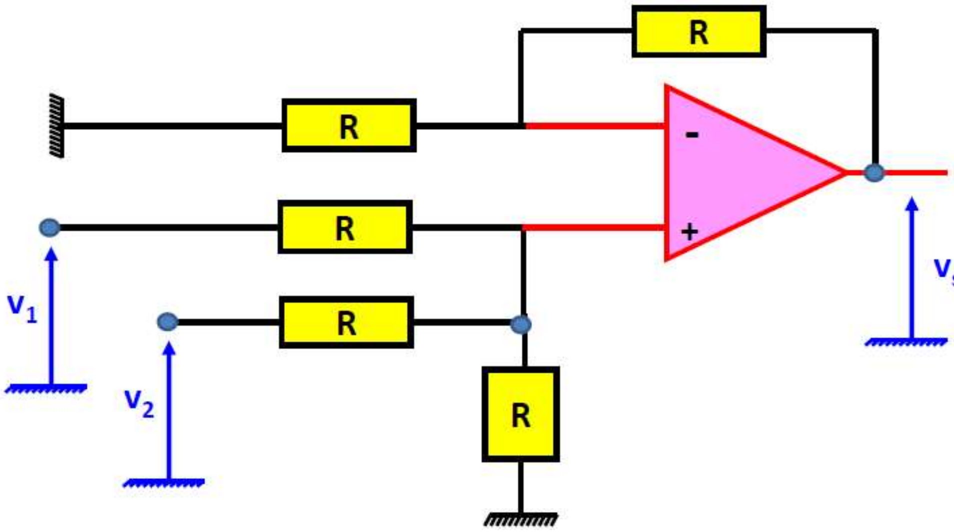
Travaux dirigés

Exercice 1 :



1/ Exprimons Vs en fonction de V_1 et V_2 :
On a :

$$AOI \Rightarrow I^+ = I^- = 0$$

$$Contre\ récation \Rightarrow \varepsilon = 0 \Leftrightarrow e^+ = e^-$$

Cherchons les expressions de e+ et e- :

$$e^- = \frac{\frac{0}{R} + \frac{V_S}{R}}{1/R + 1/R} = \frac{V_S}{2}$$

$$et \quad e^+ = \frac{\frac{V_1}{R} + \frac{V_2}{R} + \frac{0}{R}}{1/R + 1/R + 1/R} = \frac{V_1 + V_2}{3}$$

$$Hypot : CR \Rightarrow \varepsilon = 0 \Leftrightarrow e^+ = e^-$$

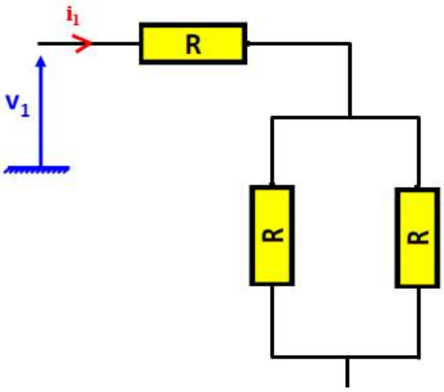
$$\Rightarrow \frac{V_S}{2} = \frac{V_1 + V_2}{3}$$

$$ce\ qui\ donne\ V_S = \frac{2}{3}(V_1 + V_2)$$

⇨ Montage sommateur atténuateur non inverseur.

2/ L'impédance d'entrée :

$$Z_{E1} = \left(\frac{V_1}{i_1}\right)_{V2=0}$$



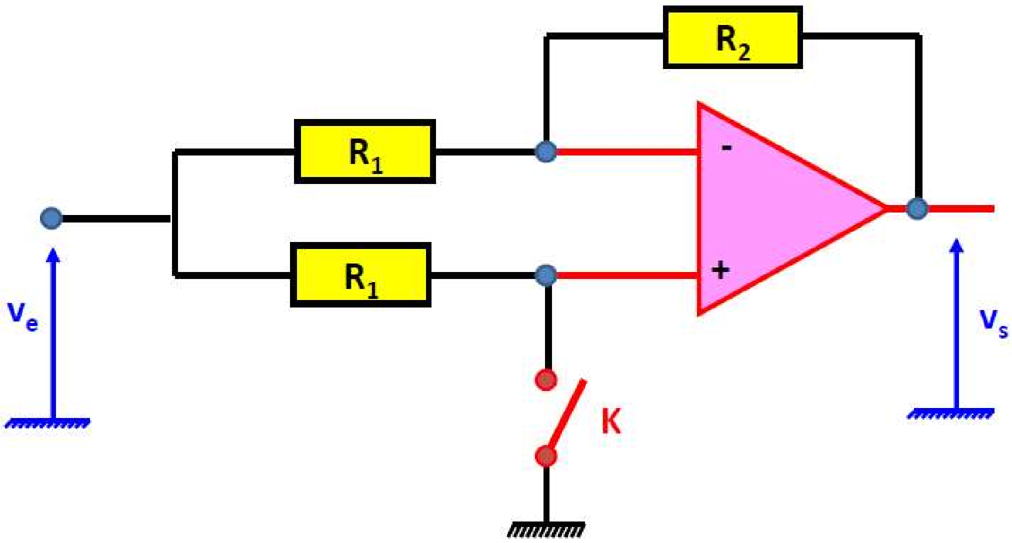
$$Z_{E1}=R+\left(\frac{R\times R}{R+R}\right)=\frac{3}{2}R$$

De même,

$$Z_{E2}=\left(\frac{V_2}{i_2}\right)_{V1=0}$$

$$Z_{E2}=R+\left(\frac{R\times R}{R+R}\right)=\frac{3}{2}R$$

Exercice 2 :



1/ Expression de Vs en fonction de Ve

a/ L'interrupteur K ouvert :

