

# CORRECTION

Section : <b>S</b>	Option : <b>Sciences de l'ingénieur</b>	Discipline : <b>Génie Électrique</b>	
<b>Les montages comparateurs de tensions</b>			
Domaine d'application : <b>Traitement du signal</b>	Type de document : <b>Cours</b>	Classe : <b>Terminale</b>	Date :

## 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

### II - 1 - Les deux modes de fonctionnement d'un A.L.I.

Dans un montage à A.L.I. :

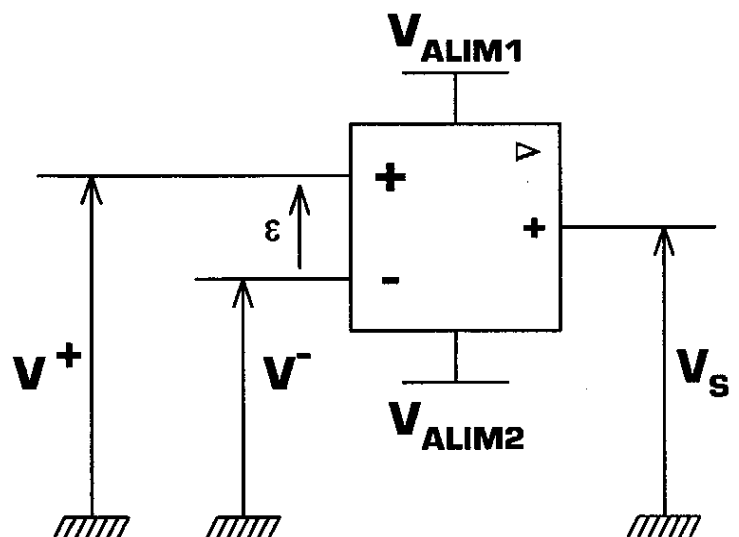
- \* si la sortie est reliée directement ou indirectement à l'entrée inverseuse, l'A.L.I. fonctionne **en régime linéaire**
- \* si la sortie n'est pas reliée directement ou indirectement à l'entrée inverseuse, l'A.L.I. fonctionne **en régime non-linéaire**, appelé aussi **mode comparateur**.

Remarque : *A partir du moment où la sortie n'est pas reliée à l'entrée inverseuse, l'A.L.I. fonctionne en comparateur QUE LA SORTIE SOIT OU NE SOIT PAS RELIÉE A L'ENTRÉE NON-INVERSEUSE*

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

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
- \*  $\epsilon$  est la différence de potentiel entre les deux entrées :  $\epsilon = V^+ - V^-$
- \*  $V_S$  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]
- \*  $V_{SAT1}$  est la plus grande valeur que peut prendre la tension  $V_S$
- \*  $V_{SAT2}$  est la plus petite valeur que peut prendre la tension  $V_S$



(tension de)

Valeurs de  $V_S$  : En mode comparateur, la sortie  $V_S$  de l'A.L.I. ne peut prendre que 2 valeurs distinctes :  $V_{SAT1}$  et  $V_{SAT2}$ . Ces valeurs sont généralement plus faibles, en valeur absolue, que les tensions d'alimentation  $V_{ALIM1}$  et  $V_{ALIM2}$ .

Exemple:  $V_{ALIM1} = 12V$     $V_{SAT1} = 11V$  }  $V_{SAT1} > V_{SAT2}$   
 $V_{ALIM2} = -12V$     $V_{SAT2} = -11V$  }

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

- \* si  $V^+ > V^-$  alors  $V_S = V_{SAT1}$
- \* si  $V^- > V^+$  alors  $V_S = V_{SAT2}$

**III - Les comparateurs à simple seuil**

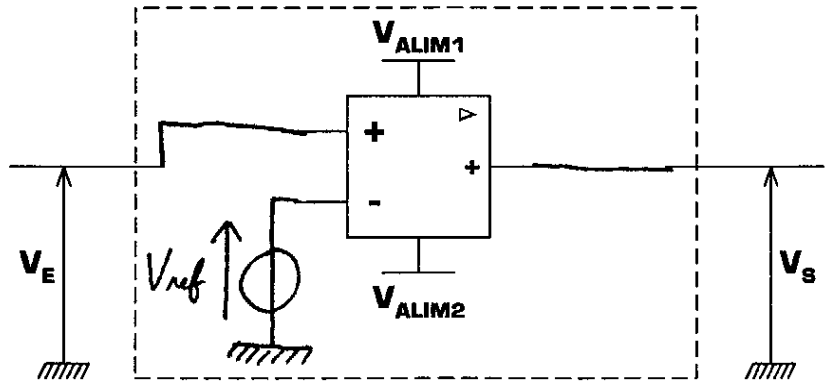
Il existe deux versions du comparateur de tension à simple seuil :

