

**Classe:** Tle C & D

**THEME :** ÉLECTRICITÉ

**TITRE DE LA LEÇON:** MONTAGES DÉRIVATEUR ET INTÉGRATEUR (2 h)

HABILETÉS	CONTENUS
Connaître	les caractéristiques d'un amplificateur opérationnel idéal.
Interpréter	les oscillogrammes: - du montage dérivateur ; - du montage intégrateur.
Établir	la relation entre la tension d'entrée et la tension de sortie : - d'un montage dérivateur ; - d'un montage intégrateur.
Distinguer	un montage dérivateur d'un montage intégrateur.

Exemple de situation

Au cours d'une conférence prononcée sur les TIC au foyer polyvalent du Lycée Moderne de Port-Bouet, les élèves de la Terminale C ont été édifiés sur le rôle joué par les TIC dans notre vie. Ils ont ainsi appris que l'A.O étudié en première dans un circuit est aussi capable de réaliser des opérations de dérivation et d'intégration.

Afin de vérifier cette information, de retour en classe, ils se proposent de **déterminer la relation entre la tension d'entrée et la tension de sortie d'un montage dérivateur puis d'un montage intégrateur** et de **dégager l'intérêt de chacun de ces montages.**

PLAN DE LA LEÇON

**1-Propriétés de l'Amplificateur Opérationnel**

- 1.1. L'AO en régime linéaire
- 1.2. L'AO en régime saturé

**2. Montage dérivateur**

- 2.1. Dispositif expérimental
- 2.2. Relation entre tension d'entrée et tension de sortie
- 2.3. Visualisation des tensions  $U_e$  et  $U_s$  à l'oscilloscope
  - 2.3.1. Montage
  - 2.3.2. Visualisation et vérification

**3. Montage intégrateur**

- 3.1. Dispositif expérimental
- 3.2. Relation entre tension d'entrée et tension de sortie
- 3.3. Visualisation des tensions  $U_e$  et  $U_s$  à l'oscilloscope
  - 3.3.1. Montage
  - 3.3.2. Visualisation

**4. Intérêt des montages intégrateur et dérivateur**

**SITUATION D'ÉVALUATION**

**NB : La première page de ce document n'est pas à recopier. Elle sert plutôt à vous donner d'abord les grands axes du cours (partie en rouge de l'exemple de situation), ensuite une vue générale du cours (Plan de la leçon) et enfin elle sert à attirer votre attention sur les notions ou habiletés que vous devez connaître ou assimiler dans cette leçon (tableau habiletés et contenus).**

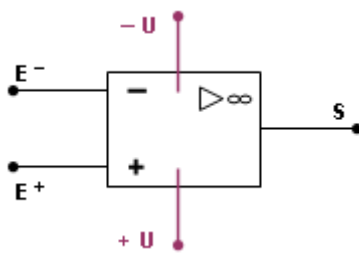
Cours en ligne de PC Cote d'Ivoire

**Leçon 11 (Tle C) :****Leçon 9 (Tle D) :****MONTAGES DERIVATEUR ET INTEGRATEUR****1-Propriétés de l'Amplificateur Opérationnel**1.1. Définition de l'AO

Un amplificateur opérationnel est un circuit intégré linéaire permettant de simplifier des tensions électriques et de réaliser des opérations mathématiques : addition, soustraction, intégration, dérivation de tensions.

1.2. Description et symbole

L'Amplificateur Opérationnel se présente sous forme d'un boîtier comportant huit(8) bornes ou broches de branchement et une encoche ou point de repérage, permettant de reconnaître et de numéroté chaque borne.

**Symbole et bornes principales**

$E^-$  : Entrée inverseuse

$E^+$  : Entrée non inverseuse

S : La sortie

+U, -U : Les bornes d'alimentation Ex : +9V ; -9V

**NB : le symbole normalisé de l'Amplificateur Opérationnel est représenté sans les bornes d'alimentation.**

1.3. Caractéristiques de l'AO

L'AO fonctionne en régime linéaire (amplificateur) ou en régime saturé (comparateur).

