

Les montages comparateurs de tension

I - Introduction

La fonction comparaison consiste à comparer une tension d'entrée V_E , variable au cours du temps, à une tension constante V_{ref} pour le *comparateur à un seuil*, ou à deux tensions constantes V_{ref1} et V_{ref2} pour le *comparateur à deux seuils*.

Les tensions constantes V_{ref} , V_{ref1} , et V_{ref2} sont appelées *tensions de seuil*.

Lorsque la tension V_E franchit une tension de seuil, la tension de sortie V_S du comparateur bascule d'une valeur V_{SAT1} à une valeur V_{SAT2} [ou inversement].

II - L'A.L.I. fonctionnant en comparateur

I - 1 - Rappel sur les deux modes de fonctionnement d'un A.L.I.

Dans un montage à A.L.I. :

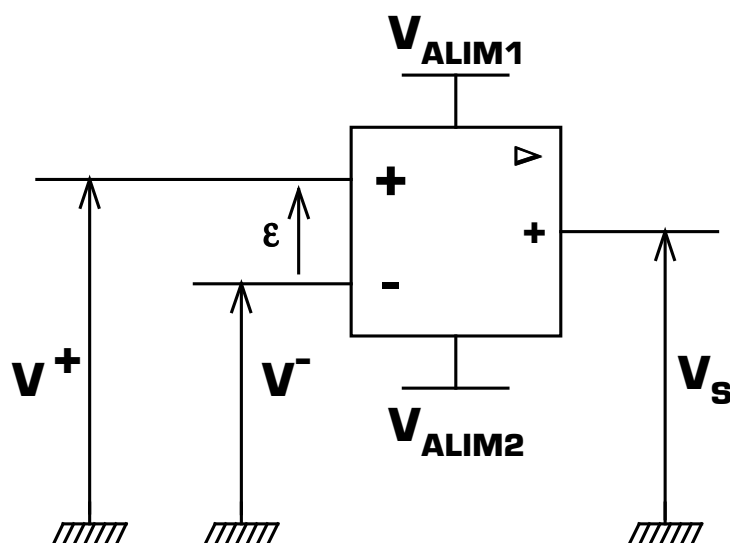
- * si la sortie est reliée directement ou indirectement à l'entrée inverseuse, l'A.L.I. fonctionne **en régime linéaire**
- * si la sortie n'est pas reliée directement ou indirectement à l'entrée inverseuse, l'A.L.I. fonctionne **en régime non-linéaire**, appelé aussi **mode comparateur**.

Remarque :

A partir du moment où la sortie n'est pas reliée à l'entrée inverseuse, l'ALI fonctionne en comparateur, **QUE LA SORTIE SOIT OU NE SOIT PAS RELIEE A L'ENTREE NON-INVERSEUSE**

I - 2 - Fonctionnement d'un A.L.I en comparateur

Schéma :



Description des grandeurs utilisées dans ce schéma :

- * V^- est le potentiel de l'entrée inverseuse, par rapport à la masse
- * V^+ est le potentiel de l'entrée non-inverseuse, par rapport à la masse
- * \mathcal{E} est la différence de potentiel entre les deux entrées : $\mathcal{E} = V^+ - V^-$
- * V_s est la tension de sortie de l'A.L.I., par rapport à la masse
- * V_{ALIM1} est la plus grande des tensions d'alimentation de l'A.L.I., par rapport à la masse Exemple : $V_{ALIM1} = +15V$
- * V_{ALIM2} est la plus petite des tensions d'alimentation de l'A.L.I., par rapport à la masse Exemples : $V_{ALIM2} = -15V$ [alimentation symétrique] ou bien $V_{ALIM2} = 0V$ [alimentation simple]
- * $U_{déchet}$ est la tension de déchet de l'A.L.I. [valeur positive]
- * V_{SAT1} est la plus grande valeur que peut prendre la tension V_s
- * V_{SAT2} est la plus petite valeur que peut prendre la tension V_s

Valeurs de V_s :

En mode comparateur, la sortie V_s de l'ALI ne peut prendre que 2 valeurs distinctes : **V_{sat1}** et **V_{sat2}** . Quelque soit le type d'alimentation de l'ALI [symétrique ou non-symétrique], les valeurs de **V_{sat1}** et de **V_{sat2}** sont :

- * **$V_{sat1} = V_{alim1} - U_{déchet}$**
- * et **$V_{sat2} = V_{alim2} + U_{déchet}$**

Conditions générales de basculement d'un A.L.I. fonctionnant en comparateur :

- *
- *

II - Les comparateurs à simple seuil

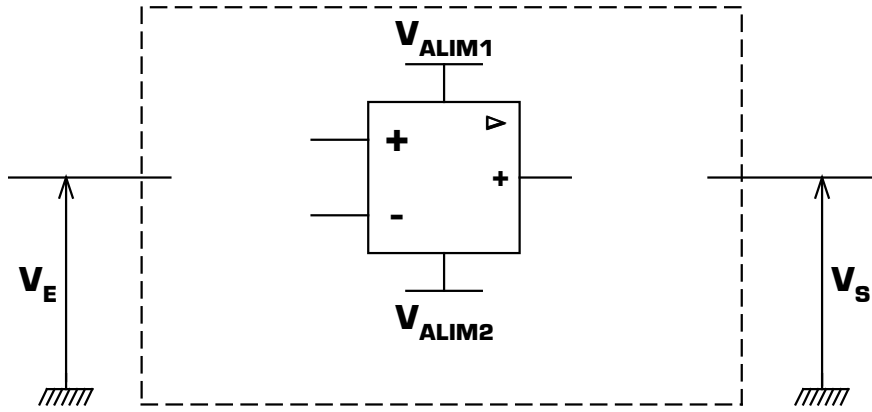
Il existe deux versions du comparateur de tension à simple seuil :