$AOI \quad \Rightarrow \quad I^{+}=I^{-}=0$

$Contre\ récation \quad \Rightarrow \quad \varepsilon=0 \Leftrightarrow e^{+}=e^{-}$

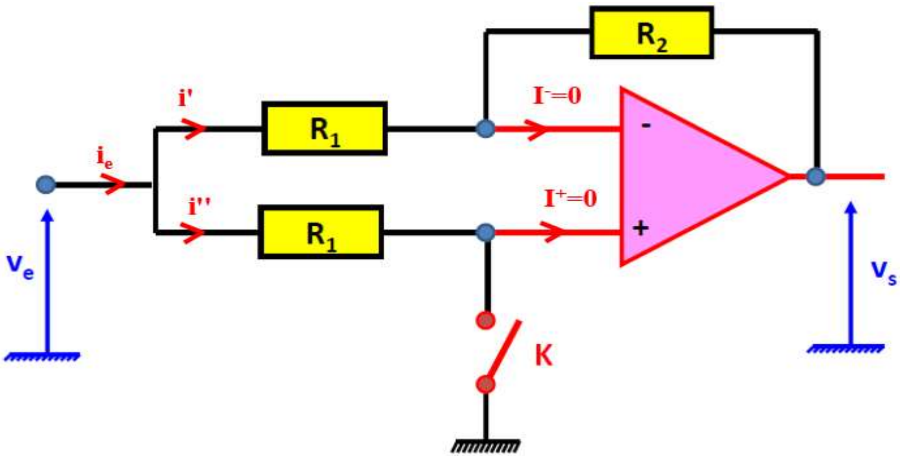
$$\begin{cases} e^+ = V_e \\ e^- = \dfrac{V_e/R_1 + V_s/R_2}{1/R_1 + 1/R_2} = \dfrac{R_2V_e + R_1V_S}{R_1 + R_2} \end{cases}$$

$$e^+ = e^- \Rightarrow V_e = \frac{R_2V_e + R_1V_S}{R_1 + R_2}$$

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

$$\Rightarrow V_S = V_e$$

L'impédance d'entrée:



$$\begin{cases} Z_e = \left(\dfrac{V_e}{i_e}\right) = \dfrac{V_e}{0} = \infty \\ e+ = V_e \quad car \quad i'' = I^+ = 0 \end{cases}$$

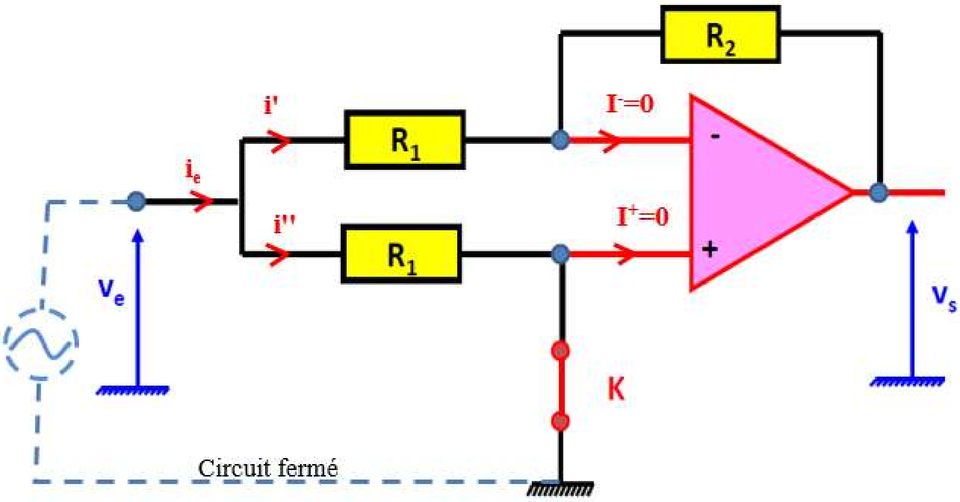
<u>b/ L'interrupteur K fermé :</u>

$$\begin{cases} e^+ = 0 \\ e^- = \dfrac{R_2V_e + R_1V_S}{R_1 + R_2} \end{cases}$$

$$e^+ = e^- \Rightarrow 0 = \frac{R_2V_e + R_1V_S}{R_1 + R_2}$$

$$\Rightarrow V_S = -\frac{R_2}{R_1}V_e$$

L’impédance d’entrée :



