

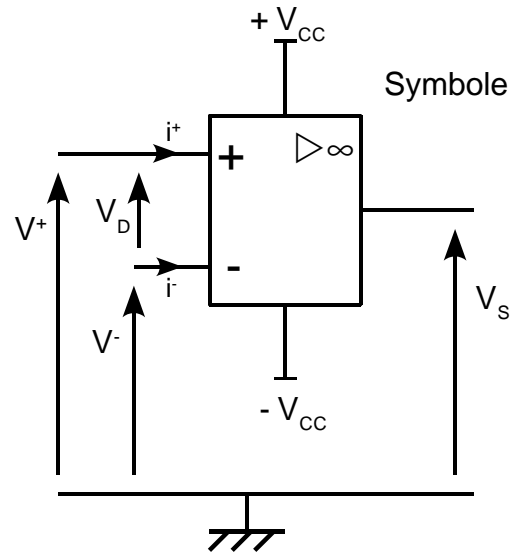
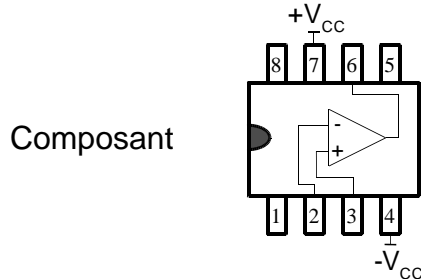
Table des matières

I	Présentation :.....	2
II	Fonctionnement en régime linéaire :.....	3
III	Le montage suiveur :.....	3
III.1	Montage et oscillogrammes:.....	3
III.2	Démonstration :.....	4
IV	Le montage amplificateur inverseur :.....	4
IV.1	Montage et oscillogrammes:.....	4
IV.2	Démonstration :.....	5
V	Le montage amplificateur non - inverseur :.....	5
V.1	Montage :.....	5
V.2	Démonstration :.....	6
VI	Le montage sommateur inverseur :.....	6
VI.1	Montage :.....	6
VI.2	Démonstration :.....	7
VII	Le montage sommateur non - inverseur :.....	7
VII.1	Montage :.....	7
VII.2	Démonstration :.....	8
VIII	Le montage amplificateur de différence ou différentiel :.....	8
VIII.1	Montage :.....	8
VIII.2	Démonstration :.....	9
IX	Le montage dérivateur :.....	9
IX.1	Montage :.....	9
IX.2	Démonstration :.....	10
X	Le montage intégrateur :.....	10
X.1	Montage :.....	10
X.2	Démonstration :.....	10

L'AMPLIFICATEUR INTÉGRÉ LINÉAIRE

I PRÉSENTATION :

L'amplificateur opérationnel est un circuit intégré. Il est composé de différents éléments parmi lesquels des transistors, des diodes ou des résistances. Il possède deux entrées, une sortie et deux bornes nécessaires à son alimentation.



$+V_{CC}$ et $-V_{CC}$ sont les deux tensions d'alimentation de l'AOP.

En général, on ne les représente pas. Les valeurs usuelles sont $+15V$; $-15V$.

On appelle E^+ l'entrée non-inverseuse, E^- l'entrée inverseuse et S la sortie.

On définit la tension différentielle $V_D = V^+ - V^-$ et la tension de sortie $V_S = A_D \cdot V_D$

A_D est l'amplification différentielle propre de l'AOP et est de l'ordre de 10^5 . Cependant, même si A_D est très élevée, la tension de sortie ne peut dépasser $\pm V_{CC}$.

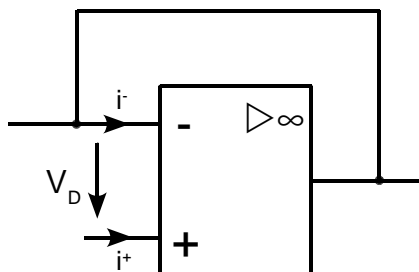
L'impédance d'entrée est très élevée et les courants d'entrée i^+ et i^- sont considérés comme nuls.

L'impédance de sortie est très faible.

II FONCTIONNEMENT EN RÉGIME LINÉAIRE :

Il est possible de réduire l'amplification différentielle afin que le fonctionnement de l'amplificateur opérationnel se situe dans la zone où la tension de sortie est comprise entre les deux tensions d'alimentation, autrement dit que v_d la différence entre les potentiels v^+ et v^- , soit pratiquement nulle.