- * Le comparateur ***non-inverseur***
- * Le comparateur ***inverseur***

II - 1 - Le comparateur non-inverseur à simple seuil

Schéma du comparateur non-inverseur :

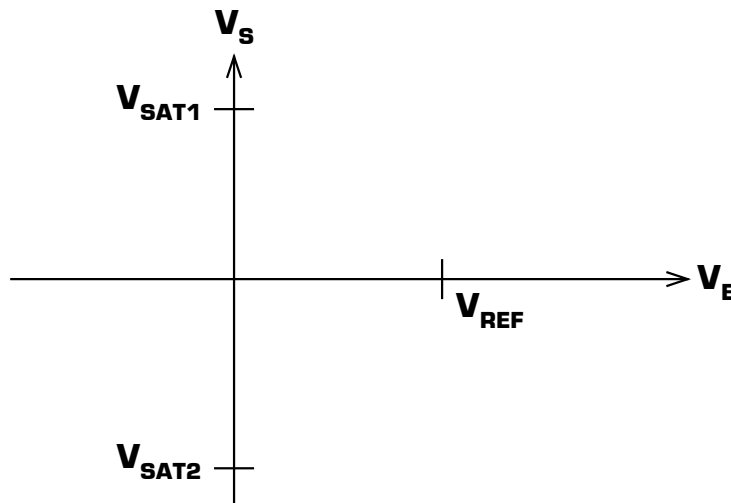
L'entrée V_E du comparateur est reliée à l'entrée *NON-INVERSEUSE* de l'A.L.I., et la tension de référence constante V_{ref} est connectée à l'entrée *INVERSEUSE* de l'A.L.I.



Conditions de basculement :

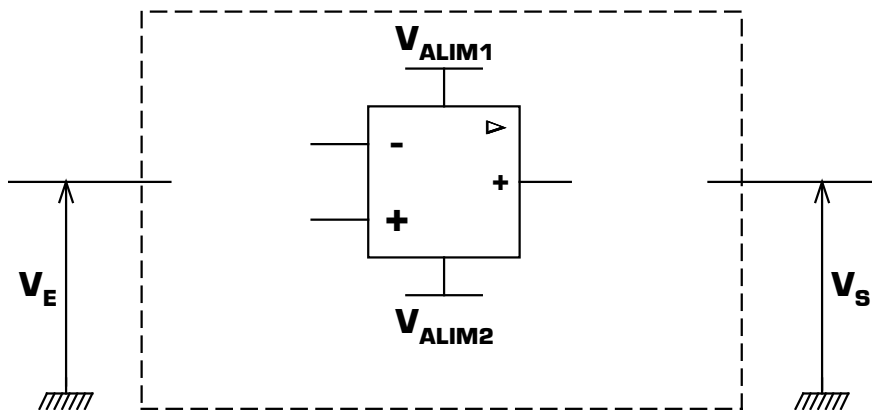
- *
- *

Caractéristique $V_S = f[V_E]$ du comparateur non-inverseur :



II - 2 - Le comparateur inverseur à simple seuil

Schéma du comparateur inverseur :



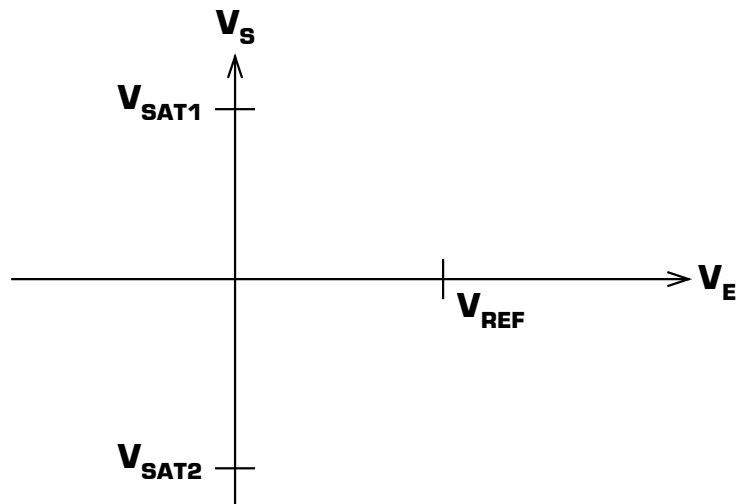
Cette fois l'entrée V_E du comparateur est reliée à l'entrée *INVERSEUSE* de l'A.L.I., et la tension de référence constante V_{ref} est connectée à l'entrée *NON-INVERSEUSE* de l'A.L.I.

Conditions de basculement :

*

*

Caractéristique $V_S = f[V_E]$ du comparateur inverseur :



III - Les comparateurs à double seuil

Il existe deux types de comparateurs à double seuil :

- * Les comparateurs **à fenêtre**
- * Les comparateurs **à hystérésis**

Un comparateur est caractérisé par sa caractéristique de transfert $V_S = f[V_E]$, car on ne peut pas exprimer la sortie V_S en fonction de l'entrée V_E par une fonction mathématique simple.

Dans le cas du comparateur à hystérésis, la caractéristique de transfert $V_S = f[V_E]$ est appelée **cycle d'hystérésis**. Pour être valable, un cycle d'hystérésis doit toujours être orienté, c'est à dire qu'on doit y faire apparaître le sens de parcourt.