$$e^+ = 0 = e^-$$

$$V_e = R_1 i''$$

$$V_e = R_1 i'$$

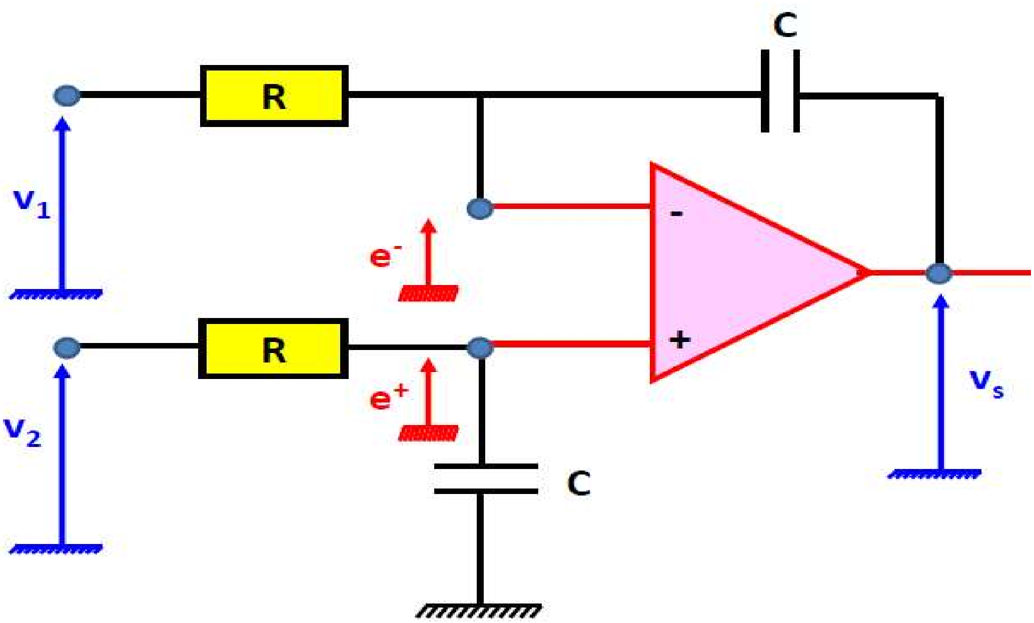
$$i_e = i' + i''$$

$$i_e = \frac{V_e}{R_1} + \frac{V_e}{R_1} = 2\frac{V_e}{R_1}$$

$$\Rightarrow Z_e = \left(\frac{V_e}{i_e}\right) = \frac{R_1}{2}$$

Exercice 3 :

L’expression de Vs en fonction de V1 et V2 :



Hypothèse :

$$AOI \quad \Rightarrow \quad I^+ = I^- = 0$$

$$Contre\ r\acute{e}cation \quad \Rightarrow \quad \varepsilon = 0 \Leftrightarrow e^+ = e^-$$

Cherchons les expressions de e+ et e- :

$$e^- = \frac{\dfrac{\underline{V}_1}{\underline{Z}_R} + \dfrac{\underline{V}_S}{\underline{Z}_C}}{\dfrac{1}{\underline{Z}_R} + \dfrac{1}{\underline{Z}_C}} = \frac{\underline{V}_1 \underline{Y}_R + \underline{V}_S \underline{Y}_C}{\underline{Y}_R + \underline{Y}_C}$$

$$\underline{Z}_R = R \quad , \quad \underline{Z}_C = \frac{1}{jc\omega} \quad , \quad \underline{Y}_R = \frac{1}{R} \quad et \quad \underline{Y}_C = jc\omega$$

$$e^- = \frac{\dfrac{\underline{V}_1}{R} + \underline{V}_S jc\omega}{\dfrac{1}{R} + jc\omega}$$

$$\Rightarrow e^- = \frac{\underline{V}_1 + \underline{V}_S Rjc\omega}{1 + Rjc\omega}$$

$$e^+ = \underline{V}_2 \frac{\underline{Z}_C}{\underline{Z}_C + \underline{Z}_R}$$

$$\Rightarrow e^+ = \underline{V}_2 \frac{1}{1 + \underline{Y}_C \underline{Z}_R}$$

$$\Rightarrow e^+ = \underline{V}_2 \frac{1}{1 + jRc\omega}$$

$on\ a:$

$$Contre\ r\acute{e}cation \quad \Rightarrow \quad \varepsilon = 0 \Leftrightarrow e^+ = e^-$$

Donc,

$$e^+ = e^- \quad \Leftrightarrow \underline{V}_2 \frac{1}{1 + jRc\omega} = \frac{\underline{V}_1 + \underline{V}_S jRc\omega}{1 + jRc\omega}$$

$$\Rightarrow \underline{V}_2 = \underline{V}_1 + \underline{V}_S jRc\omega$$

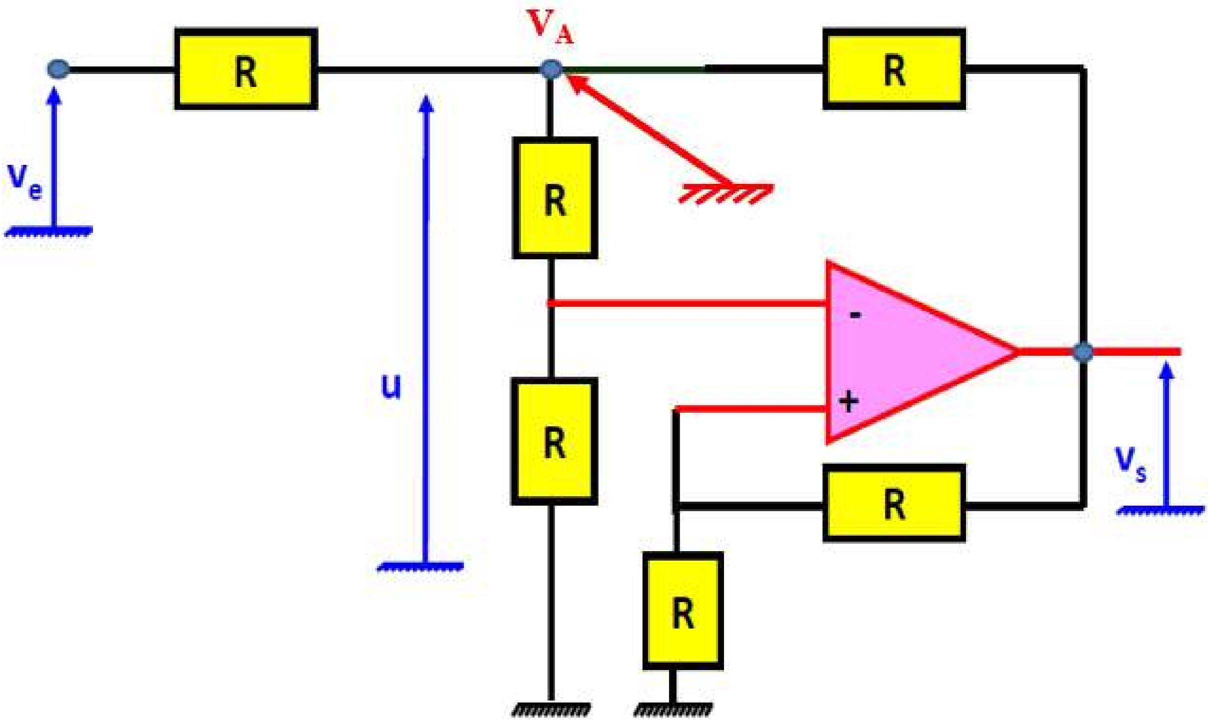
$$\Rightarrow \underline{V}_S = \frac{1}{jRc\omega}\left(\underline{V}_2 - \underline{V}_1\right)$$

$$\Rightarrow \underline{V}_S = \frac{1}{RC}\left(\frac{\underline{V}_2 - \underline{V}_1}{j\omega}\right)$$

$$\Rightarrow \underline{V}_S = \frac{1}{RC}\int \left[V_2(t) - V_1(t)\right] dt$$

⇨ Montage intégrateur différentiel non inverseur.