Lorsque l'AO est idéal, il a les propriétés suivantes :

❖ **En régime linéaire**

- Les courants d'entrée sont négligeables :  $i^- = i^+ = 0$

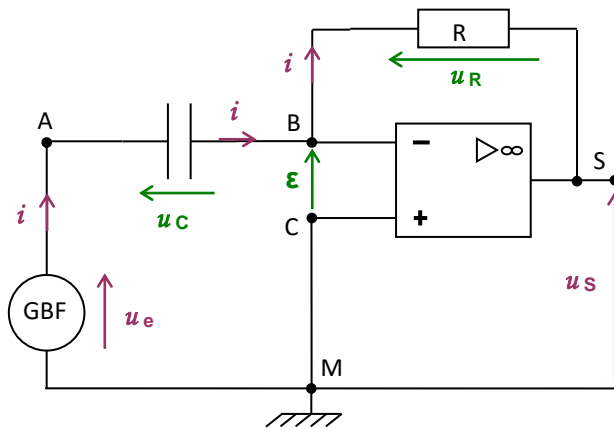
- L'entrée inverseuse  $E^-$  et l'entrée non-inverseuse  $E^+$  sont au même potentiel :  $V_{E^+} - V_{E^-} = U_d = \epsilon = 0 \text{ V}$

- La tension de sortie est toujours inférieure à la tension de saturation de l'AO :  $-V_{sat} < U_s < +V_{sat}$

❖ **En régime saturé** :  $U_s = +$  ou  $- V_{sat}$

## 2. Montage dérivateur

### 2.1. Dispositif expérimental



### 2.2. Relation entre tension d'entrée et tension de sortie

Soit la maille MABCM, on a:

$$u_{MA} + u_{AB} + u_{BC} + u_{CM} = 0$$

$$\Rightarrow -u_e + u_c + 0 + 0 = 0 \Rightarrow u_e = u_c \quad (1)$$

Soit la maille MCBSM, on a:

$$u_{MC} + u_{CB} + u_{BS} + u_{SM} = 0$$

$$\Rightarrow 0 + 0 + u_R + u_s = 0 \Rightarrow u_s = -u_R = -Ri \Rightarrow u_s = -R \cdot i \quad (2)$$

Pour le condensateur :  $q = C \cdot u_c$  devient avec (1) :  $q = C \cdot u_e$

$$\text{or } i = dq/dt \Rightarrow i = C(d(u_e)/dt) \quad (3)$$

En utilisant (3), (2) devient :  $u_s = -Ri = -R[C(d(u_e)/dt)] = -RC(d(u_e)/dt)$

Finalement :

$$u_s = -RC \times \frac{d(u_e)}{dt}$$

RC étant une constante, la tension de sortie  $u_s$  est proportionnelle à la dérivée par rapport au temps de la tension d'entrée  $u_e$ .

### 2.3. Visualisation des tensions $U_e$ et $U_s$ à l'oscilloscope

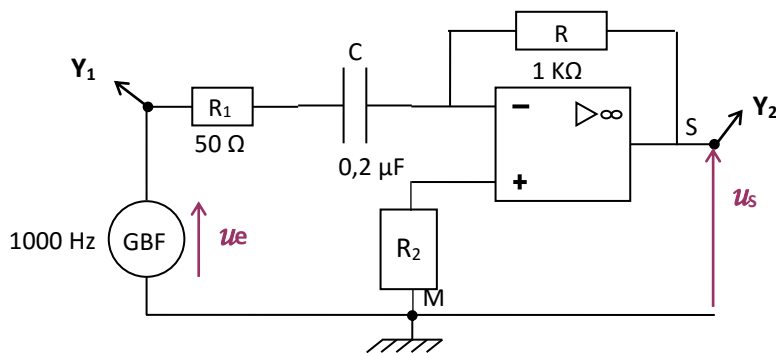
#### 2.3.1. Montage

La formule ci-dessus est valable pour un AO idéal ou parfait.