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

**III - 1 - Le comparateur non-inverseur à simple seuil**

Schéma du comparateur non-inverseur :

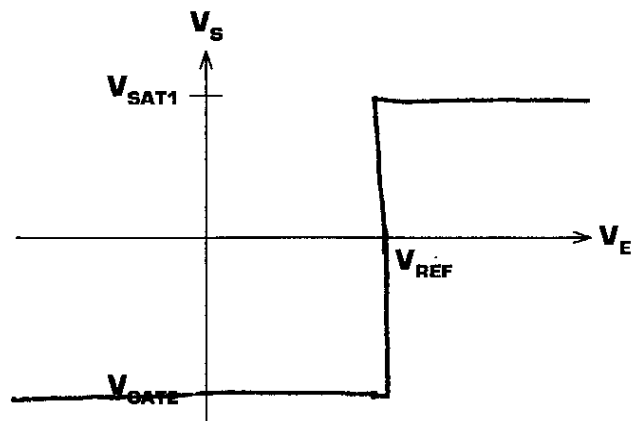
L'entrée  $V_E$  du comparateur est reliée à l'entrée *NON-INVERSEUSE* de l'A.L.I., et la tension de référence constante  $V_{ref}$  est connectée à l'entrée *INVERSEUSE* de l'A.L.I.



Conditions de basculement :

- \* si  $V_E > V_{ref}$  alors  $V_S = V_{SAT1}$
- \* si  $V_E < V_{ref}$  alors  $V_S = V_{SAT2}$

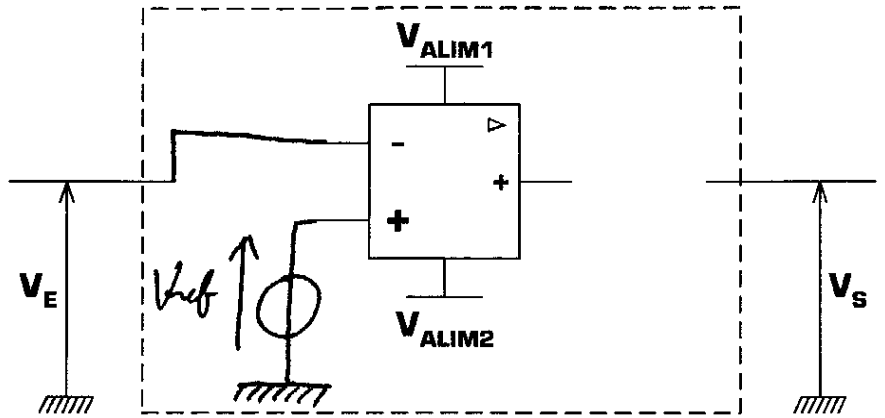
Caractéristique  $V_S = f[V_E]$  du comparateur non-inverseur :



### III - 2 - Le comparateur inverseur à simple seuil

Schéma du comparateur inverseur :

