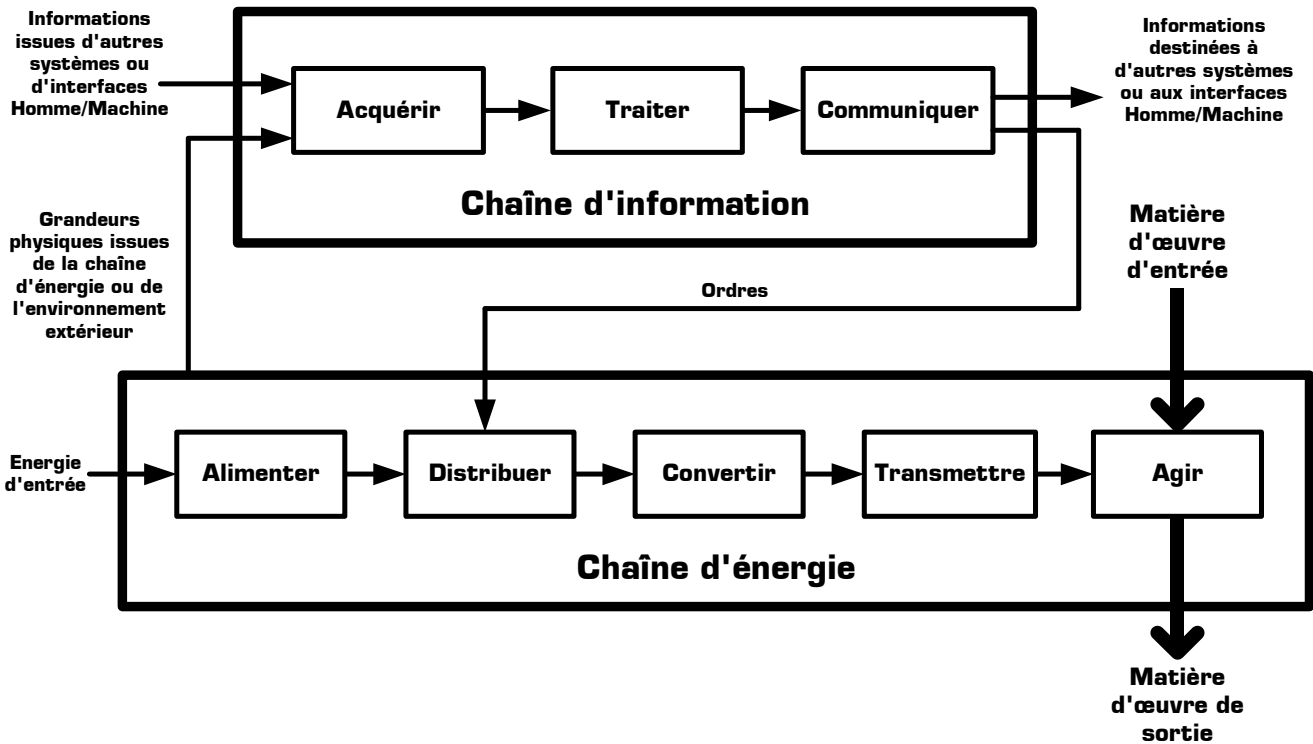


I - Identification de la fonction

Dans les systèmes automatiques, les signaux analogiques issus des capteurs ou reçus par liaison radio ont souvent une amplitude très faible [quelques milli volts, voire quelques micro volts parfois]. Il est alors indispensable de les amplifier, en augmentant leur amplitude porteuse de l'information dans le but de pouvoir les exploiter par les différentes fonctions électroniques présentes dans la chaîne d'information. La **fonction amplification** fait partie du bloc **Traiter** dans la chaîne d'information :