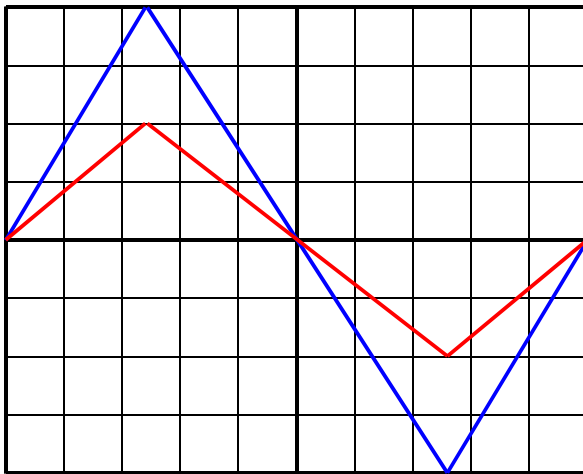
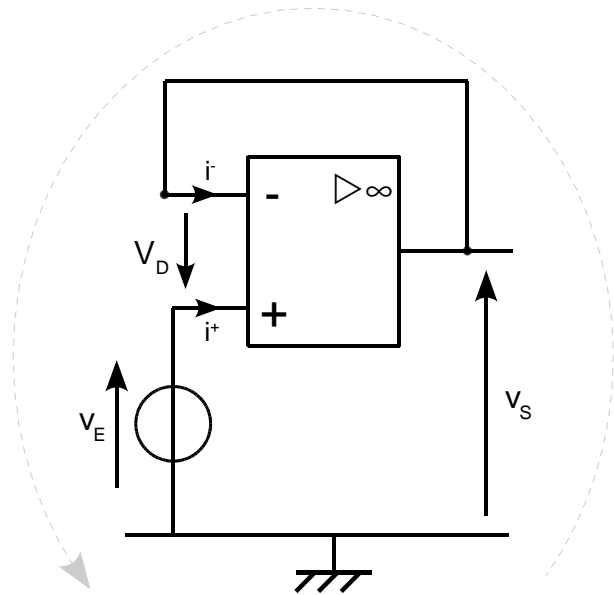
Pour cela il convient de relier la sortie avec l'entrée inverseuse, cette liaison est parfois nommée **contre réaction négative** ou boucle de réaction négative, on réinjecte une partie de la tension de sortie sur l'entrée inverseuse.



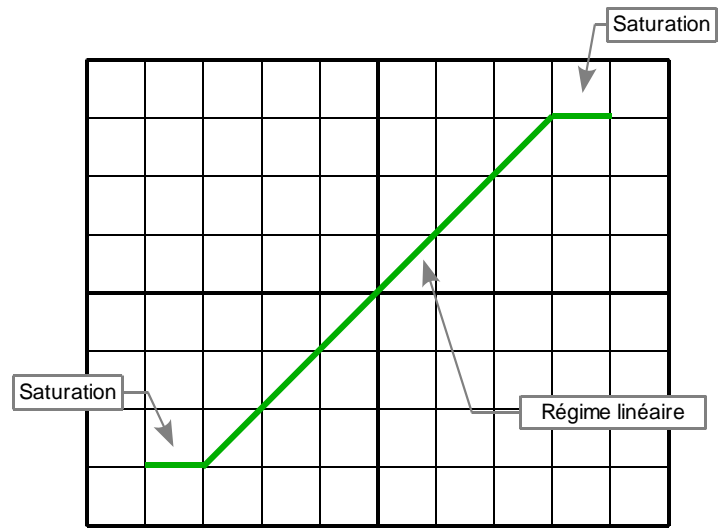
Sans indication contraire, lorsqu'il y a une **contre-réaction négative**, la tension différentielle est toujours nulle ($V_D = 0 \Leftrightarrow V^+ - V^- = 0 \Leftrightarrow V^+ = V^-$) et l'AOP fonctionne en régime linéaire.