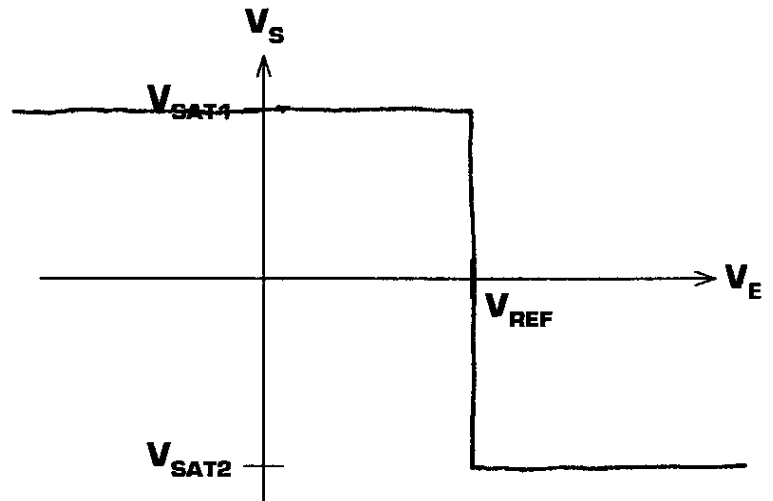
Cette fois l'entrée  $V_E$  du comparateur est reliée à l'entrée *INVERSEUSE* de l'A.L.I., et la tension de référence constante  $V_{ref}$  est connectée à l'entrée *NON-INVERSEUSE* de l'A.L.I.



Conditions de basculement :

- \* si  $V_E > V_{ref}$  alors  $V_S = V_{SAT2}$
- \* si  $V_E < V_{ref}$  alors  $V_S = V_{SAT1}$

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



### IV - 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.

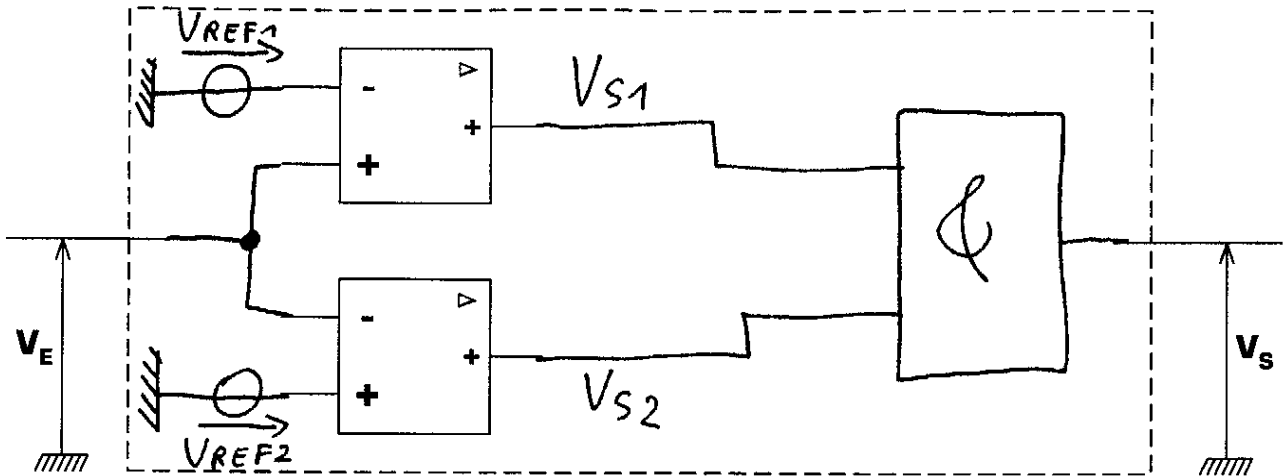
#### IV - 1 - Les comparateurs à fenêtre

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*

#### IV - 1 - 1 - Le comparateur à fenêtre à deux niveaux de sortie

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



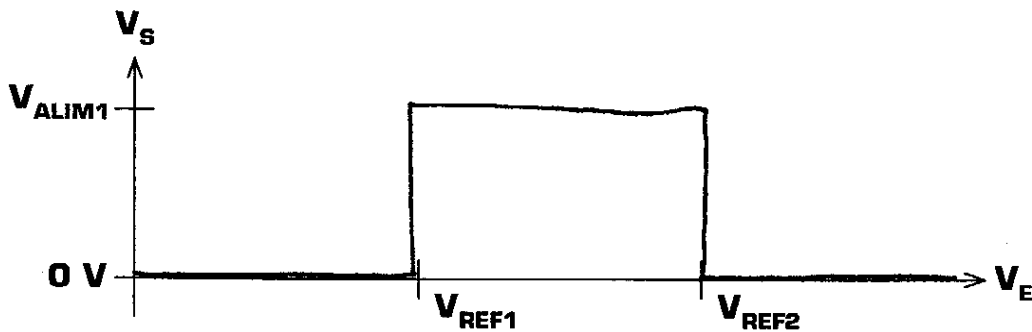
Les A.L.I. sont ici alimentés avec une alimentation simple ( $V_{ALIM1} > 0V$  et  $V_{ALIM2} = 0V$ ) tout comme la porte logique. On supposera que les deux niveaux de tension en sortie de la porte logique sont  $V_{ALIM1}$  et  $0V$  (porte logique parfaite, sans tension de déchet).

