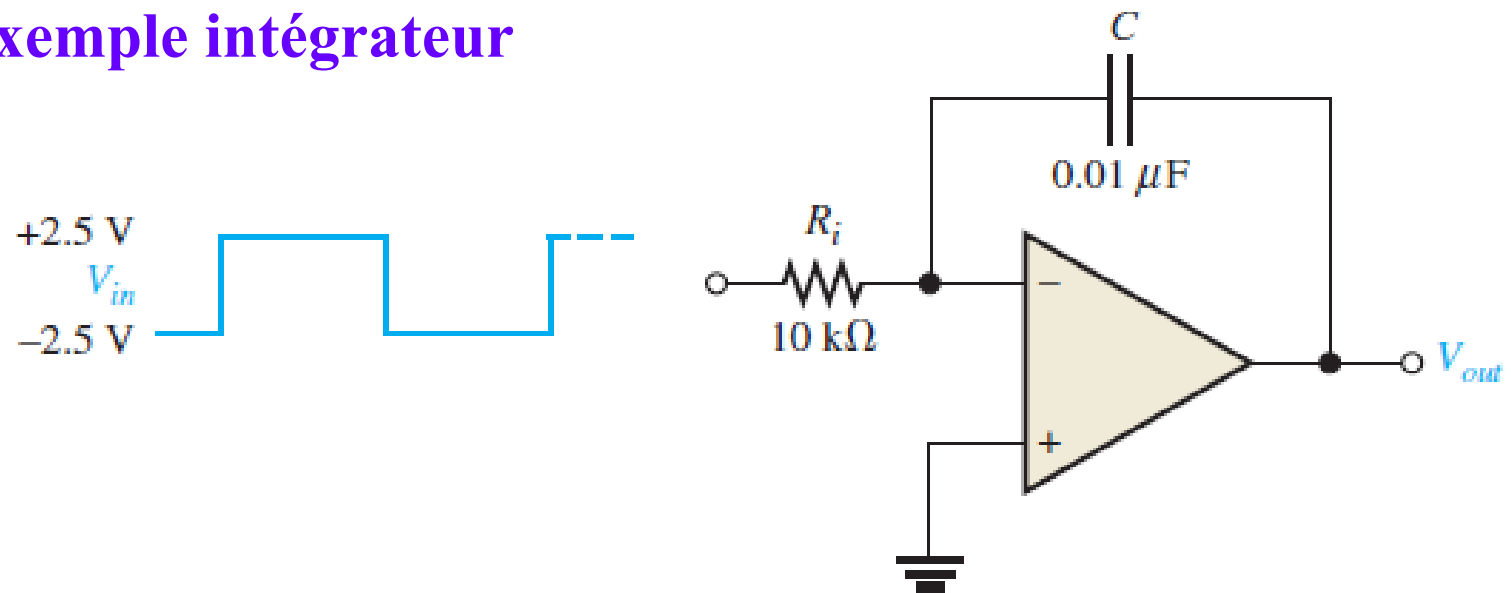
$$v_s = v_2 - v_1$$

Montage intégrateur

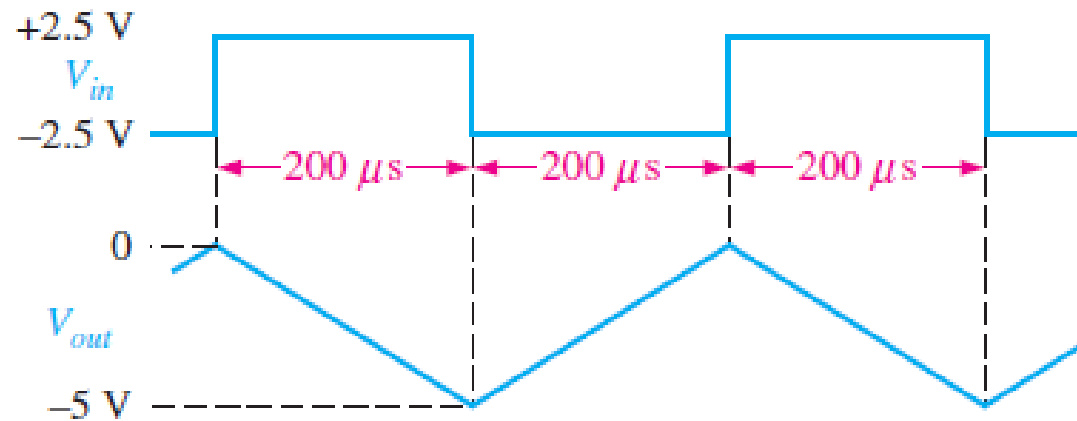


$$v_s = -\frac{1}{CR} \int v_e(t) dt$$