III LE MONTAGE SUIVEUR :

III.1 Montage et oscillogrammes:



$V_E(t) ; V_S(t)$ Time : 1 ms/div
 Voie 1 : 0,5 V/div Voie 2 : 1V/div



Mode XY $v_S(v_E)$:
 Voie 1(X) : 5 V/div Voie 2 (Y): 5 V/div

III.2 Démonstration :

Hypothèses simplificatrices :

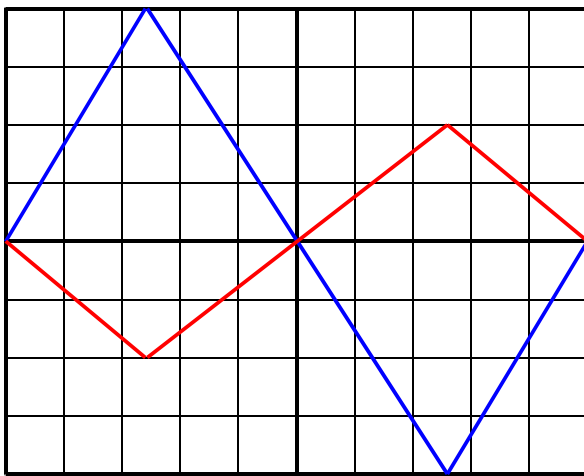
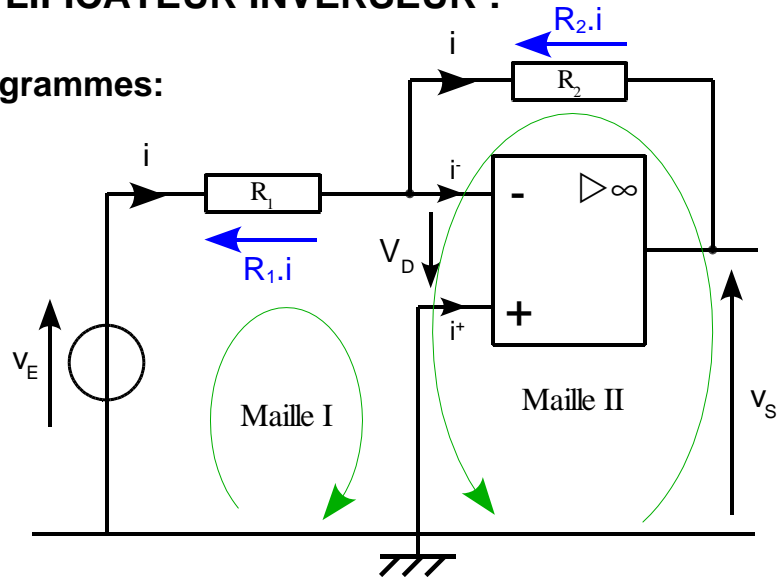
contre-réaction négative → régime linéaire

$$i^+ = i^- = 0 \quad \text{et} \quad V_D = V^+ - V^- = 0 \leftrightarrow V^+ = V^-$$

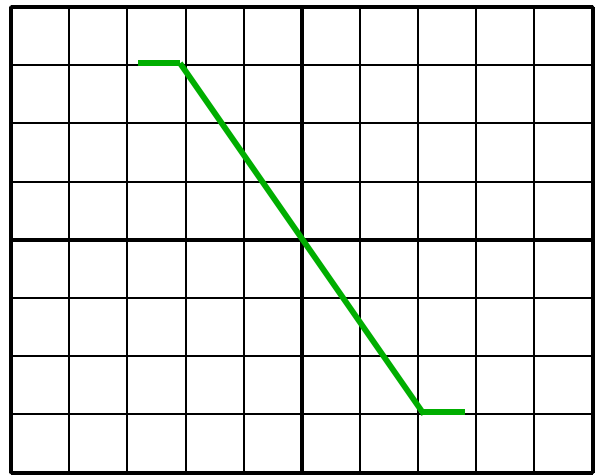
Loi des mailles : $v_S + V_D - v_E = 0$ comme $V_D = 0$ alors $v_S = v_E$

IV LE MONTAGE AMPLIFICATEUR INVERSEUR :

IV.1 Montage et oscillogrammes:



$v_E(t)$; $v_S(t)$ Time : ___ s/div
 Voie 1 : ___ V/div Voie 2 : ___ V/div



Mode XY : $v_S(v_E)$
 Voie 1(X) : ___ V/div Voie 2 (Y): ___ V/div

IV.2 Démonstration :

Hypothèses simplificatrices :

contre-réaction négative → régime linéaire

$$i^+ = i^- = 0 \quad \text{et} \quad V_D = V^+ - V^- = 0 \leftrightarrow V^+ = V^-$$

$$\text{Maille I : } v_E - R_1 \cdot i + V_D = 0 ; V_D = 0 \text{ alors } v_E - R_1 \cdot i = 0 \Rightarrow i = \frac{v_E}{R_1}$$