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

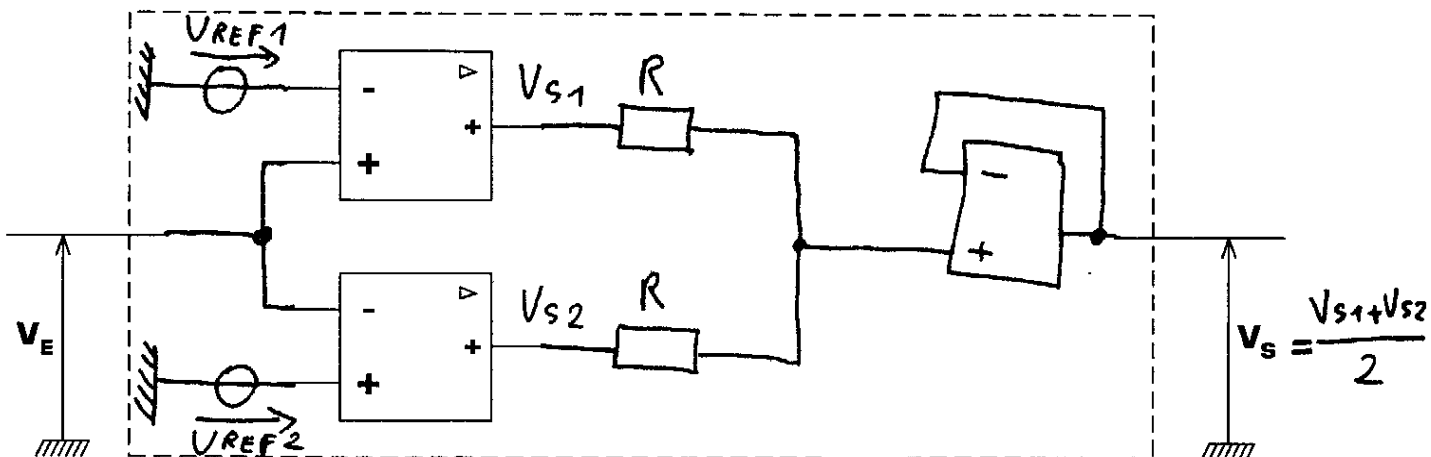
Conditions de basculement :

	$V_{S1}$	$V_{S2}$	$V_S$
$V_E < V_{REF1}$	0	1	0
$V_{REF1} < V_E < V_{REF2}$	1	1	1
$V_{REF2} < V_E$	1	0	0

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 :



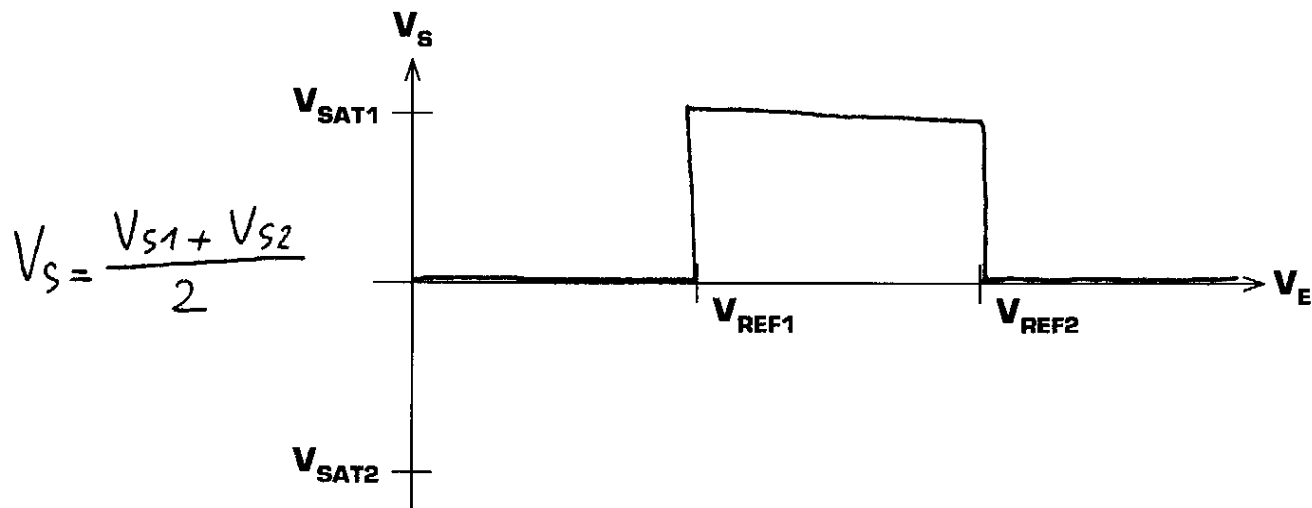
On suppose dans ce schéma que les 3 A.L.I. sont alimentés avec une alimentation symétrique ( $V_{ALIM1} = -V_{ALIM2}$ ).