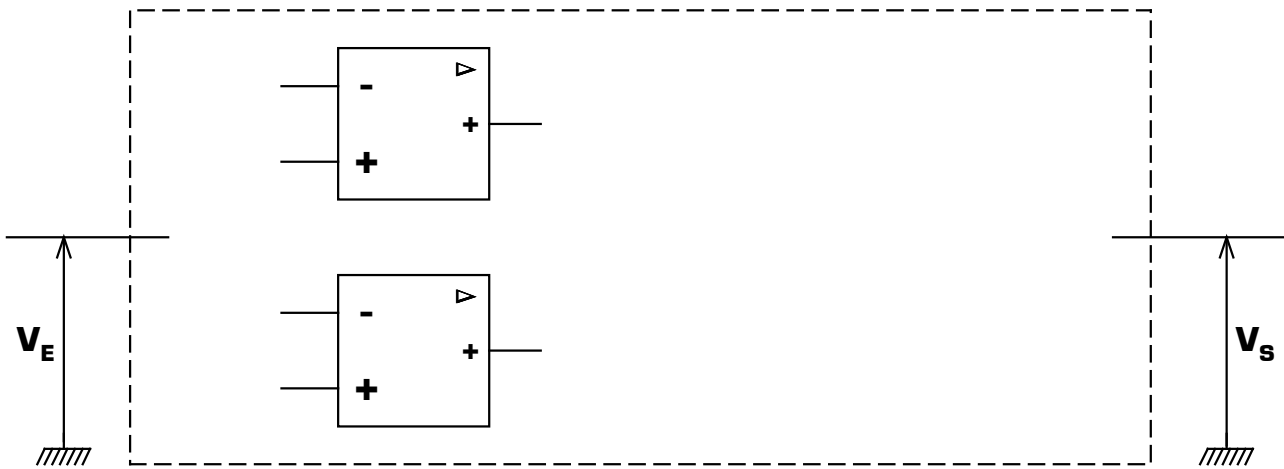
III - 1 - Les comparateurs à fenêtre

Il existe deux versions du comparateur à fenêtre :

- * Le comparateur à fenêtre à **deux niveaux de sortie**
- * Le comparateur à fenêtre à **trois niveaux de sortie**

III - 1 - 1 - Le comparateur à fenêtre à deux niveaux de sortie

Schéma de base du comparateur à fenêtre à deux niveaux de sortie :



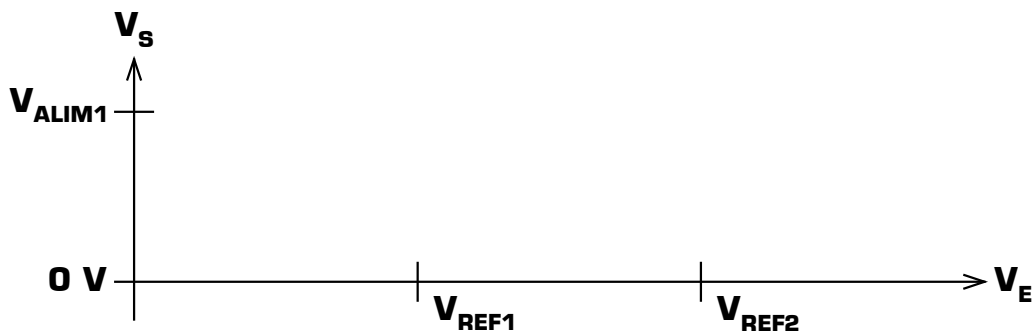
Les A.L.I. sont ici alimentés avec une alimentation simple ($V_{ALIM1} > 0V$ et $V_{ALIM2} = 0V$) tout comme la porte logique. On supposera que les deux niveaux de tension en sortie de la porte logique sont V_{ALIM1} et $0V$ (porte logique parfaite, sans tension de déchet).

Remarque : **$V_{REF1} < V_{REF2}$**

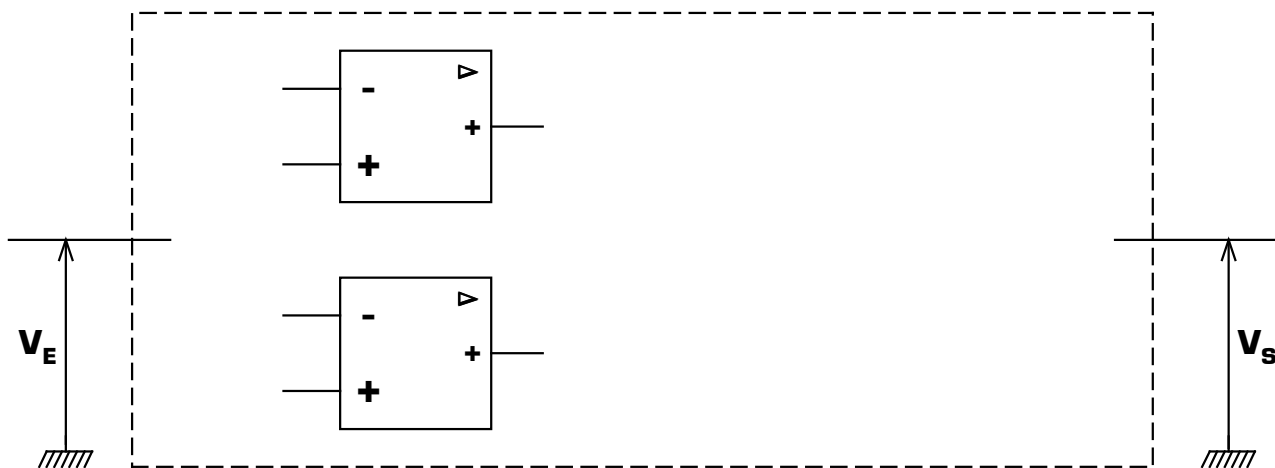
Conditions de basculement :