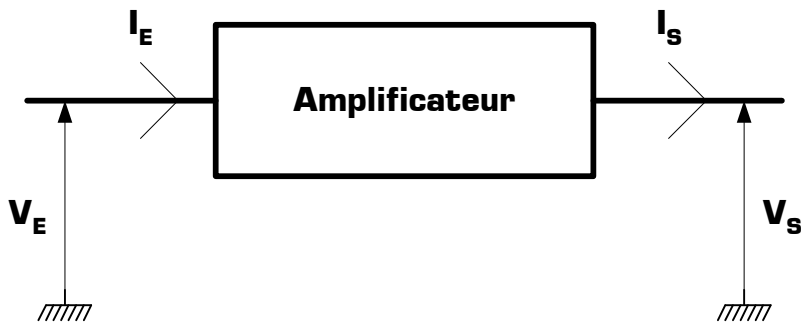


II - Représentation et modélisation de la fonction amplification

II - 1 - Fonction de transfert

Définition :

.....



Description des grandeurs d'entrée et de sortie de la fonction amplification :

V_E est la tension d'entrée
 I_E est le courant d'entrée

V_S est la tension de sortie
 I_S est le courant de sortie

Suivant les grandeurs électriques considérées en entrée et en sortie, on définit :

* une **amplification en tension** notée A_v et définie telle que :

* une **amplification en courant** notée A_i et définie telle que :

II - 2 - Fonction amplification

Définition :

.....

.....

Dans toute la suite de ce cours tous les montages étudiés sont des amplificateurs de tension, et non des amplificateurs de courant, à l'exception du montage suiveur.

II - 2 - 1 - Amplificateur non inverseur et inverseur :

Il reçoit en entrée une tension V_E et fournit en sortie une tension V_S telle que :



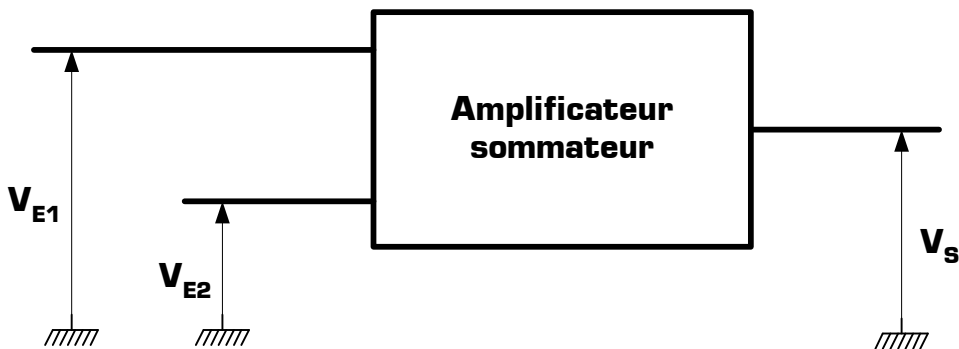
A_v est une grandeur algébrique [pouvant être positive ou négative] sans unité :

Si $A_v > 0$:

Si $A_v < 0$:

II - 2 - 2 - Amplificateur sommateur :

Il reçoit en entrée deux tensions V_{E1} et V_{E2} , et fournit en sortie une tension V_S telle que :



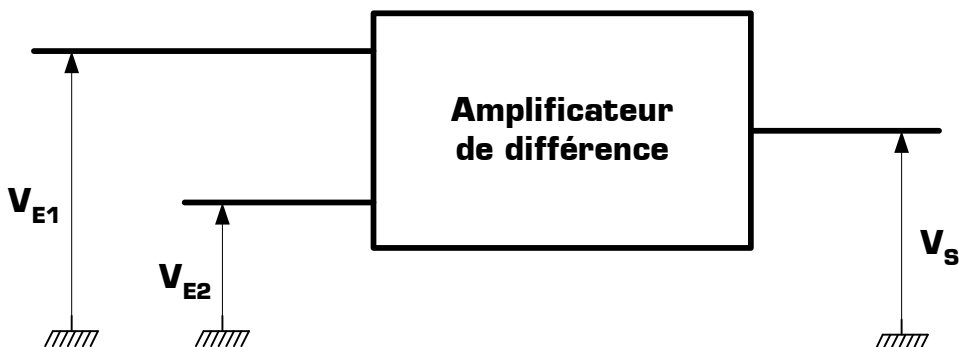
A_v est une grandeur algébrique [pouvant être positive ou négative] sans unité :