Remarque :  $V_{REF1} < V_{REF2}$  et  $V_{ALIM1} > V_{ALIM2}$

Conditions de basculement :

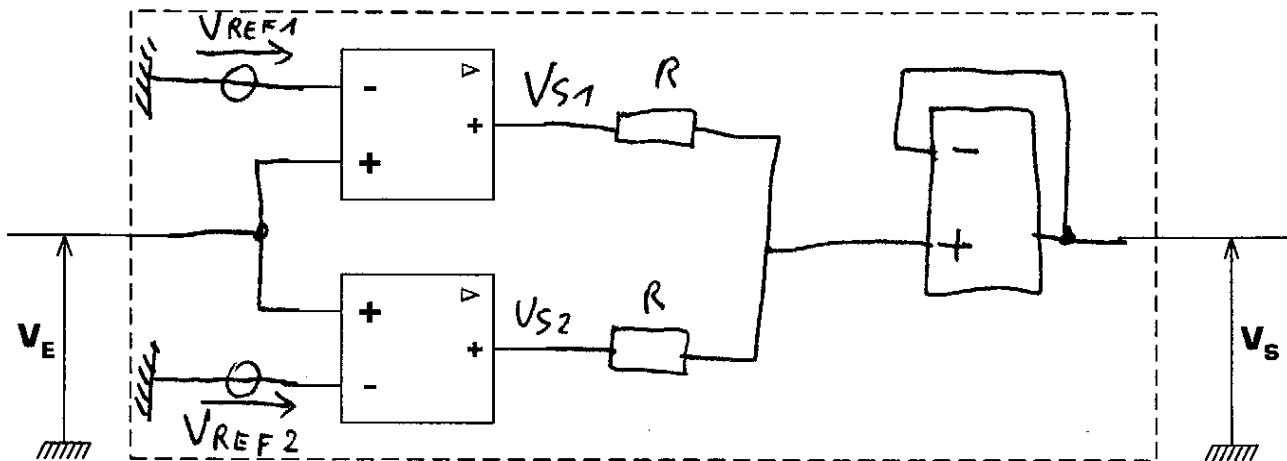
	$V_{S1}$	$V_{S2}$	$V_S$
$V_E < V_{REF1}$	$V_{SAT2}$	$V_{SAT1}$	0V
$V_{REF1} < V_E < V_{REF2}$	$V_{SAT1}$	$V_{SAT1}$	$V_{SAT1}$
$V_{REF2} < V_E$	$V_{SAT1}$	$V_{SAT2}$	0V

Caractéristique  $V_S = f(V_E)$  de ce comparateur à fenêtre à deux niveaux de sortie :



#### IV - 1 - 2 - Le comparateur à fenêtre à trois niveaux de sortie

Schéma du comparateur à fenêtre à trois niveaux de sortie :