	V_{S1}	V_{S2}	V_S
$V_E < V_{REF1}$			
$V_{REF1} < V_E < V_{REF2}$			
$V_{REF2} < V_E$			

Caractéristique $V_S = f[V_E]$ du comparateur à fenêtre à deux niveaux de sortie :



Autre variante du comparateur à fenêtre à deux niveaux de sortie :



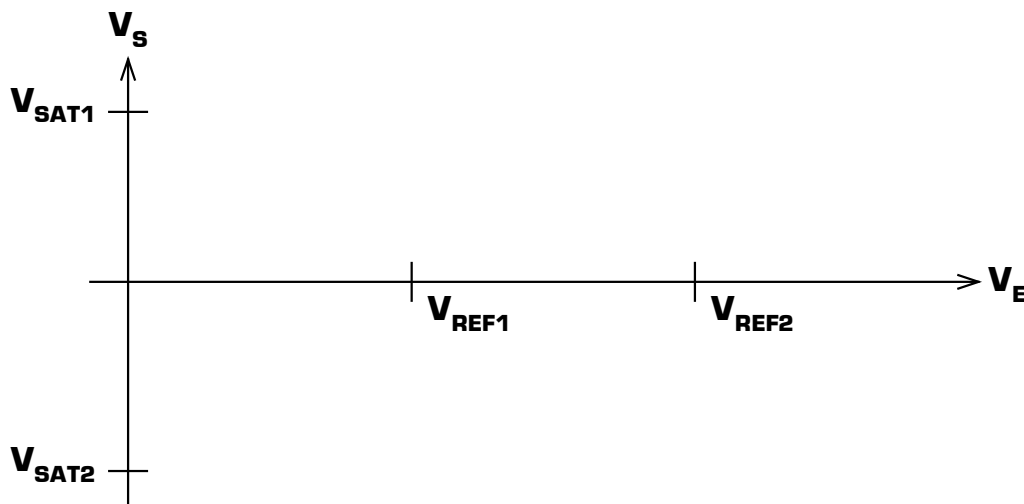
On suppose dans ce schéma que les 3 A.L.I. sont alimentés avec une alimentation symétrique [$V_{ALIM1} = -V_{ALIM2}$].

Remarque : **$V_{ref1} < V_{ref2}$**

Conditions de basculement :

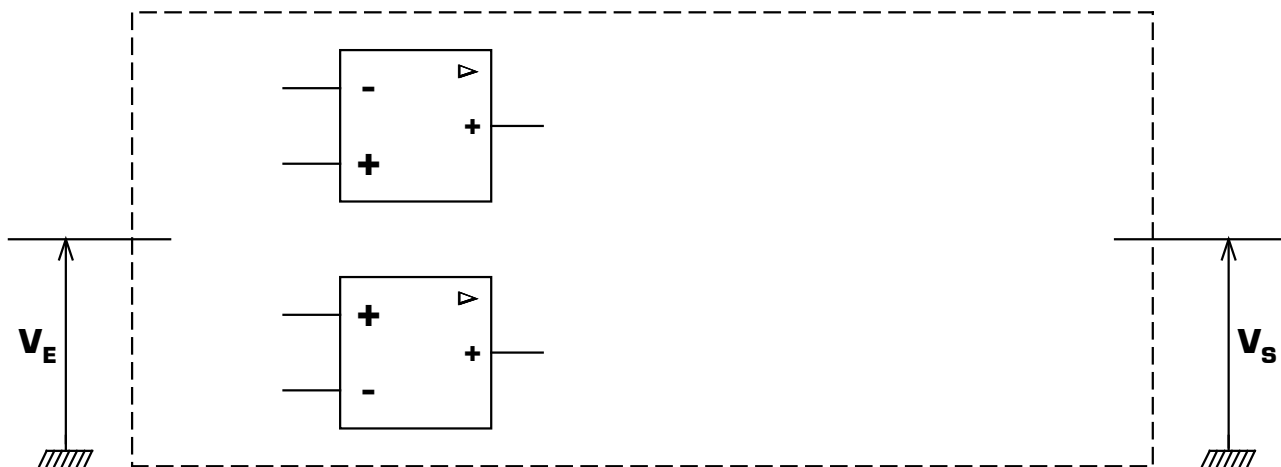
	V_{s1}	V_{s2}	V_s
$V_E < V_{REF1}$			
$V_{REF1} < V_E < V_{REF2}$			
$V_{REF2} < V_E$			

Caractéristique $V_s = f[V_E]$ de ce comparateur à fenêtre à deux niveaux de sortie :



III - 1 - 2 - Le comparateur à fenêtre à trois niveaux de sortie

Schéma du comparateur à fenêtre à trois niveaux de sortie :