Si $A_v > 0$ la fonction réalisée est un amplificateur sommateur

Si $A_v < 0$ la fonction réalisée est un amplificateur sommateur

II - 2 - 3 - Amplificateur de différence :

Il reçoit en entrée deux tensions V_{E1} et V_{E2} , et fournit en sortie une tension V_S telle que :



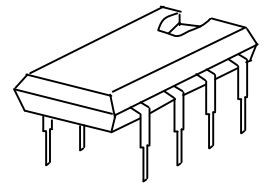
A_v est une grandeur sans unité, et le changement de signe du coefficient A_v ne modifie pas la fonction réalisée.

III - Réalisation de la fonction amplification

Pour produire en pratique un montage électronique réalisant la fonction amplification plusieurs solutions sont possibles. Pour un amplificateur de tension devant délivrer un faible courant à sa sortie (moins de 500 mA), l'utilisation d'un A.L.I. [Amplificateur Linéaire Intégré] est aujourd'hui la solution la plus répandue.

III - 1 - L'amplificateur linéaire intégré (A.L.I.)

Un **A**mplificateur **L**inéaire **I**ntégré [noté A.L.I. en abrégé] est un composant électronique généralement disponible sous forme d'un circuit intégré à 8 bornes [voir ci-contre]. L'ergo présent sur le dessus du circuit intégré permet de repérer chacune des bornes qui sont numérotés de 1 à 8. Pour connaître le brochage exact d'un circuit intégré il faudra consulter sa documentation [disponible par exemple dans le Mémotech pour les circuits usuels].

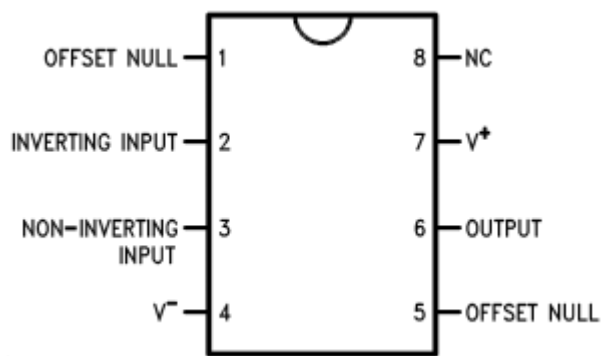


Circuit intégré à 8 bornes

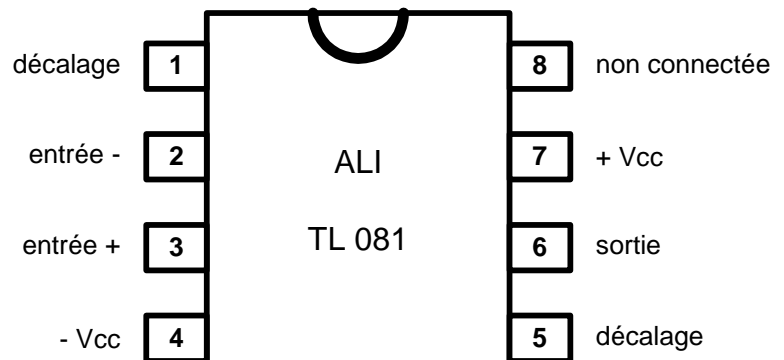
Lorsqu'on recherche un A.L.I., plusieurs références de circuits intégrés existent, et parmi les plus fréquemment utilisés on peut citer :

- * le circuit LM741 [1 A.L.I dans un circuit intégré 8 bornes]
- * le circuit LM324 [4 A.L.I dans un circuit intégré 14 bornes]
- * le circuit TLO81 [1 A.L.I dans un circuit intégré 8 bornes]
- * le circuit TLO84 [4 A.L.I dans un circuit intégré 14 bornes]