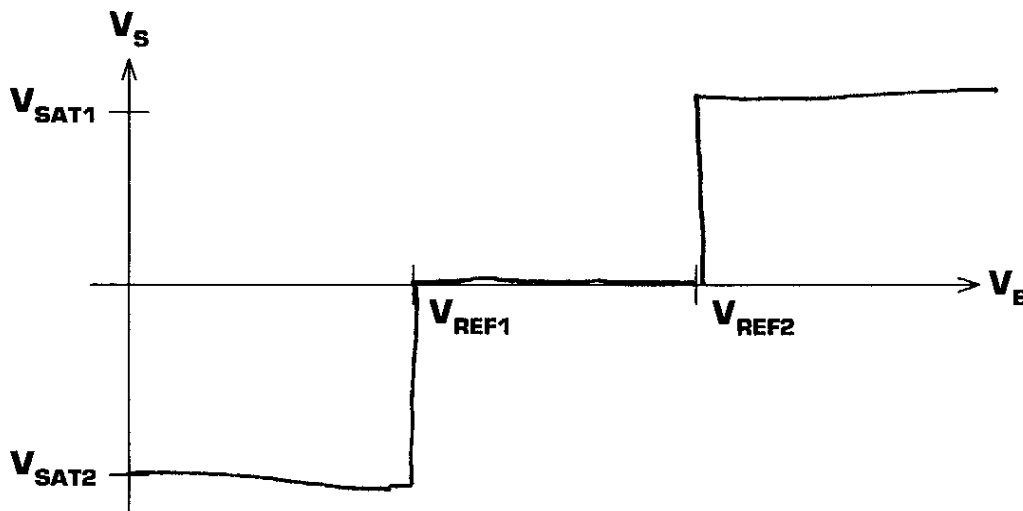
On suppose dans ce schéma que les 3 A.L.I. sont alimentés avec une alimentation symétrique ( $V_{ALIM1} = -V_{ALIM2}$ ).

Remarque :  $V_{REF1} < V_{REF2}$   $V_S = \frac{V_{S1} + V_{S2}}{2}$

Conditions de basculement :

	$V_{S1}$	$V_{S2}$	$V_S$
$V_E < V_{REF1}$	$V_{SAT2}$	$V_{SAT2}$	$V_{SAT2}$
$V_{REF1} < V_E < V_{REF2}$	$V_{SAT1}$	$V_{SAT2}$	OV
$V_{REF2} < V_E$	$V_{SAT1}$	$V_{SAT1}$	$V_{SAT1}$

Caractéristique  $V_S = f(V_E)$  de ce comparateur à fenêtre à trois niveaux de sortie :



#### IV - 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 entre les 2 seuils  $V_{HB}$  et  $V_{BH}$

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

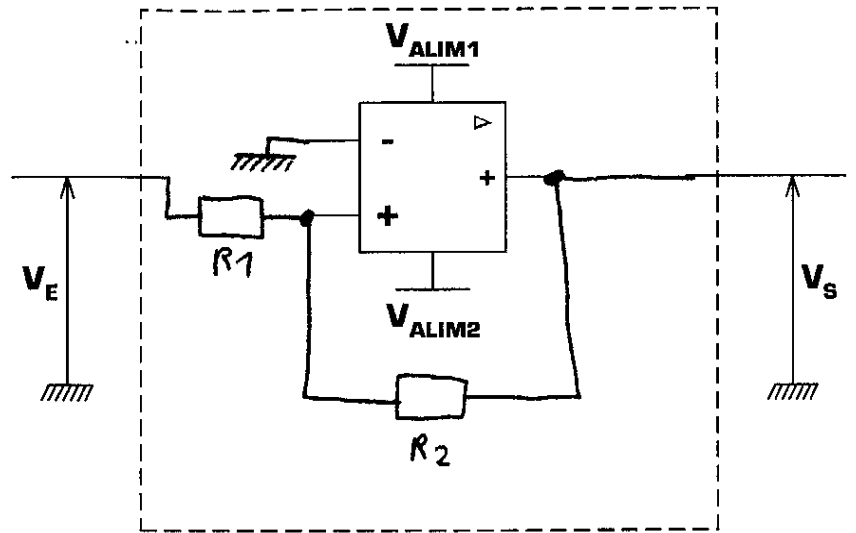
- \*  $V_{BH}$  est la valeur à appliquer sur  $V_E$ , afin d'obtenir  $V^+ = V^-$  [basculement du comparateur], lorsque la sortie  $V_S$  a comme valeur  $V_{SAT2}$  (niveau BAS).
- \*  $V_{HB}$  est la valeur à appliquer sur  $V_E$ , afin d'obtenir  $V^+ = V^-$  [basculement du comparateur], lorsque 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 [ $V_{ALIM1} = -V_{ALIM2}$ ].

