Niveau : **1ère C**	**OG 4** : ANALYSER LE FONCTIONNENMENT DE QUELQUES COMPOSANTS ELECTRONIQUES.

TITRE : **L'AMPLIFICATEUR OPERATIONNEL** — **Durée** : **8 H**

Objectifs spécifiques :
OS 4 : Utiliser l'amplificateur opérationnel en régime linéaire.
OS 5 : Utiliser l'amplificateur opérationnel en régime saturé.

Moyens :

Vocabulaire spécifique :

Documentation : Livres de Physique AREX Première C et D, Eurin-gié Première S et E. Guide pédagogique et Programme.

Amorce :

Fomesoutra.com
ça soutra !
Docs à portée de main

Plan du cours :

I) Généralités sur l'amplificateur opérationnel
- 1° Description
- 2° Symbole
- 3° Caractéristique d'un amplificateur

II) Amplificateur opérationnel en régime linéaire
- 1° Propriétés d'un amplificateur opérationnel idéal
- 2° Quelques fonctions de l'amplificateur opérationnel
  - 2.1° Montage suiveur
    - 2.1.1° Montage
    - 2.1.2° Relation entre U_e et U_s
  - 2.2° Montage amplificateur inverseur
    - 2.2.1° Montage
    - 2.2.2° Relation entre U_e et U_s
  - 2.3° Montage amplificateur non inverseur
    - 2.3.1° Montage
    - 2.3.2° Relation entre U_e et U_s
  - 2.4° Montage sommateur inverseur
    - 2.4.1° Montage
    - 2.4.2° Relation entre U_s et les tensions d'entrée U_1 et U_2

III) Amplificateur opérationnel en régime saturé
- 1° Propriétés
- 2° Montage comparateur
- 3° Application : l'allumeur de réverbères

Activités questions	Activités réponses		Observations

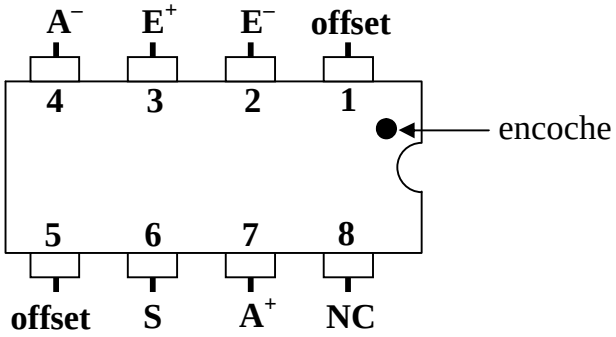
L'AMPLIFICATEUR OPERATIONNEL

I) Généralités sur l'amplificateur opérationnel

1° Description

L'amplificateur opérationnel (AOP) est un circuit intégré linéaire possédant huit bornes. Il se présente sous la forme d'un boitier

Fomesoutra.com
ça soutra !
Docs à portée de main

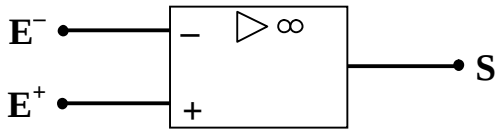


L'encoche est un repère qui permet de reconnaitre chacune des 8 bornes et de les numéroter de façon standard.

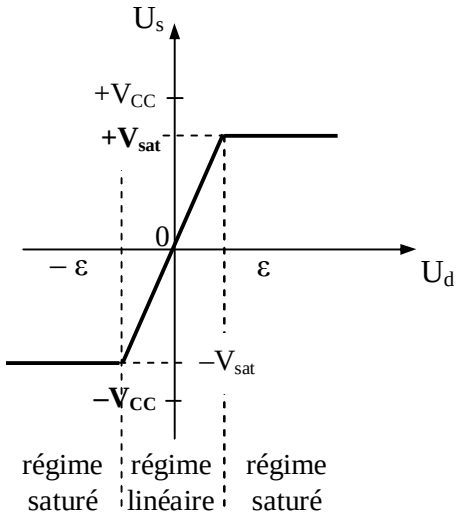
- la borne 2 est l'**entrée inverseuse** (**E⁻**) ;
- la borne 3 est l'**entrée non inverseuse** (**E⁺**) ;
- les bornes 4 et 7 sont les **bornes d'alimentation** (négative **A⁻** et positive **A⁺**) ;
- la borne 6 est la **borne de sortie** (**S**) ;
- les bornes 1 et 5 sont les **bornes de réglage d'offset** ;
- la borne 8 n'est pas connectée.