Comme le montre les deux illustrations suivantes [une en anglais issue de la documentation constructeur, et l'autre commentée en français], les circuits LM741 et TLO81 ont le même brochage :



Brochage du circuit intégré LM 741



Brochage du circuit intégré TL 081

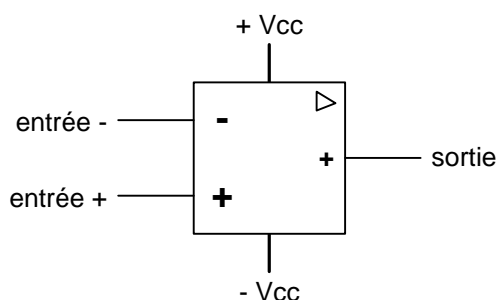
Le brochage ci-dessus laisse apparaître les différentes bornes du circuit :

- * les bornes 4 et 7 sont les bornes **d'alimentation** du circuit intégré
- * les bornes 2 et 3 sont les deux **entrées** de l'A.L.I. : l'entrée inverseuse et l'entrée non-inverseuse
- * la borne 6 est la **sortie** de l'A.L.I.
- * les bornes 1 et 5 [notée « décalage » ou « offset »] seront en un premier temps ignorées et inutilisées
- * et la borne 8 [notée NC = Non Connectée] est comme son nom l'indique non connectée, c'est-à-dire reliée à rien

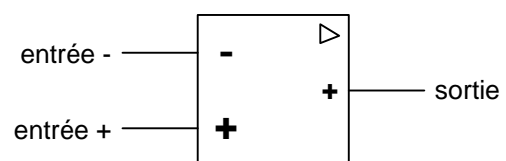
Tout circuit intégré a besoin d'être alimenté pour fonctionner. Cette alimentation est fourni au circuit par les bornes d'alimentation notée **-Vcc** et **+Vcc**. Un A.L.I. peut être alimenté :

- * soit par une alimentation *symétrique* [exemple : $-V_{cc} = -12\text{ V}$ et $+V_{cc} = +12\text{ V}$]
- * soit par une alimentation *non symétrique* [exemple : $-V_{cc} = 0\text{ V}$ et $+V_{cc} = +12\text{ V}$]

Pour représenter un A.L.I. dans un schéma électronique on utilise son symbole normalisé. Le symbole normalisé d'un A.L.I. fait apparaître les 3 bornes fondamentales du circuit, c'est-à-dire **les 2 entrées** [sur la gauche du symbole] et **la sortie** [sur la droite]. Les bornes d'alimentation ne sont pas toujours représentées sur le symbole de l'A.L.I. :



Symbole normalisé d'un ALI montrant les bornes d'alimentation



Symbole allégé d'un ALI sans les bornes d'alimentation

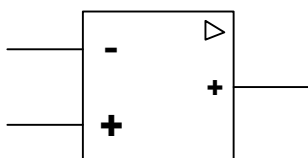
Cela ne veut pas dire que l'A.L.I. n'est pas alimenté !

III - 2 - Les différents montages à A.L.I. réalisant la fonction amplification

Dans tous les montages suivants l'A.L.I. fonctionne en **régime linéaire**. Cela signifie que la sortie **Vs** de l'A.L.I. peut prendre toutes les valeurs possibles entre **-Vcc** et **+Vcc** [et non seulement 2 valeurs comme cela est le cas en *mode comparateur*]. Sur un schéma électronique, on reconnaît que l'A.L.I. fonctionne en régime linéaire lorsqu'il y a une contre-réaction reliant la sortie de l'A.L.I. à son entrée inverseuse [c'est-à-dire à l'entrée « moins »]. Cette contre-réaction est généralement réalisée par une résistance. **Lorsqu'un A.L.I. fonctionne en régime linéaire, les tensions présentes sur chacune de ses deux entrées sont identiques, ce qui s'écrit $V^+ = V^-$**

III - 2 - 1 - Le montage suiveur

Schéma :



Fonction de transfert :

.....