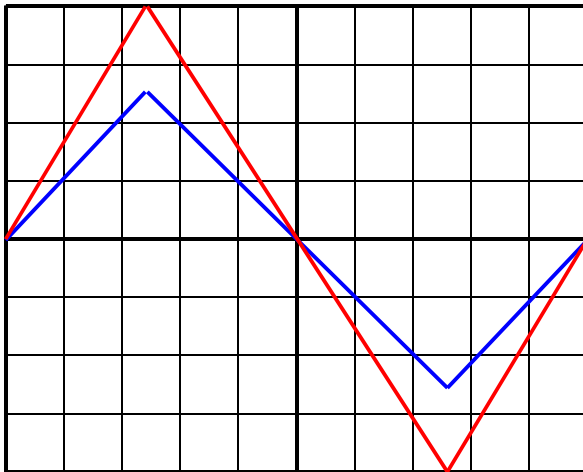
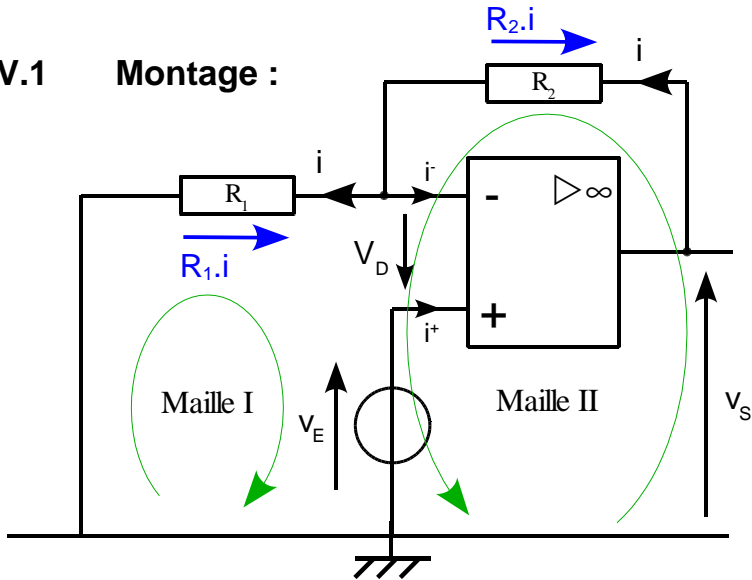
$$\text{Maille II : } v_S + R_2 \cdot i + V_D = 0 ; V_D = 0 \text{ alors } v_S + R_2 \cdot i = 0 \Rightarrow i = - \frac{v_S}{R_2}$$

en égalisant les deux relations précédentes, on obtient

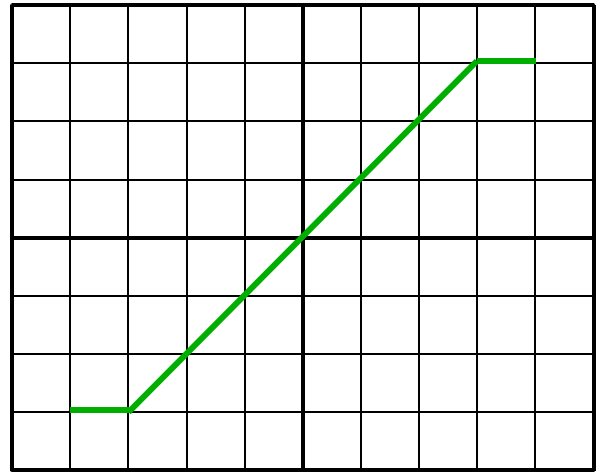
$$v_S = - \frac{R_2}{R_1} \cdot v_E$$

V LE MONTAGE AMPLIFICATEUR NON - INVERSEUR :

V.1 Montage :



$v_E(t) ; v_S(t)$ Time : ___ s/div
 Voie 1 : ___ V/div Voie 2 : ___ V/div



Mode XY : $v_S(v_E)$
 Voie 1(X) : ___ V/div Voie 2 (Y) : ___ V/div

V.2 Démonstration :

Hypothèses simplificatrices :

contre-réaction négative → régime linéaire

$$i^+ = i^- = 0 \quad \text{et} \quad v_D = v^+ - v^- = 0 \leftrightarrow v^+ = v^-$$

$$\text{Maille I : } R_1 \cdot i + v_D - v_E = 0 ; v_D = 0 \text{ alors } R_1 \cdot i - v_E = 0 \Rightarrow i = \frac{v_E}{R_1}$$