Dans la pratique, on modifie le montage en insérant une résistance (ici  $R_1$  et  $R_2$ ) à chacune des entrées de l'AO.

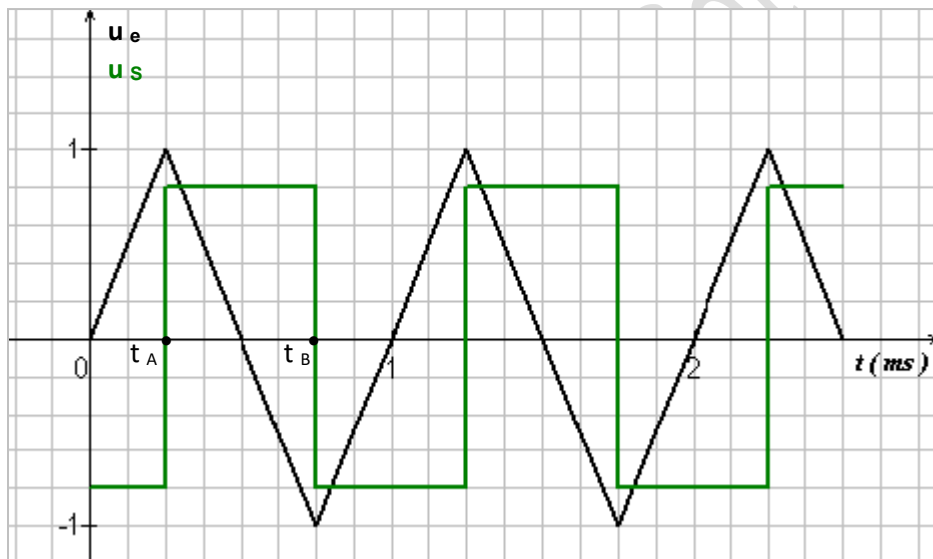
On atténue ainsi les effets dus aux imperfections de l'AO réel.

Sur la voie Y<sub>1</sub>, on a la tension d'entrée U<sub>e</sub> donnant un signal triangulaire et sur la voie Y<sub>2</sub>, la tension de sortie U<sub>s</sub> qui lui a un signal carré ou créneaux.



R<sub>1</sub> et R<sub>2</sub> servent à compenser le fait que l'AO n'est pas idéal.

### 2.3.2. Visualisation et vérification



**Vérification** : Sur l'intervalle  $[t_A, t_B] = [0,25 \text{ ms} ; 0,75 \text{ ms}]$ ,

- $U_s = +0,8\text{V} = \text{cte}$
- $U_e$  est une droite de la forme  $U_e = a \cdot t + b$  avec  $a$  et  $b$  constantes  $\Rightarrow d(U_e)/dt = a$   
 $a$  est la pente de la droite :  $a = (\Delta U_e)/\Delta t = (-1 - 1)/(0,75 - 0,25) \cdot 10^{-3} = -4000 \text{ V/s}$
- $U_s = -RC[d(U_e)/dt] = -RCa = -(1000)(0,2 \cdot 10^{-6})(-4000) = +0,8\text{V}$

**QUIZ 1**

On considère le circuit schématisé (figure 1) et le graphe (figure 2) ci-dessous.