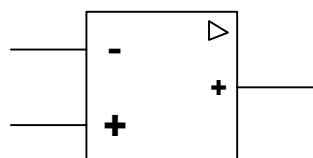
Remarque :

.....

.....

III - 2 - 2 - Le montage amplificateur inverseur

Schéma :



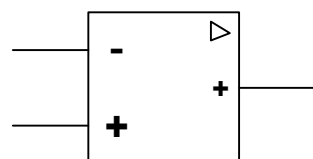
Fonction de transfert :

.....

Remarque :

III - 2 - 3 - Le montage amplificateur non inverseur

Schéma :



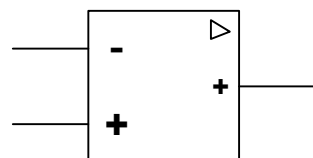
Fonction de transfert :

.....

Remarque :

III - 2 - 4 - Le montage amplificateur sommateur inverseur

Schéma :



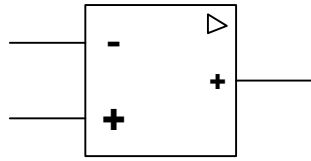
Fonction de transfert :

.....

Remarque :

III - 2 - 5 - Le montage amplificateur sommateur non inversuer

Schéma :

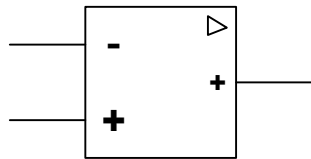


Fonction de transfert :

Remarque :

III - 2 - 6 - Le montage amplificateur de différence

Schéma :



Fonction de transfert :

Remarque :

IV - Exemples d'application

IV - 1 - Amplification d'un signal sinusoïdal

On étudie le montage de la *Figure 1* dans lequel $V_{cc} = 12V$, $R_1 = 2k\Omega$ et $R_2 = 16k\Omega$. La tension d'entrée V_E est un signal sinusoïdal provenant d'une réception par ondes radio, et ses caractéristiques sont les suivantes :

- * amplitude : **250 mV**
- * valeur moyenne : **0 V**
- * fréquence : **40 kHz**

IV - 1 - 1 - Quel est le nom du montage de la *Figure 1* ?

IV - 1 - 2 - Donnez la fonction de transfert du montage.

IV - 1 - 3 - Calculez la valeur numérique de l'amplification en tension A_v .

IV - 1 - 4 - Dessinez, sur un même graphe et en concordance des temps, les signaux $V_E(t)$ et $V_S(t)$.

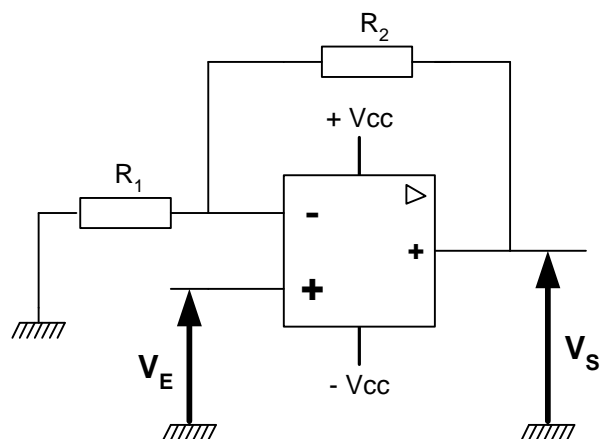


Figure 1

IV - 2 - Mesure de la température

Le montage de la *Figure 2* permet d'obtenir en sortie une tension V_S proportionnelle à la température ambiante. Il utilise pour cela une CTP [résistance à Coefficient en Température Positif] dont la résistance est donnée par :