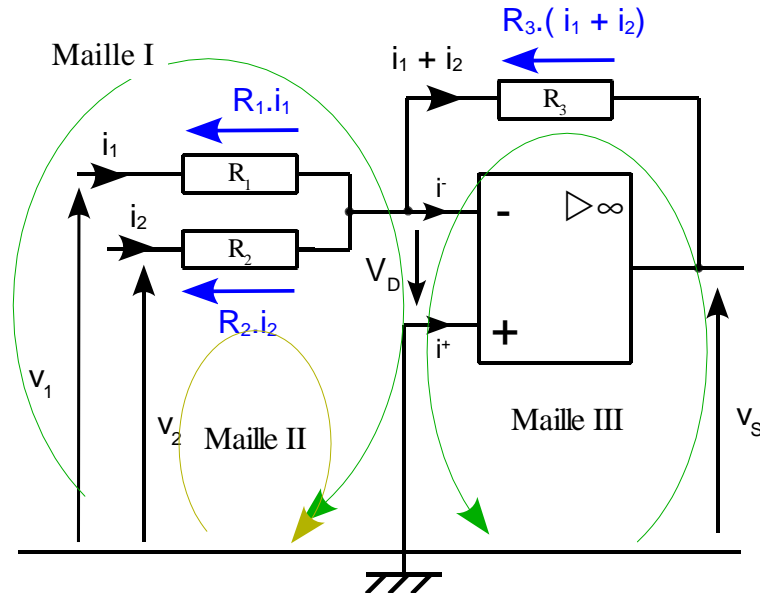
$$\text{Maille II : } v_S - R_2 \cdot i + v_D - v_E = 0 ; v_D = 0 \text{ alors } v_S - v_E - R_2 \cdot i = 0 \Rightarrow i = \frac{v_S - v_E}{R_2}$$

en égalisant les deux relations précédentes, on obtient

$$v_S = \left(1 + \frac{R_2}{R_1} \right) \cdot v_E$$

VI LE MONTAGE SOMMATEUR INVERSEUR :

VI.1 Montage :



VI.2 Démonstration :

Hypothèses simplificatrices :

contre-réaction négative → régime linéaire

$$i^+ = i^- = 0 \quad \text{et} \quad V_D = V^+ - V^- = 0 \leftrightarrow V^+ = V^-$$

$$\text{Maille I : } v_1 - R_1 \cdot i_1 + V_D = 0; V_D = 0 \text{ d'où } i_1 = \frac{v_1}{R_1}$$

$$\text{Maille II : } v_2 - R_2 \cdot i_2 + V_D = 0; V_D = 0 \text{ d'où } i_2 = \frac{v_2}{R_2}$$

$$\text{Maille III : } v_S + R_3 \cdot (i_1 + i_2) + V_D = 0; V_D = 0 \text{ d'où } v_S = -R_3 \cdot (i_1 + i_2)$$

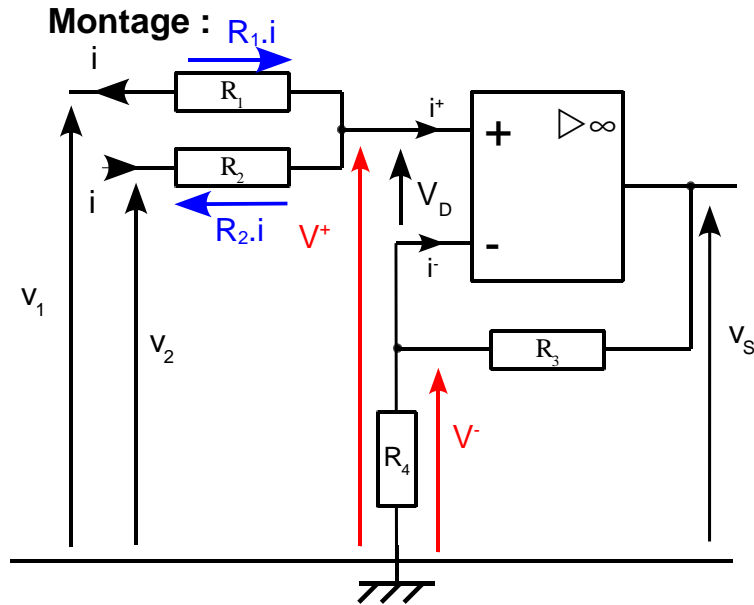
en remplaçant i_1 et i_2 par leurs expressions, on obtient

$$v_S = -R_3 \left(\frac{v_1}{R_1} + \frac{v_2}{R_2} \right)$$

$$\text{Si } R_1 = R_2 = R_3 = R \text{ alors } v_S = - (v_1 + v_2)$$

VII LE MONTAGE SOMMATEUR NON - INVERSEUR :