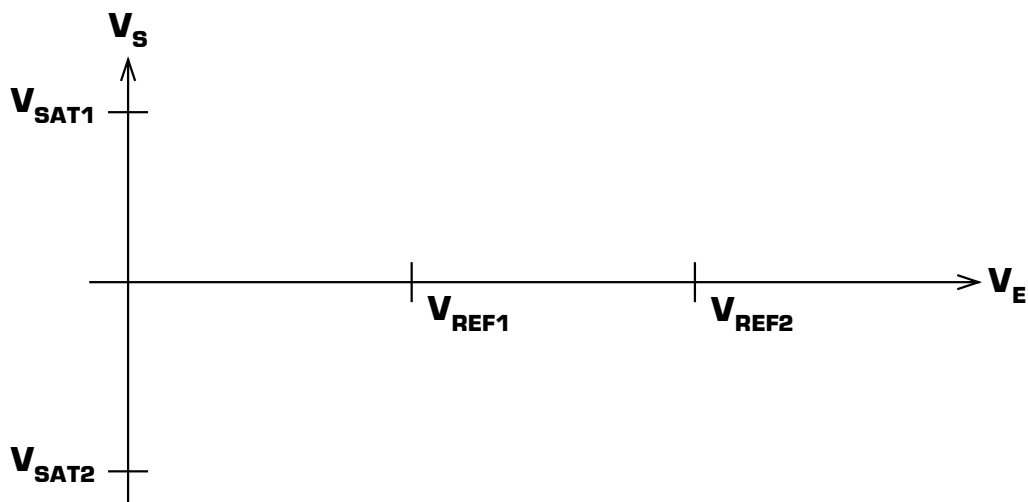
On suppose dans ce schéma que les 3 A.L.I. sont alimentés avec une alimentation symétrique [$V_{ALIM1} = -V_{ALIM2}$].

Remarque : **$V_{REF1} < V_{REF2}$**

Conditions de basculement :

	V_{S1}	V_{S2}	V_S
$V_E < V_{REF1}$			
$V_{REF1} < V_E < V_{REF2}$			
$V_{REF2} < V_E$			

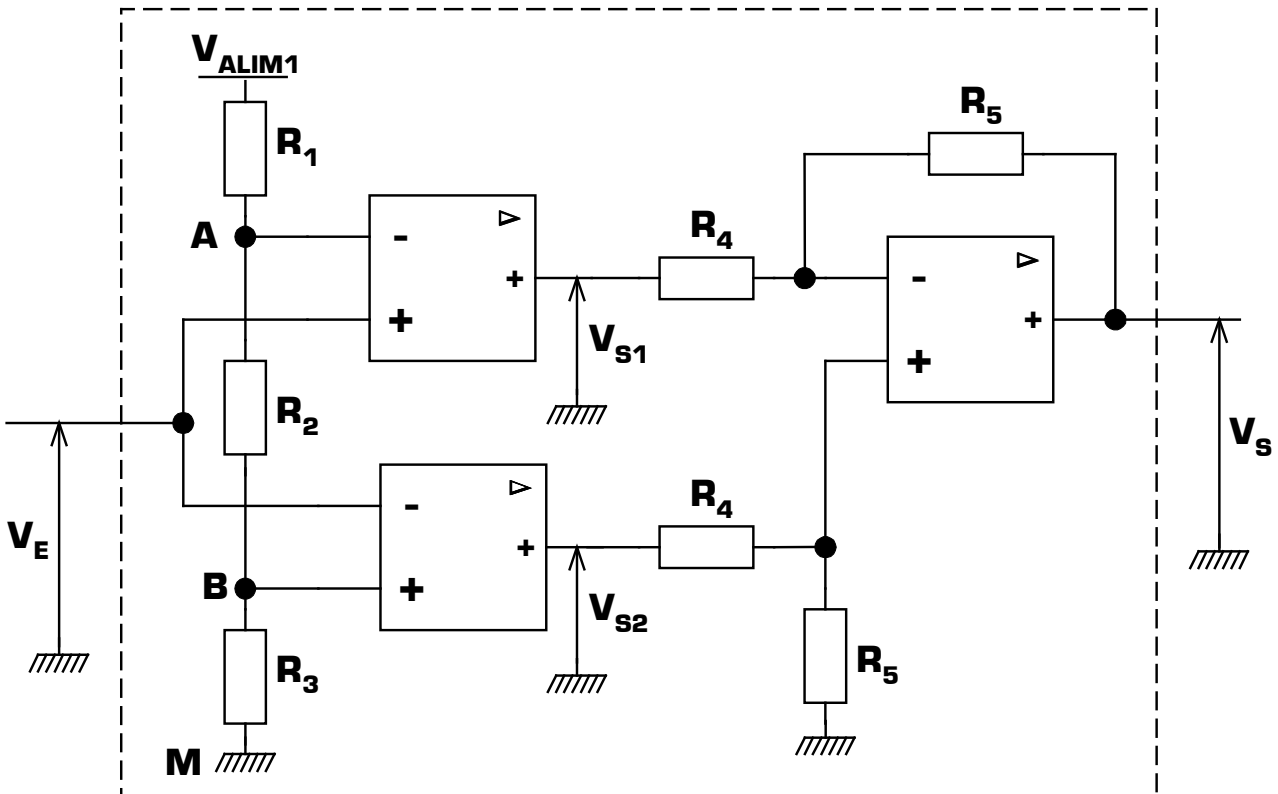
Caractéristique $V_S = f[V_E]$ de ce comparateur à fenêtre à trois niveaux de sortie :



III - 1 - 3 - Exemple de comparateur à fenêtre

On étudie le comparateur à fenêtre suivant, où les 3 A.L.I. sont alimentés entre $V_{ALIM1} = 15V$ et $V_{ALIM2} = 0V$, et présentent tous les caractéristiques suivantes :

- * leur tension de déchet est de 0,8 V
- * leur amplification différentielle est infinie
- * leur impédance d'entrée est infinie



Exemple de comparateur à fenêtre

On appelle V_{REF1} la tension de seuil V_{BM} , et V_{REF2} la tension de seuil V_{AM} .