$$R_{CTP} = R_0 \cdot (1 + \alpha \cdot T), \text{ avec :}$$

R_{CTP} = la valeur de la résistance en ohm

R_0 = la valeur de la résistance à $0^\circ C = 2 k\Omega$

α = le coefficient en température = $0.08 \text{ } ^\circ C^{-1}$

T = la température en $^\circ C$

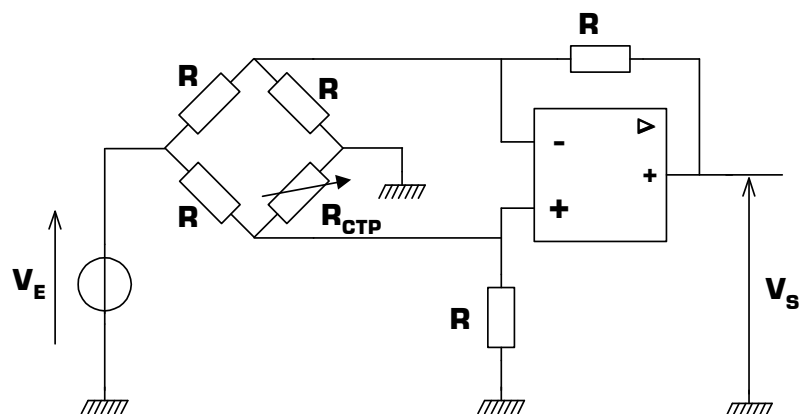


Figure 2

De plus, les 5 résistances R ont pour valeur $1 k\Omega$, et la tension d'entrée V_E est une tension fixe de valeur $10 V$.

IV - 2 - 1 - Redessinez le schéma de la *Figure 2* afin qu'il ressemble à un des montages donnés dans le paragraphe III - 2 - Les différents montages à A.L.I. réalisant la fonction amplification puis fléchez-y les tensions V^+ et V^- .

IV - 2 - 2 - Donnez l'expression de la tension V^+ présente sur l'entrée non-inverseuse de l'A.L.I., en fonction de V_E , R et R_{CTP} .

IV - 2 - 3 - Nous allons maintenant calculer la tension V^- avec le théorème de superposition. Donnez l'expression de la tension V^- présente sur l'entrée inverseuse de l'A.L.I. **lorsque $V_s = 0$** , en fonction de V_E et de R .

IV - 2 - 4 - Donnez l'expression de la tension V^- présente sur l'entrée inverseuse de l'A.L.I. **lorsque $V_E = 0$** , en fonction de V_s et de R .

IV - 2 - 5 - En déduire l'expression complète de la tension V^- présente sur l'entrée inverseuse de l'A.L.I., sachant qu'il s'agit de la somme algébrique des deux résultats précédents [application du théorème de superposition].

IV - 2 - 6 - Comme l'A.L.I. fonctionne en régime linéaire, les tensions V^+ et V^- sont égales. En écrivant l'égalité entre les expressions de V^+ et de V^- trouvées aux questions **IV-2-2** et **IV-2-5**, déduisez l'expression de la sortie V_s en fonction de l'entrée V_E . Quelle est l'expression de l'amplification en tension A_v du montage de la *Figure 2* ?

IV - 2 - 7 - En déduire la valeur de la tension V_s en fonction de la température T puis tracez la caractéristique $V_s = f(T)$ pour une température variant entre -15°C et 40°C .

IV - 2 - 8 - Quelles sont la valeur et l'unité de mesure de la sensibilité de la CTP ? Cette sensibilité est-elle constante quelque soit la température ?

IV - 2 - 9 - Quelles sont la valeur et l'unité de mesure de la sensibilité en température du montage de la *Figure 2* ? Cette sensibilité est-elle constante quelque soit la température ?

IV - 3 - Réalisation d'un comparateur à fenêtre

On étudie le comparateur à fenêtre donné sur la *Figure 3*. Les 2 premiers A.L.I. (dont les tensions de sorties sont V_{s1} et V_{s2}) sont alimentés entre $V_{ALIM1} = 15\text{V}$ et $V_{ALIM2} = 0\text{V}$ et fonctionnent en comparateur, c'est-à-dire que leur tension de sortie ne peut prendre que 2 valeurs différentes en fonction des potentiels présents sur leurs entrées :

si $V^+ > V^-$ alors $V_s = V_{ALIM1}$

si $V^- > V^+$ alors $V_s = V_{ALIM2}$

Le 3^{ème} A.L.I. (dont la sortie est V_s) est alimenté entre $V_{ALIM1} = 15\text{V}$ et $V_{ALIM2} = -15\text{V}$ et fonctionnent en régime linéaire.