Exercice 4 :



1/ Calculons la tension U en fonction de Ve et Vs :

Théorème de Millman en A, on trouve :

$$U = V_A = \frac{\frac{V_e}{R} + \frac{V_S}{R} + \frac{0}{2R}}{\frac{1}{R} + \frac{1}{R} + \frac{0}{2R}}$$

$$V_A = \frac{2}{5}(V_e + V_S)$$

2/ L'expression de Vs en fonction de Ve :

$$\begin{cases} e^+ = \frac{1}{2}V_S \\ e^- = \frac{1}{2}V_A \end{cases}$$

$$e^+ = e^- \Rightarrow \frac{1}{2}V_S = \frac{1}{2}V_A \quad \Rightarrow V_S = V_A$$

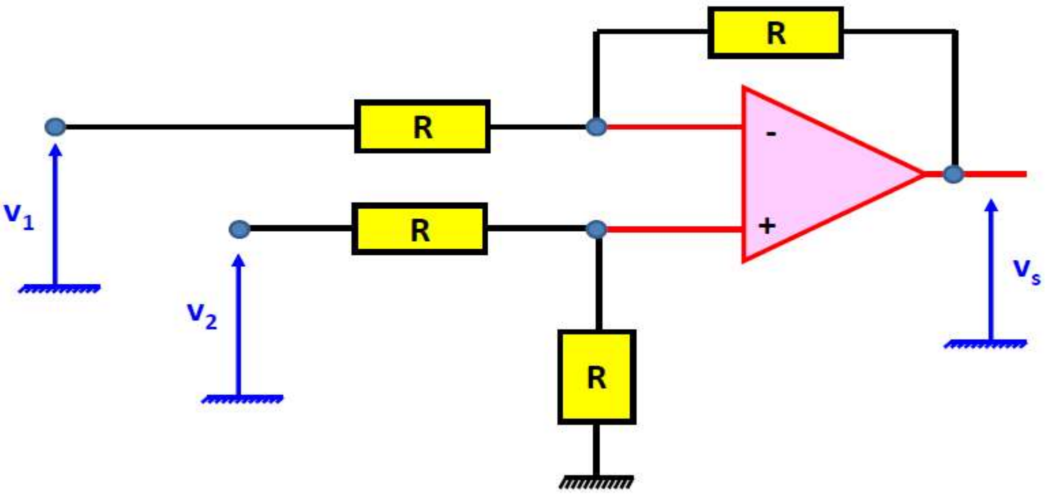
$$\Rightarrow V_S = \frac{2}{5}(V_e + V_S)$$

$$\Rightarrow V_S = \frac{2}{3}V_e$$

⇨ Diviseur de la tension.

Exercice 5 :

L'expression de Vs en fonction de V_1 et V_2 :



Hypothèse : $\begin{array}{l} AOI \quad \Rightarrow \quad I^+ = I^- = 0 \\ Contre\ récation \quad \Rightarrow \quad \varepsilon = 0 \Leftrightarrow e^+ = e^- \end{array}$

Trouvons les expressions de e+ et e- :

$$e^- = \frac{\frac{V_1}{R} + \frac{V_S}{R}}{1/R + 1/R} = \frac{V_1 + V_S}{2}$$

$$et \quad e^+ = \frac{\frac{V_2}{R} + \frac{0}{R}}{1/R + 1/R} = \frac{V_2}{2}$$

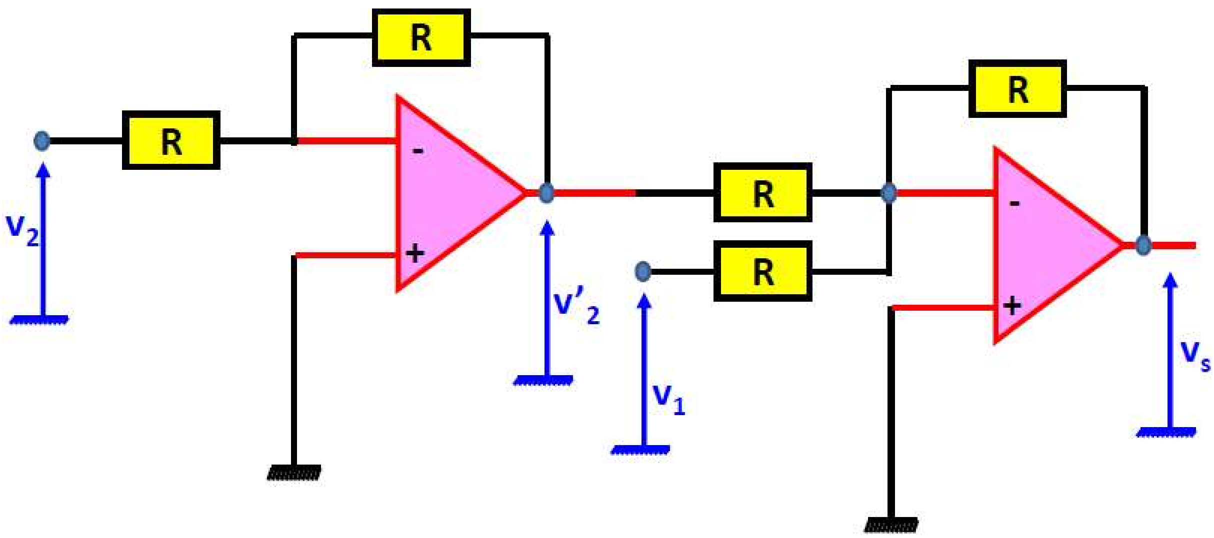
$$on\ a : CR \quad \Rightarrow \quad \varepsilon = 0 \Leftrightarrow e^+ = e^-$$