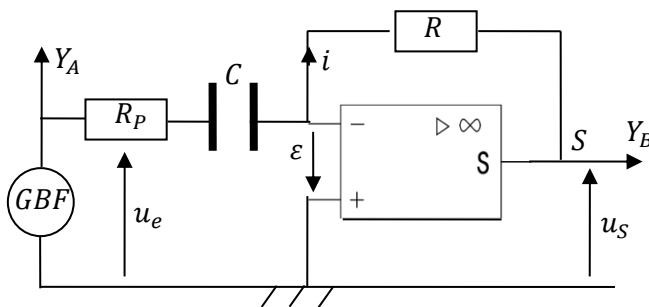


Figure 1

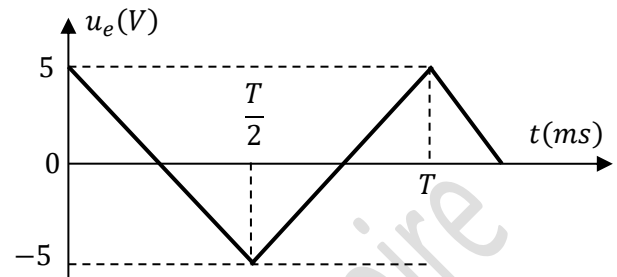
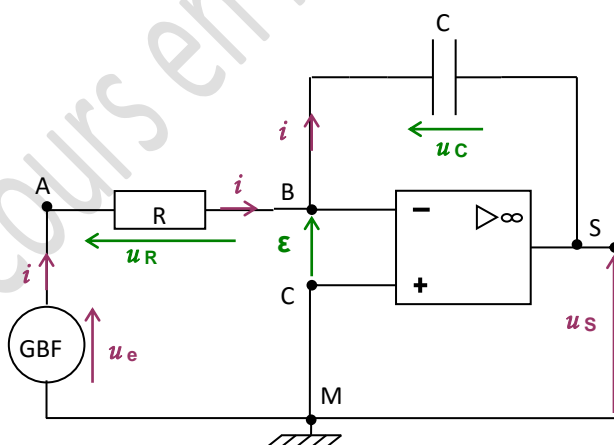


Figure 2

1. Précise le type de montage de la *figure 1*. Justifie ta réponse.
2. Dis le rôle de la résistance  $R_p$  montée en série avec le condensateur  $C$  pour un montage pratique.
3. Le GBF délivre un signal triangulaire (*voir figure 2*). Ce signal est injecté à l'entrée du circuit.
  - 3.1. Représente sur le même graphe, les signaux obtenus sur les sorties  $Y_A$  et  $Y_B$  de l'oscilloscope comme indiqué sur la *figure 1*.
  - 3.2. Donne la forme du signal  $u_s$  à la sortie du circuit.

On donne :  $R = 1000\Omega$ ;  $C = 0,2\mu F$  et fréquence du GBF:  $f = 1000\text{Hz}$ .

[Cliquer ici pour répondre à ce quiz](#)

**3. Montage intégrateur****3.1. Dispositif expérimental**

### 3.2. Relation entre tension d'entrée et tension de sortie

$$\text{maille MABCM : } -u_e + u_R = 0 \Rightarrow u_e = u_R = R \cdot i \iff i = \frac{u_e}{R} \quad (1)$$

$$\text{maille MCBSM : } u_C + u_s = 0 \Rightarrow u_s = -u_C = -\frac{q}{C} \quad (2)$$

$$\text{or } i = \frac{dq}{dt} \iff q = \int i dt$$

$$(2) \text{ devient } u_s = -\frac{1}{C} \int i dt \quad (3)$$

$$\text{en remplaçant (1) dans (3) on obtient : } u_s = -\frac{1}{C} \int \frac{u_e}{R} dt$$

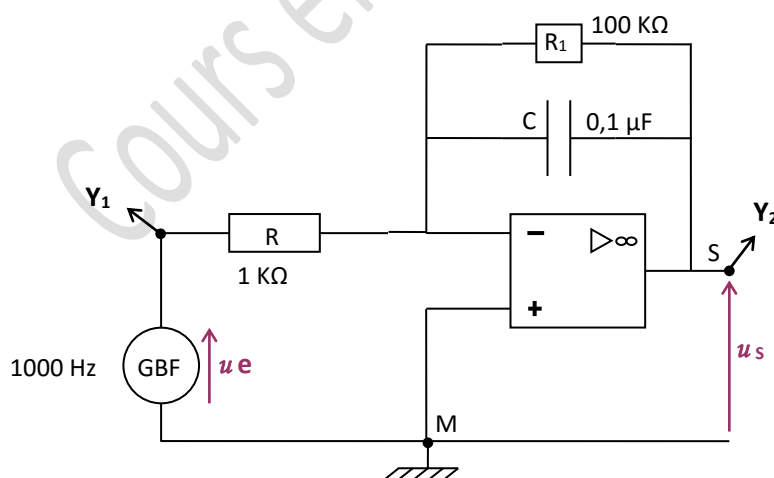
Enfinement : 
$$u_s = -\frac{1}{RC} \int u_e dt$$