2° Symbole

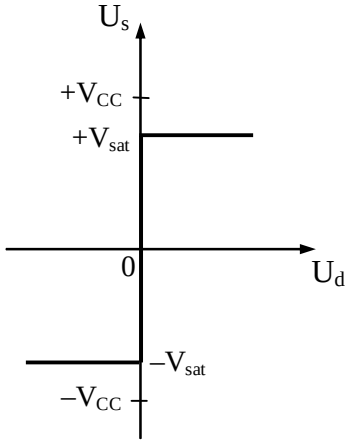
Le symbole de l'AOP est :



3° Caractéristique d'un amplificateur



Caractéristique d'un amplificateur réel



Caractéristique d'un amplificateur idéal

La caractéristique de l'AO présente deux régimes.

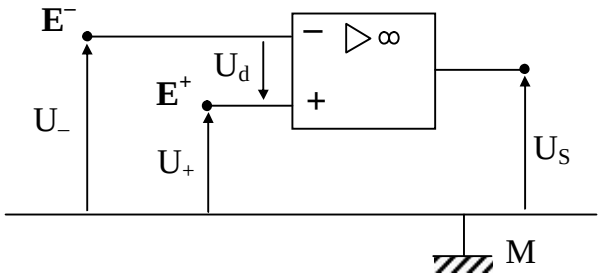
Dans la partie centrale le coefficient directeur **G** de la droite est appelé **gain différentiel**. Il est **très grand**. On a : $\mathbf{U_s = G \times U_d}$.

Les tensions $\mathbf{-V_{CC}}$ et $\mathbf{+V_{CC}}$ sont les tensions d'alimentation, les tensions $\mathbf{-V_{sat}}$ et $\mathbf{+V_{sat}}$ sont les tensions de saturation. On a toujours $|\pm V_{sat}| < |\pm V_{CC}|$.

II) Amplificateur opérationnel en régime linéaire

1° Propriétés d'un amplificateur opérationnel idéal

Fomesoutra.com
ça soutra !
Docs à portée de main



– L'amplificateur opérationnel idéal présente une résistance d'entrée infinie $\Rightarrow$ $i^- = i^+ = 0$: les courants d'entrée sont négligeables.

– En régime linéaire, $U_d = U_+ - U_- = 0$: l'entrée inverseuse E^- et l'entrée non inverseuse E^+ sont au même potentiel.

– La tension de sortie est toujours inférieure à la tension de saturation de l'AOP : $|U_S| < V_{sat}$.

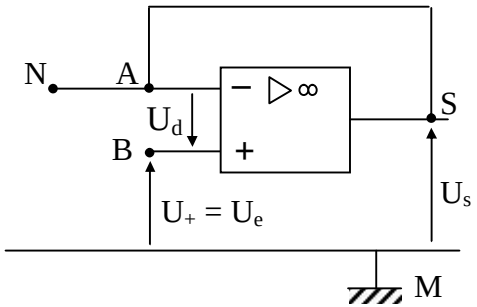
Remarques :

* La tension U_d est appelée **tension différentielle**.
* L'AOP fonctionne aussi bien avec les tensions alternatives que les tensions continues.

2° Quelques fonctions de l'amplificateur opérationnel

2.1° Montage suiveur

2.1.1° Montage



Fomesoutra.com
ça soutra !
Docs à portée de main

Dans ce montage, la tension d'entrée U_e est appliquée directement à l'entrée non inverseuse.