$$\Rightarrow \frac{V_2}{2} = \frac{V_1 + V_S}{2}$$

$$\Rightarrow V_S = V_2 - V_1$$

⇨ Montage soustracteur.

Exercice 6 :



L'expression de Vs en fonction de V_1 et V_2 :

$AOI \quad \Rightarrow \quad I^+ = I^- = 0$

$Contre\ récation \quad \Rightarrow \quad \varepsilon = 0 \Leftrightarrow e^+ = e^-$

<u>i/ A-op Gauche :</u>

$$e^- = \frac{\frac{V_2}{R} + \frac{V_2'}{R}}{1/R + 1/R} = \frac{V_2 + V_2'}{2}$$

$et \quad e^+ = 0$

$$\Rightarrow e^+ = e^- \Leftrightarrow 0 = \frac{V_2 + V_2'}{2}$$

$\Rightarrow V_2' = -V_2$

⇨ Montage inverseur.

<u>ii/ A-op Droite :</u>

$$e^- = \frac{\frac{V_1}{R} + \frac{V_2'}{R} + \frac{V_S}{R}}{1/R + 1/R + 1/R} = \frac{V_1 + V_S + V_2'}{3}$$

$et \quad e^+ = 0$

$$\Rightarrow e^+ = e^- \Leftrightarrow 0 = \frac{V_1 + V_S + V_2'}{3}$$

$\Rightarrow V_S = -(V_1 + V_2')$

⇨ Montage sommateur inverseur.

D'après i/ et ii/, on trouve :

$V_2' = -V_2 \quad et \quad V_S = -(V_1 + V_2')$

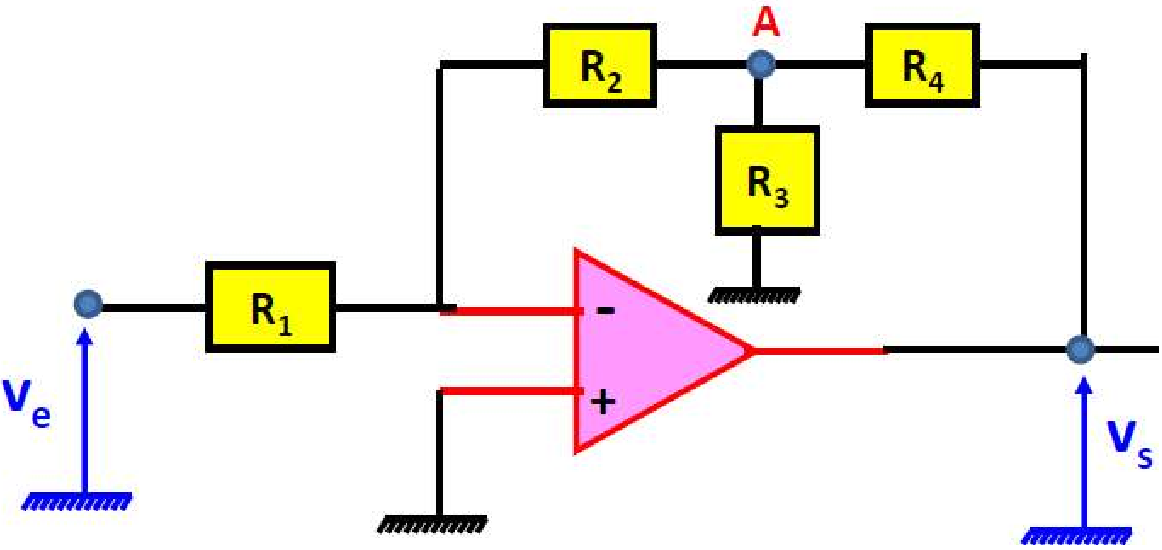
$\Rightarrow V_S = -(V_1 - V_2)$

$\Rightarrow V_S = V_2 - V_1$

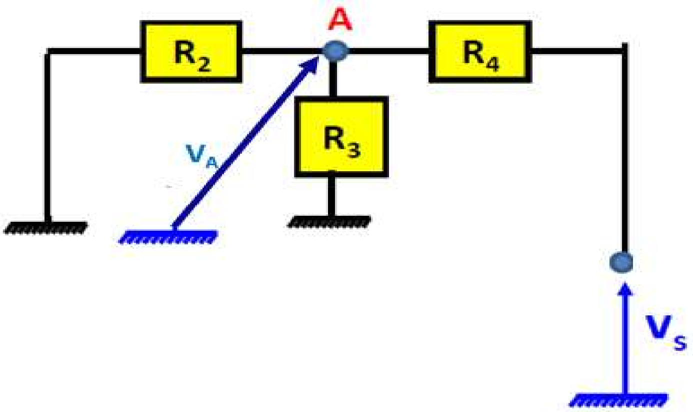
⇨ Montage soustracteur.