VII.1



VII.2 Démonstration :

Hypothèses simplificatrices :

contre-réaction négative → régime linéaire

$$i^+ = i^- = 0 \quad \text{et} \quad V_D = V^+ - V^- = 0 \leftrightarrow V^+ = V^-$$

$$\text{Maille I : } v_1 + R_1 \cdot i - V^+ = 0; V_D = 0 \text{ d'où } i = \frac{V^+ - v_1}{R_1}$$

$$\text{Maille II : } v_2 - R_2 \cdot i - V^+ = 0; V_D = 0 \text{ d'où } i = \frac{v_2 - V^+}{R_2}$$

$$\text{En égalisant les deux expressions, on obtient : } V^+ = \frac{R_2 \cdot v_1 + R_1 \cdot v_2}{R_1 + R_2}$$

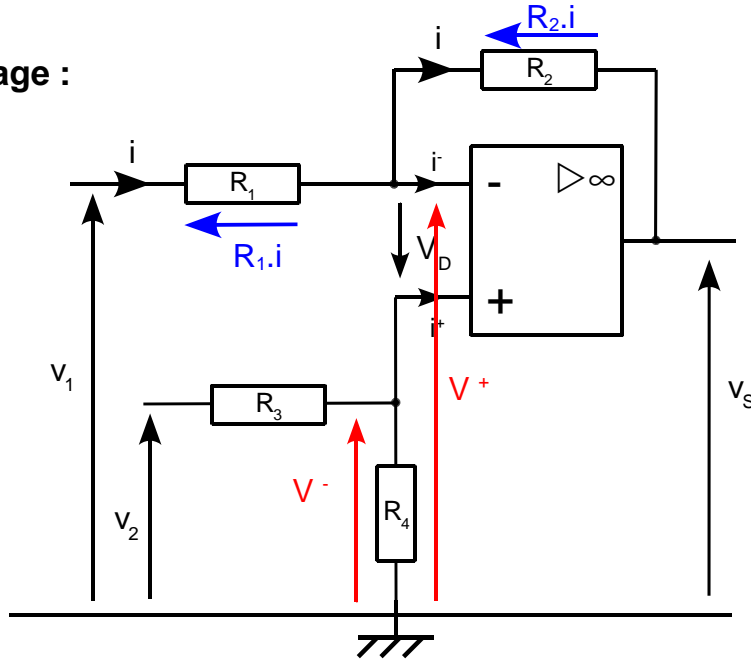
$$\text{En utilisant le diviseur de tensions, } V^- = \frac{R_4}{R_3 + R_4} \cdot v_s$$

$$V^+ = V^- \text{ alors } \frac{R_4}{R_3 + R_4} \cdot v_s = \frac{R_2 \cdot v_1 + R_1 \cdot v_2}{R_1 + R_2} \text{ soit } v_s = \frac{R_3 + R_4}{R_4} \cdot \frac{R_2 \cdot v_1 + R_1 \cdot v_2}{R_1 + R_2}$$

$$\text{Si } R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R \text{ alors } v_s = v_1 + v_2$$

VIII LE MONTAGE AMPLIFICATEUR DE DIFFÉRENCE OU DIFFÉRENTIEL :

VIII.1 Montage :



VIII.2 Démonstration :

Hypothèses simplificatrices :

contre-réaction négative → régime linéaire

$$i^+ = i^- = 0 \quad \text{et} \quad V_D = V^+ - V^- = 0 \leftrightarrow V^+ = V^-$$

$$\text{Maille I : } v_1 - R_1 \cdot i - V^+ = 0; V_D = 0 \text{ d'où } i = \frac{v_1 - V^+}{R_1}$$

$$\text{Maille II : } v_S + R_2 \cdot i - V^+ = 0; V_D = 0 \text{ d'où } i = \frac{V^+ - v_S}{R_2}$$

$$\text{En égalisant les deux expressions, on obtient : } V^+ = \frac{R_2 \cdot v_1 + R_1 \cdot v_S}{R_1 + R_2}$$

$$\text{En utilisant le diviseur de tensions, } V^- = \frac{R_4}{R_3 + R_4} \cdot v_2$$