Exemple intégrateur

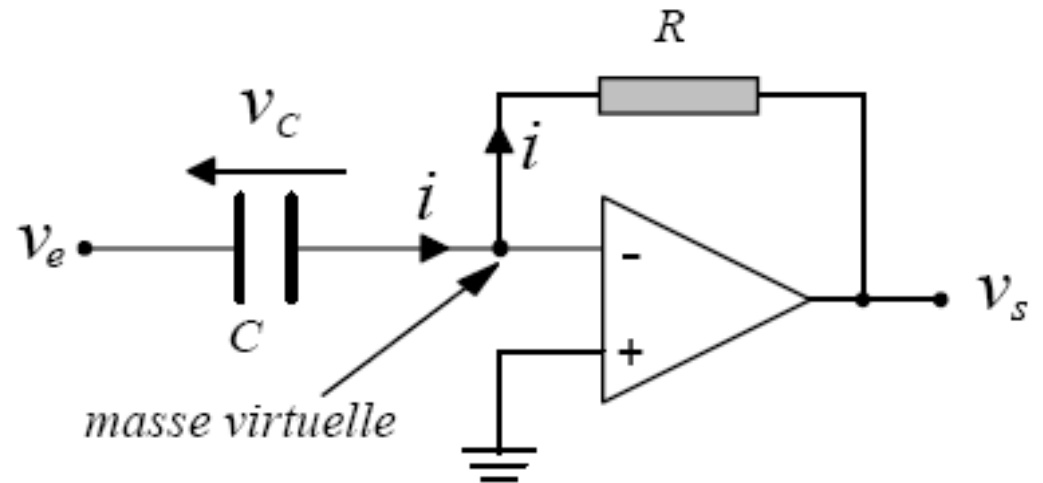


(a)



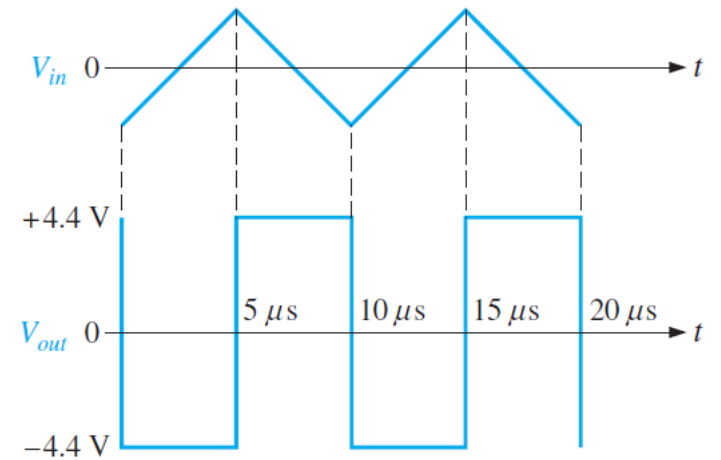
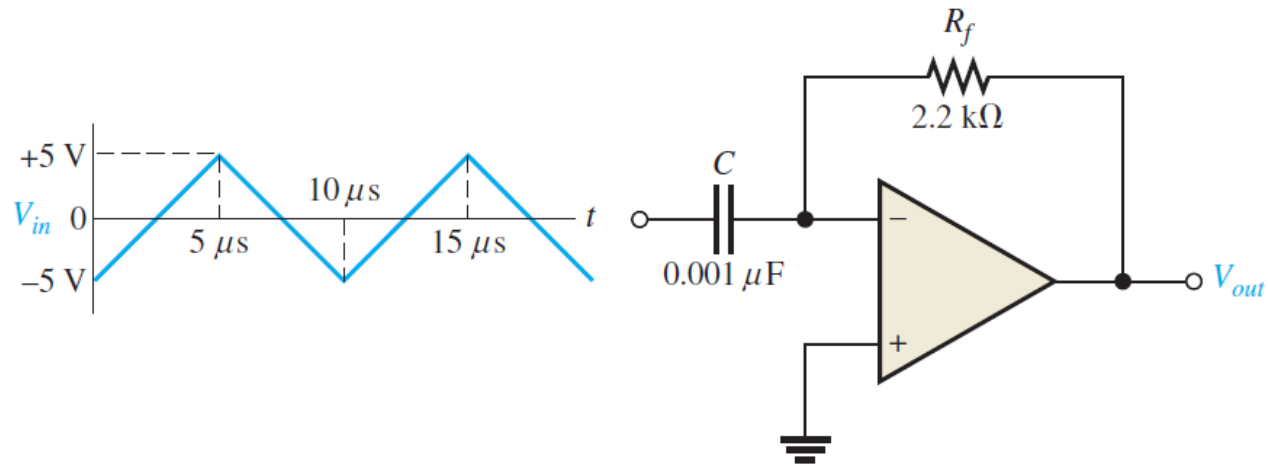
(b)