Exercice 7 :

Expression de Vs en fonction de Ve :



Trouvons la tension V_A :



$$V_A = \frac{\frac{0}{R_2} + \frac{0}{R_3} + \frac{V_S}{R_4}}{\frac{1}{R_2} + \frac{1}{R_3} + \frac{1}{R_4}} = R_2 R_3 \frac{V_S}{R_2 R_3 + R_4 R_3 + R_2 R_4}$$

On a :

$$AOI \quad \Rightarrow \quad I^+ = I^- = 0$$

$$\textit{Contre récation} \quad \Rightarrow \quad \varepsilon = 0 \Leftrightarrow e^+ = e^-$$

Cherchons les expressions de e+ et e- :

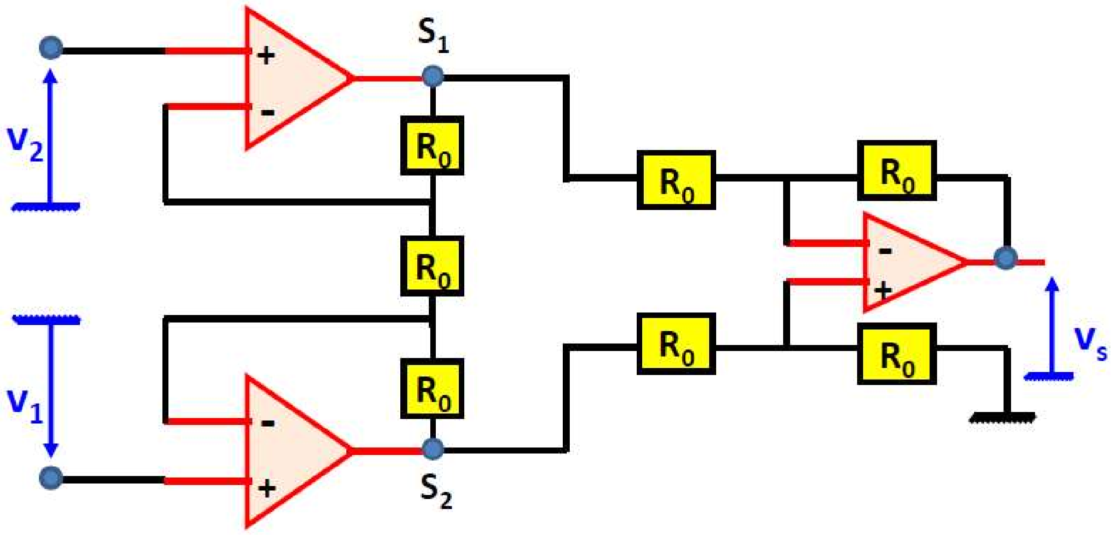
$$e^+ = 0 \quad et \quad e^- = \frac{\frac{V_e}{R_1} + \frac{V_A}{R_2}}{\frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2}}$$

$$e^+ = e^- \Rightarrow \frac{V_e}{R_1} + \frac{V_A}{R_2} = 0 \Rightarrow V_A = -\frac{R_2}{R_1} V_e$$

$$\Rightarrow V_A = -\frac{R_2}{R_1}V_e = R_2 R_3 \frac{V_S}{R_2 R_3 + R_4 R_3 + R_2 R_4}$$

$$Donc: \; V_S = -\frac{R_2 R_3 + R_4 R_3 + R_2 R_4}{R_1 R_3} V_e$$

Exercice 8 :



Expression de Vs en fonction de V_1 et V_2 :
On a :

$$AOI \quad \Rightarrow \quad I^+ = I^- = 0$$

$$Contre\ récation \quad \Rightarrow \quad \varepsilon = 0 \Leftrightarrow e^+ = e^-$$

<u>Cherchons l'expression de V_{S1} :</u>

$$e^+ = V_2 \quad et \quad e^- = \frac{\frac{V_1}{R_0} + \frac{V_{S1}}{R_0}}{\frac{1}{R_0} + \frac{1}{R_0}} = \frac{V_1 + V_{S1}}{2}$$

$$\Rightarrow e^+ = e^- \quad \Rightarrow V_{S1} = 2V_2 - V_1$$

<u>L'expression de V_{S2} :</u>

$$e^+ = V_1 \quad et \quad e^- = \frac{\frac{V_2}{R_0} + \frac{V_{S2}}{R_0}}{\frac{1}{R_0} + \frac{1}{R_0}} = \frac{V_2 + V_{S2}}{2}$$

$$\Rightarrow e^+ = e^- \quad \Rightarrow V_{S2} = 2V_1 - V_2$$

L'expression de V_S :

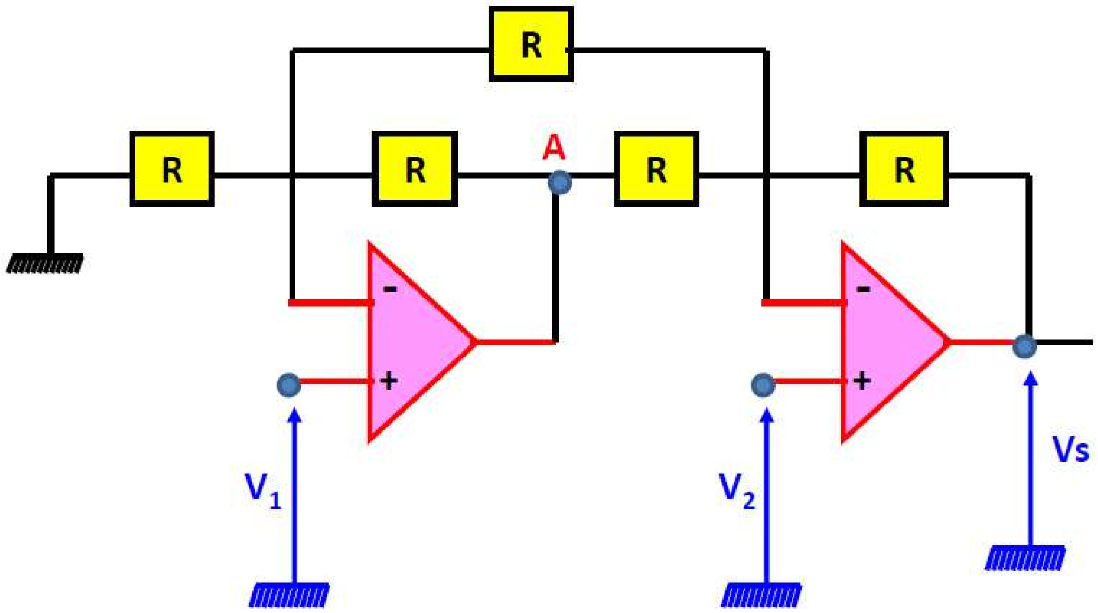
$$e^+ = \frac{\frac{0}{R_0}+\frac{V_{S2}}{R_0}}{\frac{1}{R_0}+\frac{1}{R_0}} = \frac{V_{S2}}{2} \quad et \quad e^- = \frac{\frac{V_S}{R_0}+\frac{V_{S1}}{R_0}}{\frac{1}{R_0}+\frac{1}{R_0}} = \frac{V_S+V_{S1}}{2}$$