1. Exprimer les tensions de seuil V_{REF1} et V_{REF2} en fonction de V_{ALIM1} , R_1 , R_2 et R_3 .
2. Calculer V_{REF1} et V_{REF2} pour $R_1 = R_3 = 100k\Omega$ et $R_2 = 5,6k\Omega$.
3. Pour V_E variant de 0V à 15V, indiquer sous forme de tableau les valeurs des tensions V_{S1} et V_{S2} .
4. Exprimer V_S en fonction de V_{S1} , V_{S2} , R_4 et R_5 . Que devient cette relation si $R_4 = 2.R_5$?
5. Indiquer sous forme de tableau les différentes valeurs de V_S correspondant aux valeurs de V_E .
6. Tracer la caractéristique $V_S = f[V_E]$ de ce comparateur à fenêtre. S'agit-il d'un comparateur à deux ou à trois niveaux de sortie ?

III - 2 - Les comparateurs à hystérésis

Ce type de comparateur est aussi appelé *Trigger de Schmitt*.

Il existe deux versions du comparateur à hystérésis :

- * Le montage Trigger *non-inverseur*
- * Le montage Trigger *inverseur*

Caractéristiques communes aux deux montages :

- * V_s ne peut prendre que 2 valeurs : **V_{sat1}** et **V_{sat2}** [$V_{sat1} > V_{sat2}$]
- * **V_{hb}** est la valeur de V_e qui fait basculer V_s de **V_{sat1}** à **V_{sat2}**
- * **V_{bh}** est la valeur de V_e qui fait basculer V_s de **V_{sat2}** à **V_{sat1}**
- * On appelle **hystérésis** du montage, l'écart [en valeurs absolue] entre les 2 seuils **V_{bh}** et **V_{hb}**

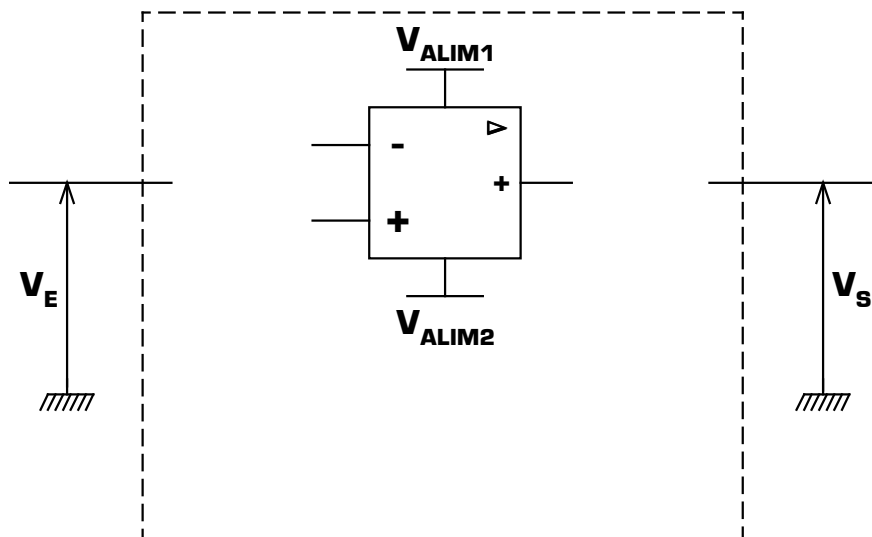
Définition des seuils V_{BH} et V_{HB} :

- * **V_{BH}** est la valeur à appliquer **sur V_E** , afin d'obtenir $V^+ = V^-$ [basculement du comparateur], lorsque la sortie V_s a comme valeur **V_{SAT2} (niveau BAS)**.
- * **V_{HB}** est la valeur à appliquer **sur V_E** , afin d'obtenir $V^+ = V^-$ [basculement du comparateur], lorsque la sortie V_s a comme valeur **V_{SAT1} (niveau HAUT)**.

Dans les deux montages qui suivent, les A.L.I. sont alimentés en symétrique [$V_{ALIM1} = -V_{ALIM2}$].

III - 2 - 1 - Le montage Trigger non-inverseur

Schéma du Trigger non-inverseur à A.L.I. :

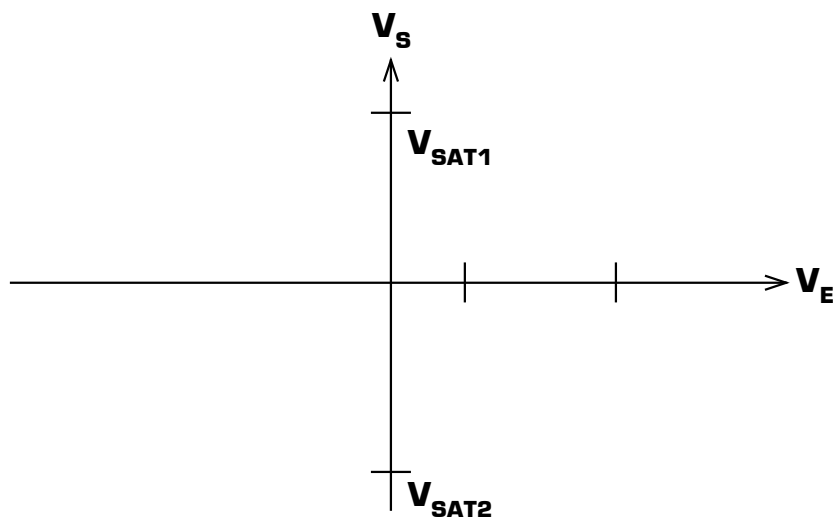


Calcul des seuils V_{BH} et V_{HB} :