Montage dérivateur



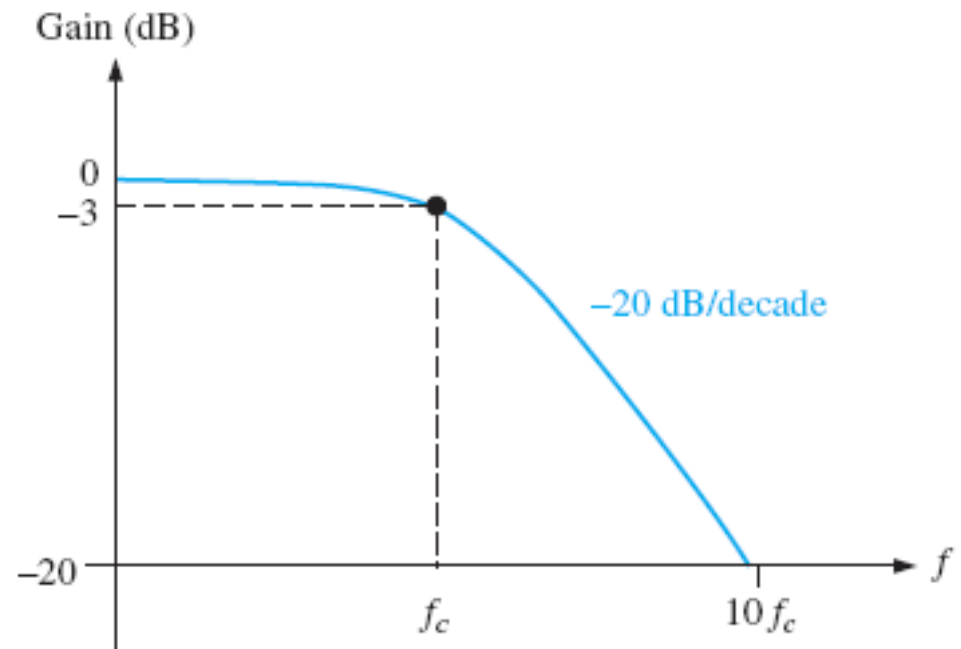
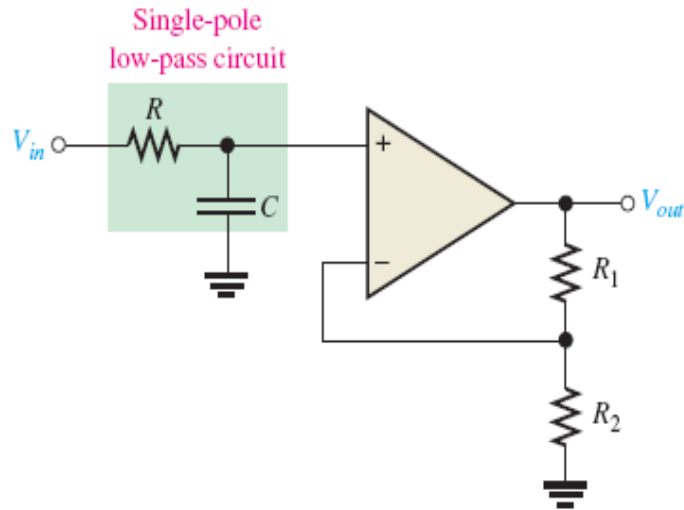
$$v_s = -RC \frac{dv_e}{dt}$$