$$\Rightarrow e^+ = e^- \quad \Rightarrow \frac{V_{S2}}{2} = \frac{V_S+V_{S1}}{2}$$

$$\Rightarrow V_S = V_{S2} - V_{S1} = (2V_1 - V_2) - (2V_2 - V_1)$$

$$Donc: \quad V_S = 3V_1 - 3V_2$$

Exercice 9 :



On a :

$$AOI \quad \Rightarrow \quad I^+ = I^- = 0$$

$$Contre\ récation \quad \Rightarrow \quad \varepsilon = 0 \Leftrightarrow e^+ = e^-$$

Cherchons V_A ?

Millman en A, on trouve :

$$V_A = \frac{\frac{e_G^-}{R}+\frac{e_D^-}{R}}{\frac{1}{R}+\frac{1}{R}}, avec: e_G^- = V_1 \quad car \quad e_G^- = e_G^+ = V_1$$

$$et \quad e_D^- = V_2 \quad car \quad e_D^- = e_D^+ = V_2$$

$$V_A = \frac{\frac{V_1}{R}+\frac{V_2}{R}}{\frac{1}{R}+\frac{1}{R}} = \frac{V_1+V_2}{2} \qquad (A)$$

Les expressions de V_1 et V_2 :

$$V_1 = e_G^- = e_G^+ = \frac{\frac{0}{R}+\frac{V_A}{R}+\frac{V_2}{R}}{\frac{1}{R}+\frac{1}{R}+\frac{1}{R}} = \frac{V_A+V_2}{3}$$

$$et \quad V_2 = e_D^- = e_D^+ = \frac{\frac{V_S}{R}+\frac{V_A}{R}+\frac{V_1}{R}}{\frac{1}{R}+\frac{1}{R}+\frac{1}{R}} = \frac{V_S+V_A+V_1}{3} \qquad (B)$$

En utilisant le résultat (A) avec (B), on obtient :

$$\Rightarrow V_S = 3V_2 - V_A - V_1$$

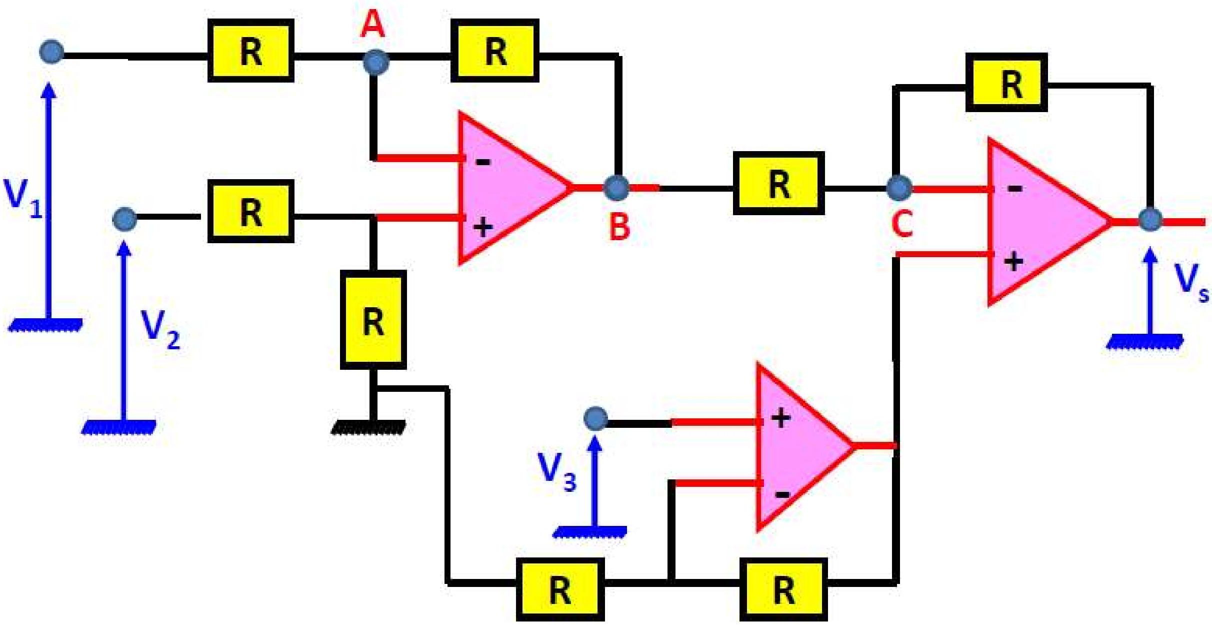
$$\Rightarrow V_S = 3V_2 - \frac{V_1+V_2}{2} - V_1$$

$$\Rightarrow V_S = \frac{5V_2 - 3V_1}{2}$$

$$\Rightarrow V_S = \frac{5}{2}V_2 - \frac{3}{2}V_1$$

Exercice 10 :