* $V_{BH} = \dots\dots\dots$

* $V_{HB} = \dots\dots\dots$

Cycle d'hystérésis du montage Trigger non-inverseur :



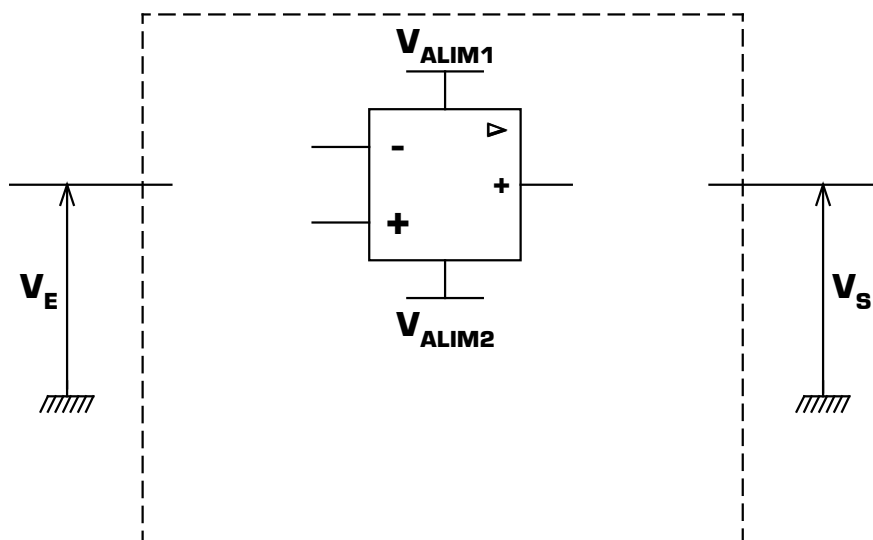
Remarques sur le montage Trigger non-inverseur :

* $V_{hb} > V_{bh}$

* L'hystérésis du montage est donc $V_{hb} - V_{bh}$

III - 2 - 2 - Le montage Trigger inverseur

Schéma du Trigger inverseur à A.L.I. :

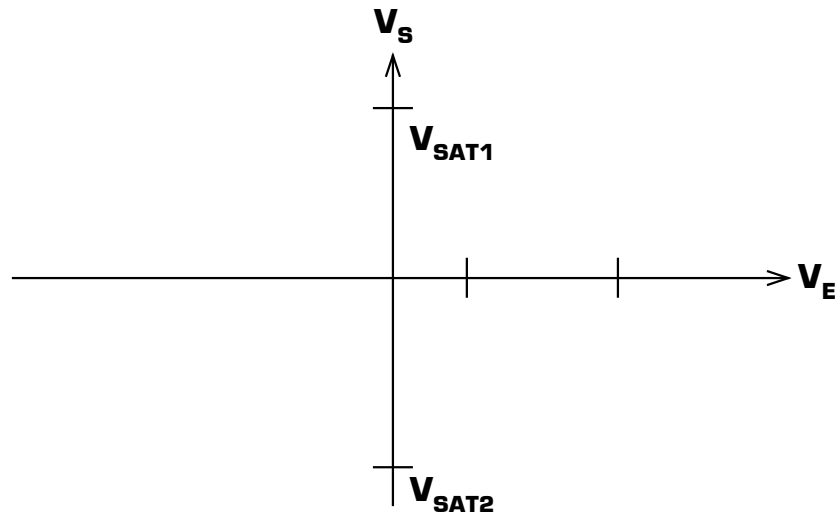


Calcul des seuils V_{BH} et V_{HB} :

* $V_{BH} = \dots\dots\dots$

* $V_{HB} = \dots\dots\dots$

Cycle d'hystérésis du montage Trigger inverseur :



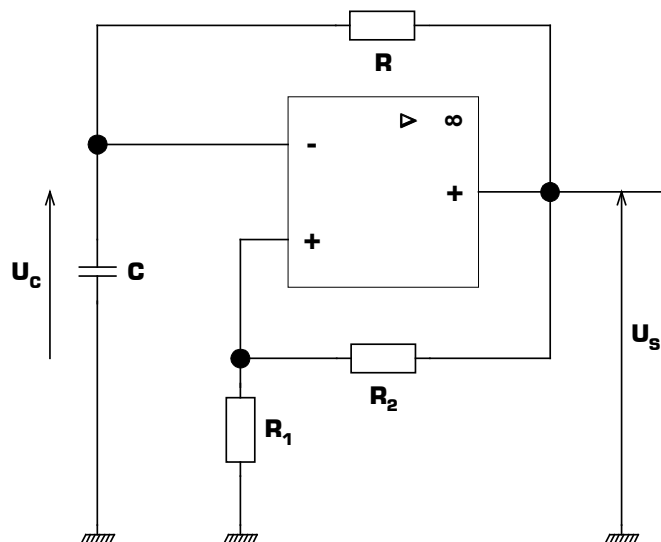
Remarques sur le montage Trigger inverseur :

* $V_{hb} < V_{bh}$

* L'hystérésis du montage est donc $V_{bh} - V_{hb}$

III - 2 - 3 - Exemple d'application du comparateur à hystérésis : le montage astable à A.L.I.