Exemple dérivateur

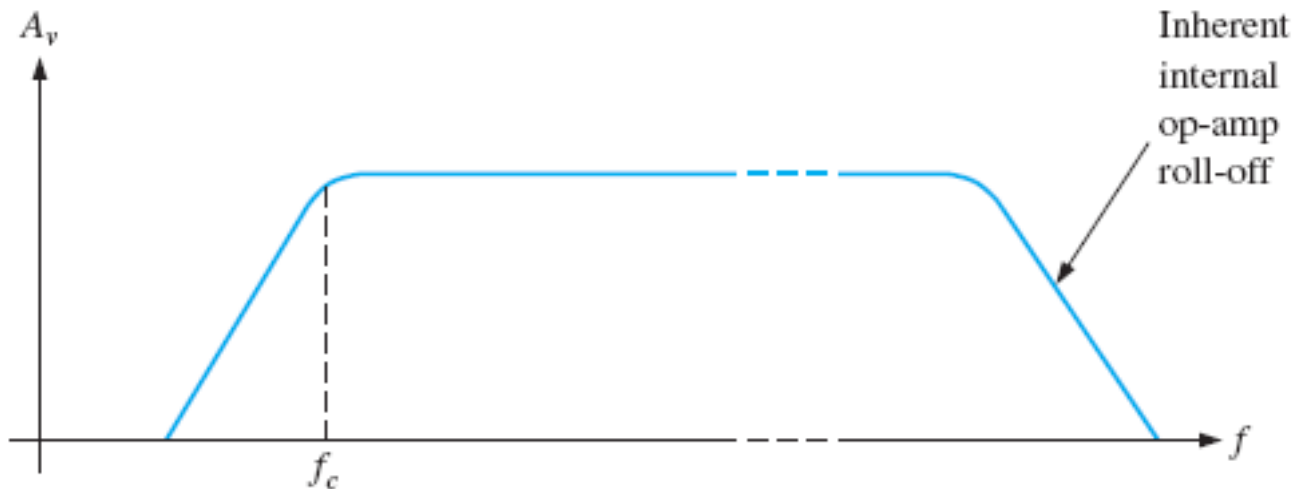
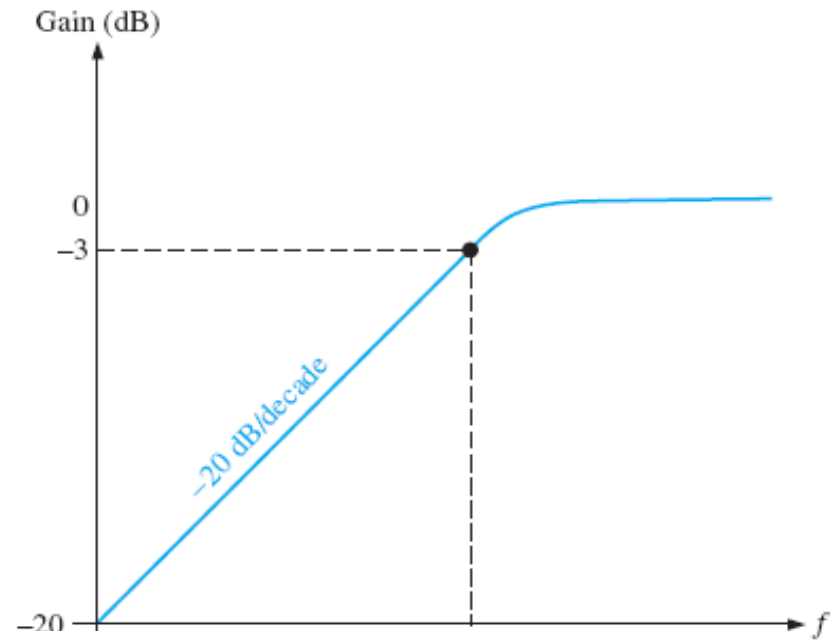
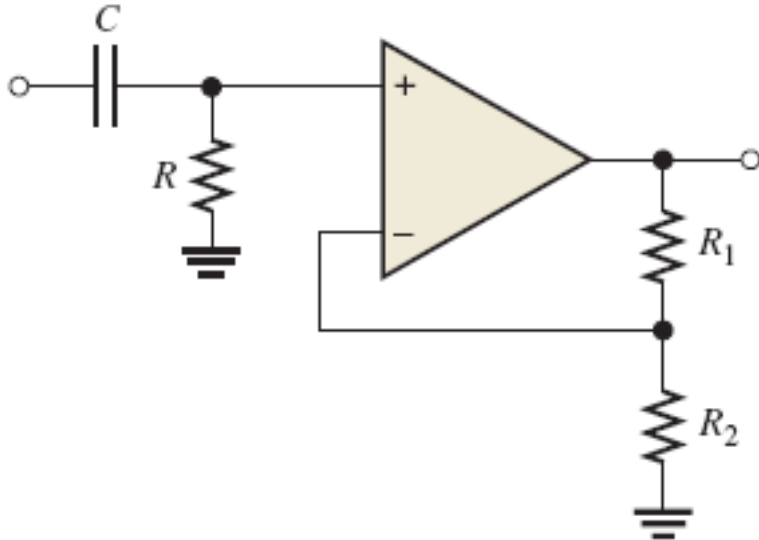