2.1.2° Relation entre U_e et U_s

* Considérons à la maille MSABM :

La loi des mailles $\Rightarrow$ $U_{MS} + U_{SA} + U_{AB} + U_{BM} = 0$

$U_{MS} = -U_s$; $U_{SA} = 0$; $U_{AB} = -U_d$ et $U_{BM} = U_e$

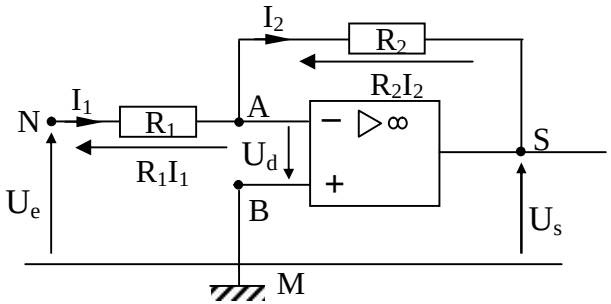
$\Rightarrow \quad -U_s - U_d + U_e = 0 \quad \Rightarrow \quad U_e = U_s + U_d$ or $U_d = 0$

d'où : $\boxed{U_e = U_s}$

La tension de sortie **suit** la tension d'entrée (exemple du **voltmètre électronique**).

2.2° Montage amplificateur inverseur

2.2.1° Montage



Fomesoutra.com
ça soutra !
Docs à portée de main

2.2.2° Relation entre U_e et U_s

* Maille MNABM :

On a : $-U_e + R_1I_1 - U_d = 0 \Rightarrow U_e = R_1I_1 \Rightarrow I_1 = \dfrac{U_e}{R_1}$

La loi des nœuds au point A : $I_1 = I_2 + i_- \Rightarrow I_1 = I_2$ car $i_- = 0$.

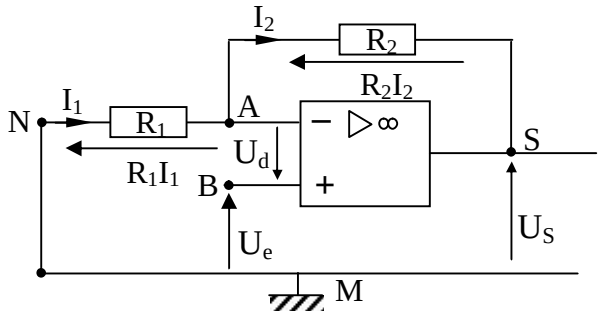
* Maille MSABM :

On a : $-U_s - R_2I_2 - U_d = 0 \Rightarrow U_s = -R_2I_2 = -R_2I_1$ d'où : $\boxed{U_s = -R_2\dfrac{U_e}{R_1}}$

Le rapport $G = \dfrac{U_s}{U_e} = -\dfrac{R_2}{R_1}$ est appelé **gain en tension** de l'amplificateur.

2.3° Montage amplificateur non inverseur

2.3.1° Montage



Fomesoutra.com
ça soutra !
Docs à portée de main

2.3.2° Relation entre U_e et U_s

* Maille MNABM :

On a : $R_1I_1 - U_d + U_e = 0 \Rightarrow U_e = -R_1I_1 \Rightarrow I_1 = -\dfrac{U_e}{R_1}$

La loi des nœuds au point A : $I_1 = I_2 + i_- \Rightarrow I_1 = I_2$ car $i_- = 0$.

* Maille MSANM :

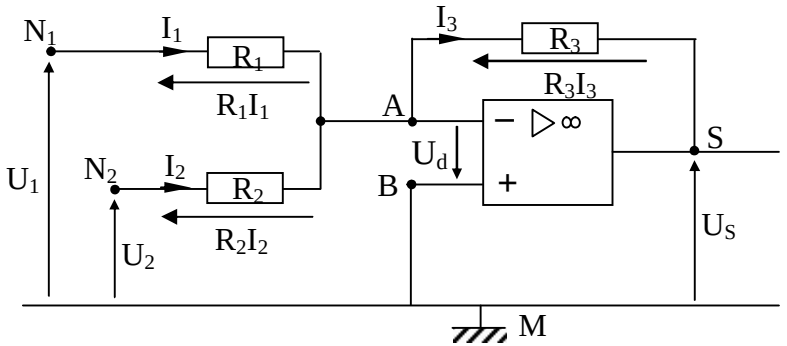
On a : $-U_s - R_2I_2 - R_1I_1 = 0 \Rightarrow U_s = -R_1I_1 - R_2I_2 = -(R_1 + R_2)I_1$