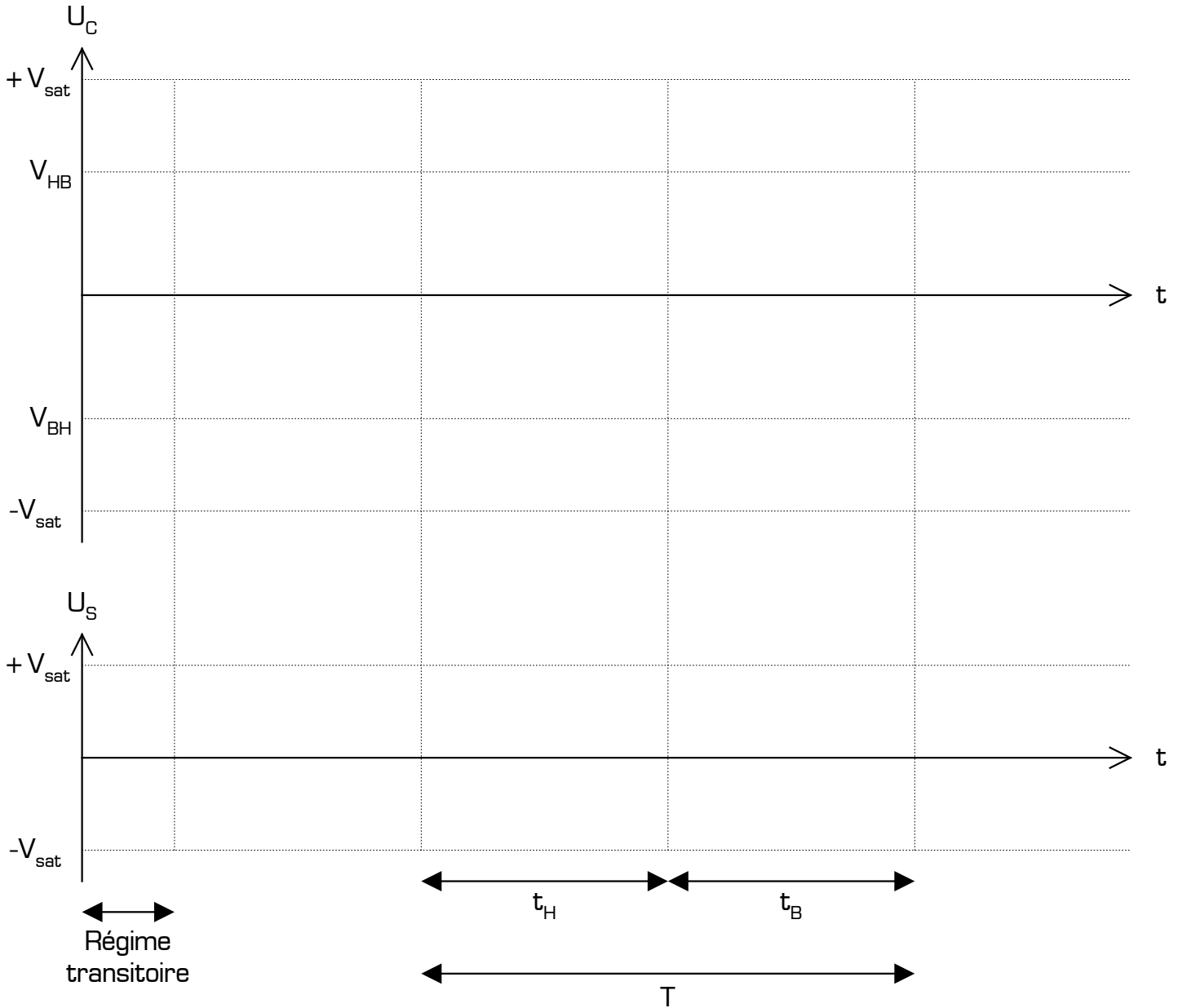
On étudie le montage suivant où l'**A.L.I.** est alimenté entre $+V_{cc}$ et $-V_{cc}$ et fonctionne en comparateur :



Hypothèse d'étude et conditions initiales :

- * l'A.L.I. est alimenté entre $+V_{CC}$ et $-V_{CC}$ [alimentation symétrique]
- * l'A.L.I. fonctionne en comparateur [V_s ne peut prendre que 2 valeurs : $+V_{sat}$ ou $-V_{sat}$]
- * à $t=0$ le condensateur C est totalement déchargé [$U_C(0) = 0V$]
- * à $t=0$ la sortie U_s de l'A.L.I. vaut $+V_{sat}$ [$U_s(0) = +V_{sat}$]

Chronogrammes des signaux U_C et U_s :



1. Exprimer les tensions de seuil V_{BH} et V_{HB} en fonction de V_{SAT} , R_1 et R_2 .
2. Exprimer les temps t_H et t_B [pendant le régime établi] en fonction des éléments du circuit. Que peut-on remarquer pour les temps t_H et t_B ?
3. En déduire la période et le rapport cyclique du signal U_s en fonction des éléments du montage. Que devient l'expression de la période dans le cas où $R_1 = R_2$?

On rappelle la formule du temps de charge d'un condensateur C à travers une résistance R :

$$t = R \cdot C \cdot \ln \frac{U_{ASYMP} - U_{INIT}}{U_{ASYMP} - U_{FINAL}}$$