Filtre Passe-bas à base d'Ampli OP

$$A_{cl(NI)} = \frac{R_1}{R_2} + 1$$

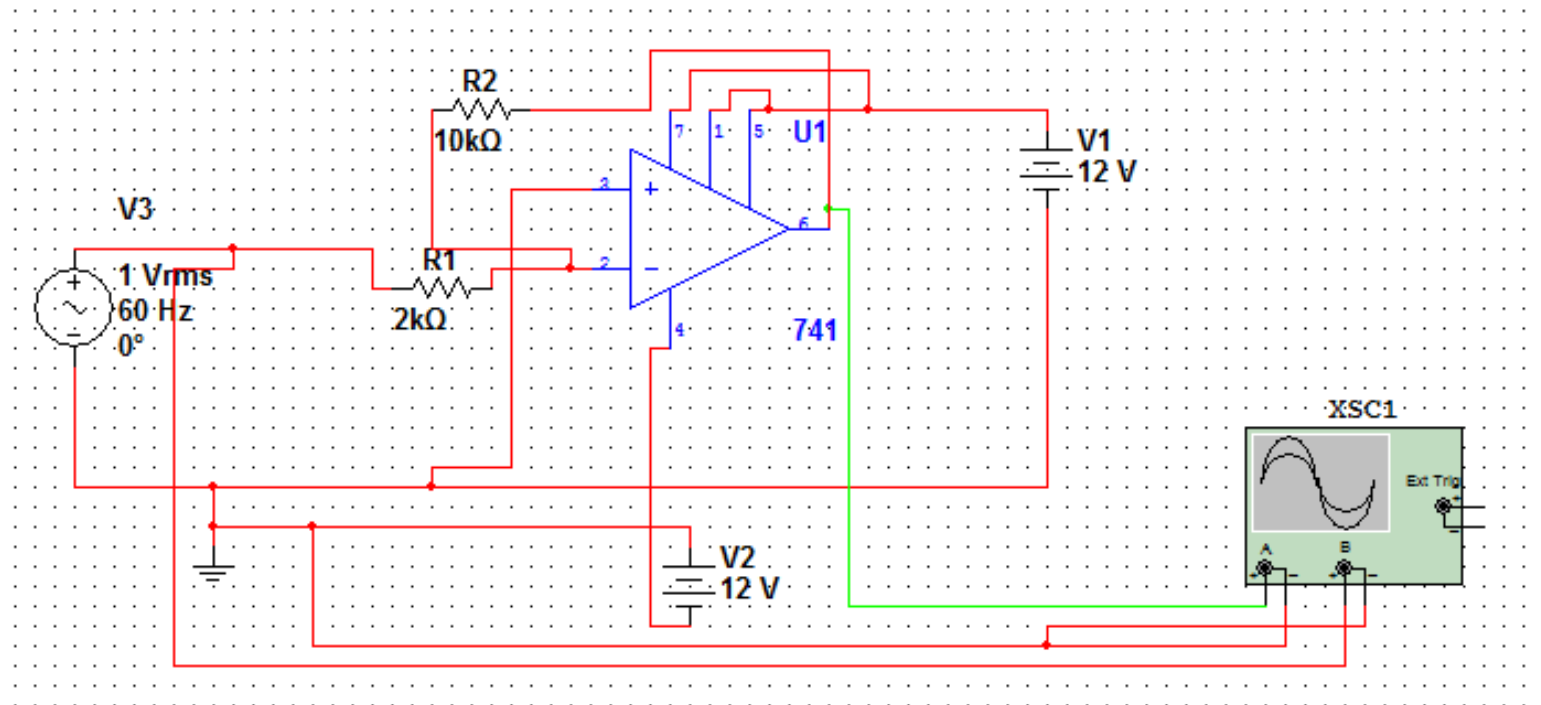


Filtre Passe-haut à base d'Ampli OP



Exercices de simulation

Amplificateur inverseur



Filtre Passe-bas RC