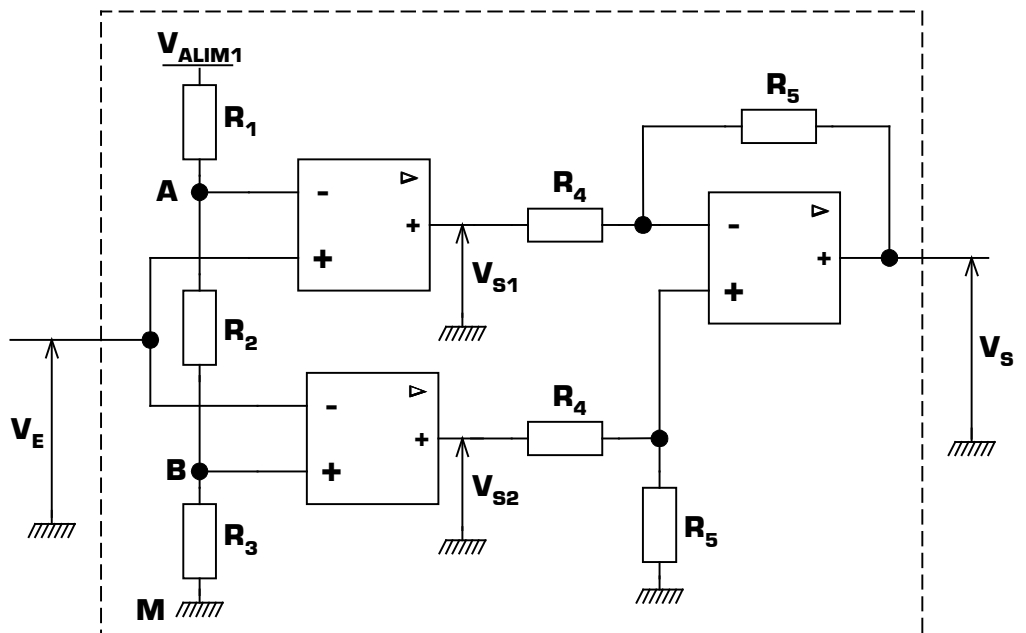


Figure 3

IV - 3 - 1 - Exprimez les tensions de seuil V_B et V_A du montage en fonction de V_{ALIM1} , R_1 , R_2 et R_3 .

IV - 3 - 2 - Calculez les valeurs numériques des tensions V_B et V_A pour $R_1 = R_3 = 82\text{k}\Omega$ et $R_2 = 56\text{k}\Omega$.

IV - 3 - 3 - Exprimez V_s en fonction de V_{s1} , V_{s2} , R_4 et R_5 . Que devient cette relation si $R_4 = 2.R_5$?

IV - 3 - 4 - Complétez le tableau suivant en indiquant les valeurs des tensions V_{s1} , V_{s2} et V_s pour chacun des intervalles donnés pour la tension V_E :

Intervalle de V_E	Valeur de V_{s1}	Valeur de V_{s2}	Valeur de V_s
$0\text{V} < V_E < V_B$			
$V_B < V_E < V_A$			
$V_A < V_E < V_{ALIM1}$			

IV - 3 - 5 - Tracez la caractéristique $V_s = f(V_E)$ du comparateur à fenêtre de la *Figure 3*. S'agit-il d'un comparateur à deux ou à trois niveaux de sortie ?

IV - 3 - 6 - On modifie le montage de la *Figure 3* en permutant les entrées + et - du comparateur du bas dont la sortie est V_{s2} : l'entrée - de ce comparateur est maintenant reliée au point B, et l'entrée + est reliée à la tension V_E . Dessinez le schéma de ce nouveau montage puis étudiez-le en reprenant les questions **IV-3-1** à **IV-3-5**.