d'où : $\boxed{U_s = \dfrac{R_1 + R_2}{R_1} U_e}$

Le **gain en tension** de l'amplificateur est : $G = \dfrac{U_s}{U_e} = 1 + \dfrac{R_2}{R_1}$.

2.4° Montage sommateur inverseur

2.4.1° Montage



2.4.2° Relation entre U_s et les tensions d'entrée U_1 et U_2

* Maille MN_1ABM :

$$-U_1 + R_1I_1 - U_d = 0 \quad \Rightarrow \quad I_1 = \frac{U_1}{R_1}$$

Fomesoutra.com
ça soutra !
Docs à portée de main

* Maille MN_2ABM :

$$-U_2 + R_2I_2 - U_d = 0 \quad \Rightarrow \quad I_2 = \frac{U_2}{R_2}$$

La loi des nœuds au point A : $I_1 + I_2 = I_3 + i_- \quad \Rightarrow \quad I_3 = I_1 + I_2$ car $i_- = 0$.

* Maille MSABM :

$$-U_s - R_3I_3 = 0 \quad \Rightarrow \quad U_s = -R_3I_3$$

d'où : $$\boxed{U_s = -R_3\left(\frac{U_1}{R_1} + \frac{U_2}{R_2}\right)}$$

III) Amplificateur opérationnel en régime saturé

1° Propriétés

En régime saturé, quelque soit la tension d'entrée :

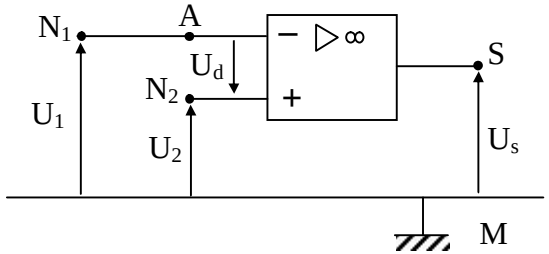
* la tension de sortie ne peut posséder que deux états électriques :

$$U_S = +V_{sat} \quad \text{ou} \quad U_S = -V_{sat}$$

* La tension différentielle est non nulle : $U_d \neq 0 \Rightarrow U_+ \neq U_-$.

2° Montage comparateur

Fomesoutra.com
ça soutra !
Docs à portée de main



U_1 est la tension de référence et U_2, la tension à comparer à U_1.

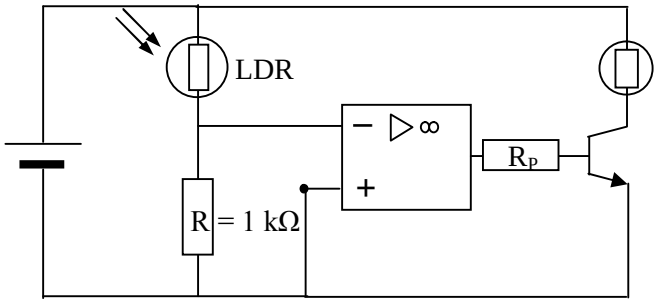
* Maille MN_1AN_2M :

$$-U_1 + 0 - U_d + U_2 = 0 \Rightarrow U_d = U_2 - U_1$$

– Si $U_1 > U_2 \Rightarrow U_d < 0$ alors $U_s = -V_{sat}$;

– Si $U_1 < U_2 \Rightarrow U_d > 0$ alors $U_s = +V_{sat}$.

3° Application : l'allumeur de réverbères



Quand la LDR est éclairée, la lampe est éteinte.