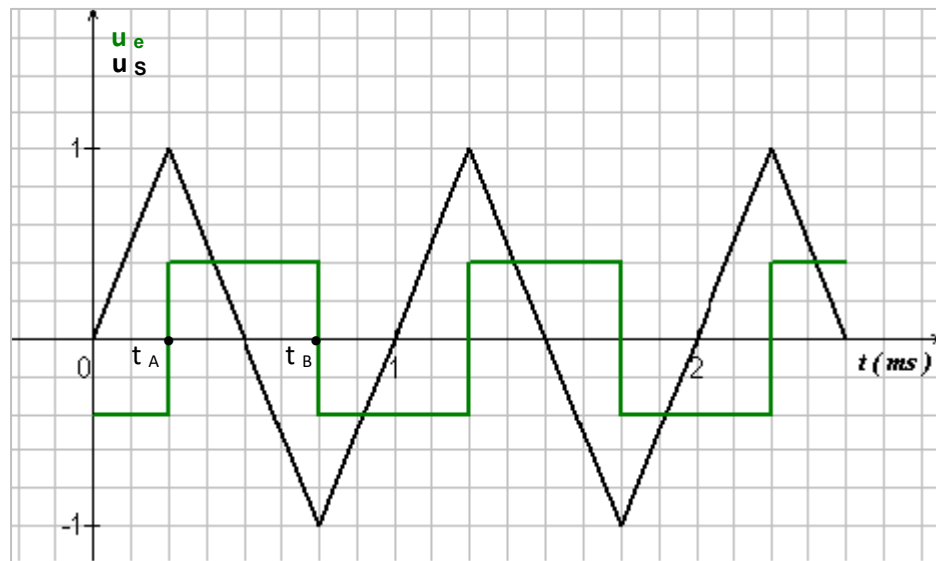
$\frac{1}{RC}$  étant une constante, la tension de sortie  $u_s$  est proportionnelle à l'intégrale de la tension d'entrée  $u_e$ .

### 3.3. Visualisation des tensions $U_e$ et $U_s$ à l'oscilloscope

#### 3.3.1. Montage

Dans la pratique, pour atténuer les effets conjugués des imperfections du signal d'entrée et de l'AOP, on place un conducteur ohmique de grande résistance ( $R_1 = 100 \text{ k}\Omega$ ) en parallèle avec le condensateur. La réponse à une tension d'entrée  $U_e$  rectangulaire est une tension de sortie  $U_s$  triangulaire.



3.3.2. Visualisation**QUIZ 2**

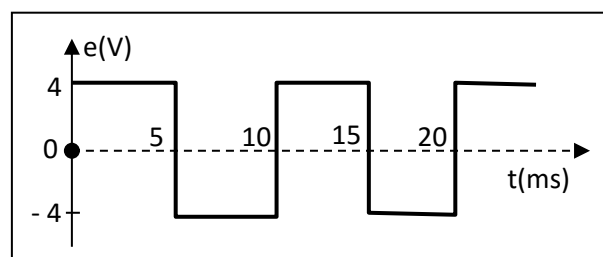
Un montage intégrateur est construit en utilisant un A.O parfait, un condensateur de capacité  $C = 0,5 \mu\text{F}$  et un conducteur ohmique de résistance  $R = 20 \text{ k}\Omega$ .

1. Fais le schéma du montage. On mettra en évidence la borne d'entrée E du montage, la borne de sortie S et la masse M.
2. On applique entre E et M, une tension  $U_e = V_E - V_M$  dont les variations au cours du temps sont représentées par la courbe ci-dessous.

2.1. Détermine la période T et la fréquence N de  $U_e$ .

2.2. Montre que la tension d'entrée  $U_e$  est proportionnelle à tout instant, à la dérivée de la tension de sortie  $U_s = V_S - V_M$ . Conclue.