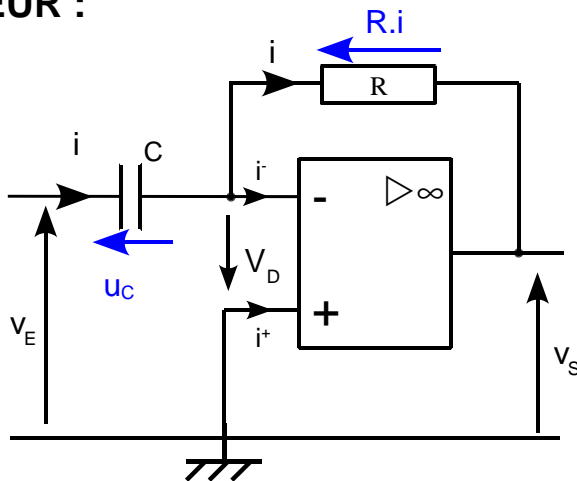
$$V^+ = V^- \text{ alors } \frac{R_4}{R_3 + R_4} \cdot v_2 = \frac{R_2 \cdot v_1 + R_1 \cdot v_S}{R_1 + R_2} \text{ soit } v_S = \frac{R_1 + R_2}{R_3 + R_4} \cdot \frac{R_4}{R_1} \cdot v_1 - \frac{R_2}{R_1} \cdot v_2$$

$$\text{Si } R_1 = R_2 = R_3 = R_4 = R \text{ alors } v_S = v_1 - v_2$$

IX LE MONTAGE DÉRIVATEUR :

IX.1 Montage :

Rappel : $i = C \cdot \frac{du_c}{dt}$



IX.2 Démonstration :

Hypothèses simplificatrices :
contre-réaction négative → régime linéaire

$$i^+ = i^- = 0 \quad \text{et} \quad V_D = V^+ - V^- = 0 \leftrightarrow V^+ = V^-$$

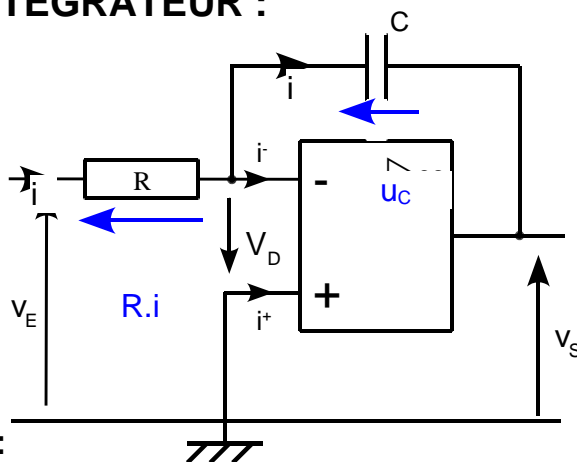
Maille I : $v_E - u_C + V_D = 0; V_D = 0 \Rightarrow v_E = u_C$

Maille II : $v_S + R \cdot i + V_D = 0; V_D = 0 \Rightarrow v_S = -R \cdot i$

Comme $i = C \cdot \frac{du_c}{dt}$ alors $v_S = -RC \cdot \frac{du_c}{dt}$ et comme $v_E = u_C$ alors $v_S = -RC \cdot \frac{dv_E}{dt}$

X LE MONTAGE INTÉGRATEUR :

X.1 Montage :



X.2 Démonstration :

Hypothèses simplificatrices :
contre-réaction négative → régime linéaire

$$i^+ = i^- = 0 \quad \text{et} \quad V_D = V^+ - V^- = 0 \leftrightarrow V^+ = V^-$$

Maille I : $v_E - R \cdot i + V_D = 0; V_D = 0 \Rightarrow v_E = R \cdot i$

Maille II : $v_S + u_C + V_D = 0; V_D = 0 \Rightarrow v_S = -u_C$

Comme $i = C \cdot \frac{du_c}{dt}$ alors $v_E = RC \cdot \frac{du_c}{dt}$ et comme $v_S = -u_C$ alors $v_E = -RC \cdot \frac{dv_S}{dt}$

soit $v_S = -\frac{1}{RC} \int v_E \cdot dt$