L'expression de Vs en fonction de V_1, V_2 et V_3 :



Pour les trois Ampli-op, on a :

$$AOI \quad \Rightarrow \quad I^+ = I^- = 0$$

$$Contre\ récation \quad \Rightarrow \quad \varepsilon = 0 \Leftrightarrow e^+ = e^-$$

<u>Cherchons l'expression de V_B :</u>

$$e^- = \frac{\frac{V_B}{R}+\frac{V_1}{R}}{\frac{1}{R}+\frac{1}{R}} = \frac{V_B+V_1}{2} \quad et \quad e^+ = \frac{\frac{V_2}{R}+\frac{0}{R}}{\frac{1}{R}+\frac{1}{R}} = \frac{V_2}{2}$$

$$\Rightarrow e^+ = e^- \quad \Rightarrow V_B = V_2 - V_1$$

Cherchons l'expression de V_C :

$$e^- = \frac{\frac{0}{R}+\frac{V_C}{R}}{\frac{1}{R}+\frac{1}{R}} = \frac{V_C}{2} \quad et \quad e^+ = V_3$$

$$\Rightarrow e^+ = e^- \quad \Rightarrow V_C = 2V_3$$

L'expression de V_S :

$$e^+ = V_C$$

$$et \quad e^- = \frac{\frac{V_B}{R}+\frac{V_S}{R}}{\frac{1}{R}+\frac{1}{R}} = \frac{V_B+V_S}{2}$$

$$\Rightarrow e^+ = e^- \quad \Rightarrow V_C = \frac{V_B+V_S}{2}$$

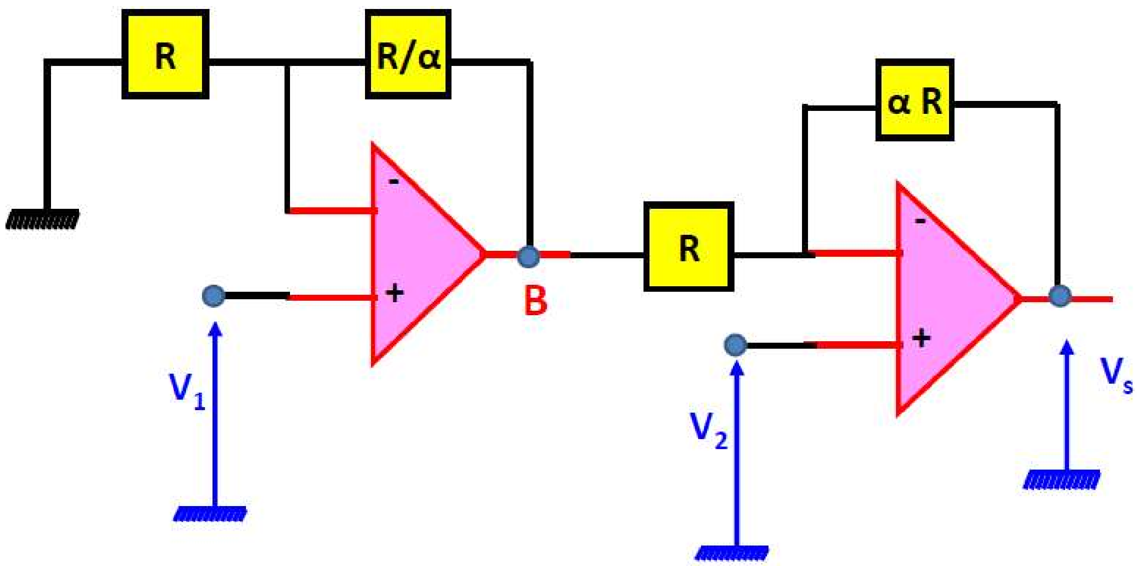
$$\Rightarrow \quad V_S = 2V_C - V_B$$

$$\Rightarrow \quad V_S = 2(2V_3) - (V_2 - V_1)$$

$$\Rightarrow \quad V_S = 4V_3 - V_2 + V_1$$

⇨ Somme algébrique pondérée.

Exercice 11 :



Calculons Vs en fonction de V_1 et V_2 :

On a :

$$AOI \quad \Rightarrow \quad I^+ = I^- = 0$$

$$\textit{Contre récation} \quad \Rightarrow \quad \varepsilon = 0 \Leftrightarrow e^+ = e^-$$

$$e_G^+ = V_1$$

$$e_G^- = \frac{\frac{0}{R} + \frac{\alpha V_B}{R}}{\frac{1}{R} + \frac{\alpha}{R}} = \frac{\alpha V_B}{1+\alpha}$$

$$\Rightarrow V_1 = \frac{\alpha V_B}{1+\alpha} \quad \Rightarrow \quad V_B = \left(\frac{1+\alpha}{\alpha}\right) V_1$$

$$e_D^+ = V_2$$

$$e_D^- = \frac{\frac{V_B}{R} + \frac{V_S}{\alpha R}}{\frac{1}{R} + \frac{1}{\alpha R}} = \frac{\alpha V_B + V_S}{1+\alpha}$$

$$e_D^+ = e_D^- \quad \Rightarrow \quad V_2 = \frac{\alpha V_B + V_S}{1+\alpha} = \frac{\alpha V_B}{1+\alpha} + \frac{V_S}{1+\alpha} \qquad (A)$$

On remplace l'expression de V_B dans (A) :

$$V_2 = \frac{\alpha}{1+\alpha}\left(\frac{1+\alpha}{\alpha}\right) V_1 + \frac{V_S}{1+\alpha}$$

$$\Rightarrow V_S = (1+\alpha)(V_2 - V_1)$$