3. Calcule de façon littérale, puis numérique, la valeur du coefficient de proportionnalité.



**[Cliquer ici pour répondre à ce quiz](#)**



#### 4. Intérêt des montages intégrateur et dérivateur

Les montages intégrateur et dérivateur d'amplificateur opérationnel, permettent de transformer une tension triangulaire (tension variable) en une tension en créneaux ou carré (tension à deux valeurs opposées) ou inversement.

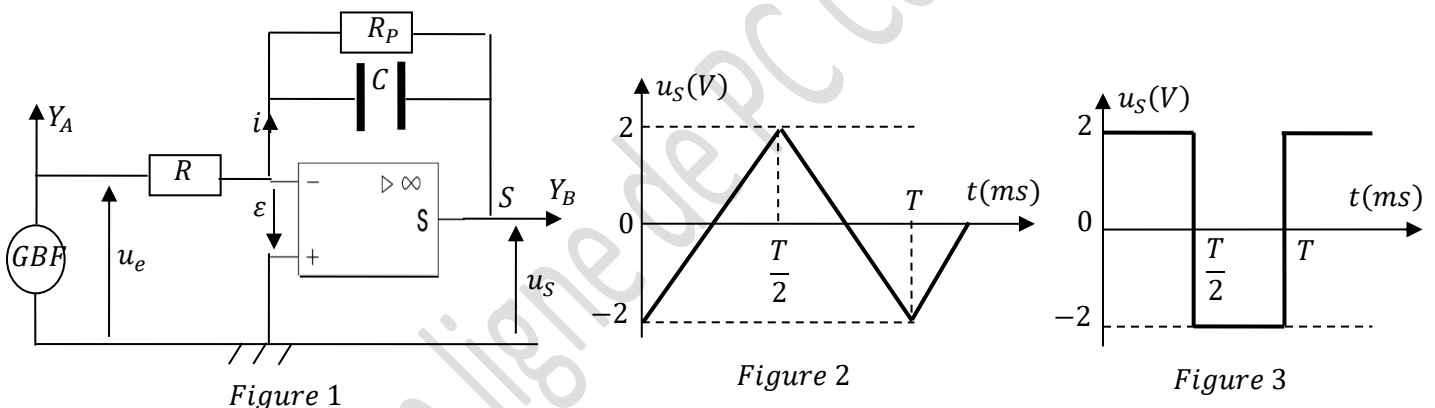
Si le montage est dérivateur, la tension de sortie sera une tension en créneaux alors que celle d'entrée était une tension triangulaire.

Quant au montage intégrateur, c'est le contraire. A une tension en créneaux à l'entrée, il en sort une tension triangulaire.

#### Situation d'évaluation

Après le cours sur montages dérivateur et intégrateur, un élève en classe de Tle C se rend à la bibliothèque de son établissement pour y faire des recherches dans le but de consolider ses acquis. Une fois à la bibliothèque, il découvre dans un document cet exercice.

Tu es sollicité(e) pour l'aider à répondre aux questionnaires.



On donne  $R = 10\text{k}\Omega$ ;  $C = 0,2\mu\text{F}$  et la période  $T = 2\text{ms}$ .

1. Précise si le circuit est intégrateur ou dérivateur. Justifie ta réponse.
2. Dis le rôle de la résistance  $R_p$  montée en parallèle avec le condensateur  $C$  pour un montage pratique.
3. On visualise le signal  $u_s$  à la sortie du circuit sur la voie B d'un oscilloscope bicourbe (figure 2).
  - 3.1. Représente le signal  $u_e$  à l'entrée du circuit.
  - 3.2. Donne la forme du signal d'entrée  $u_e$
4. On change le signal à l'entrée du circuit. Le signal  $u_s$  à la sortie du circuit est représenté sur la figure 3. Précise la nature du signal délivré par le GBF.

[Cliquer ici pour répondre à la situation d'évaluation](#)