## IV - 2 - 1 - Le montage Trigger non-inverseur

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

(Calcul des seuils  $V_{BH}$  et  $V_{HB}$  en dos)

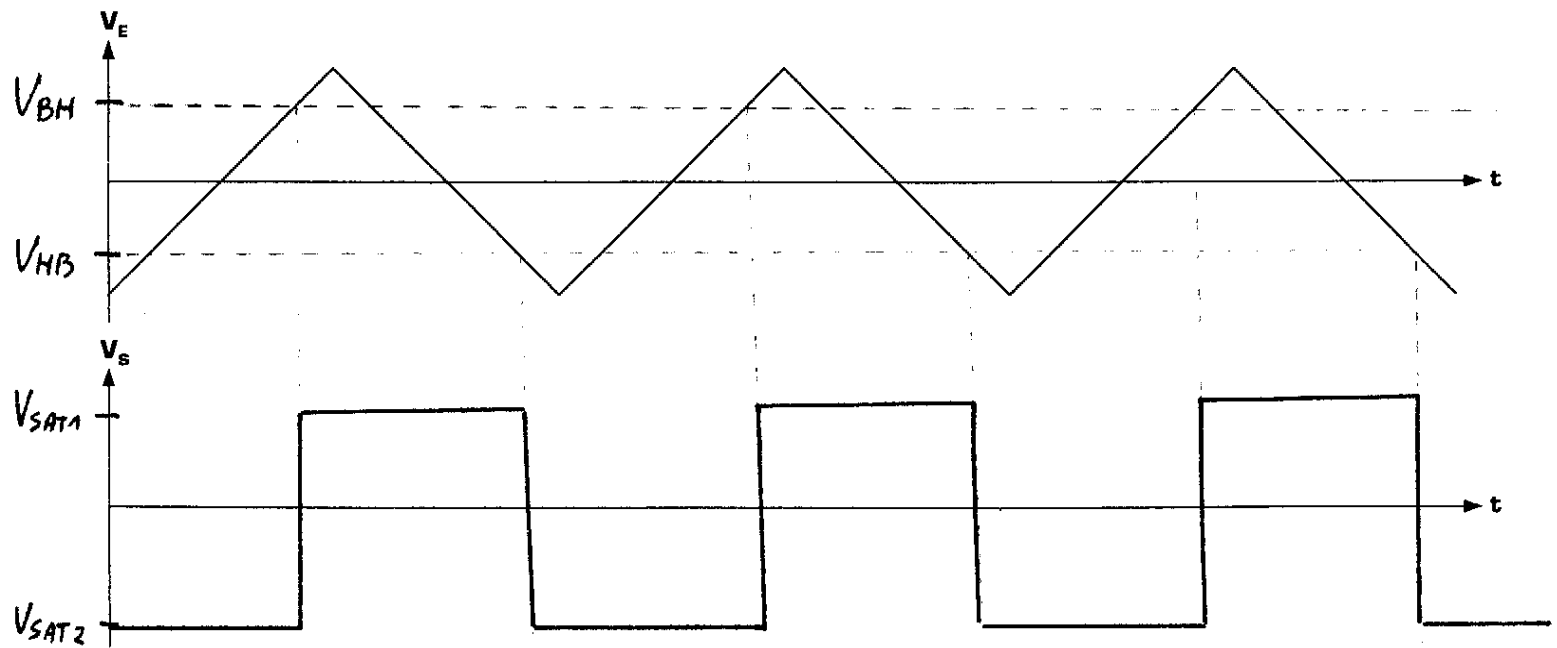


Calcul des seuils  $V_{BH}$  et  $V_{HB}$  :

$$* V_{BH} = -V_{SAT2} \frac{R_1}{R_2} > 0$$

$$* V_{HB} = -V_{SAT1} \frac{R_1}{R_2} < 0$$

Chronogrammes des signaux  $V_E$  et  $V_S$  :

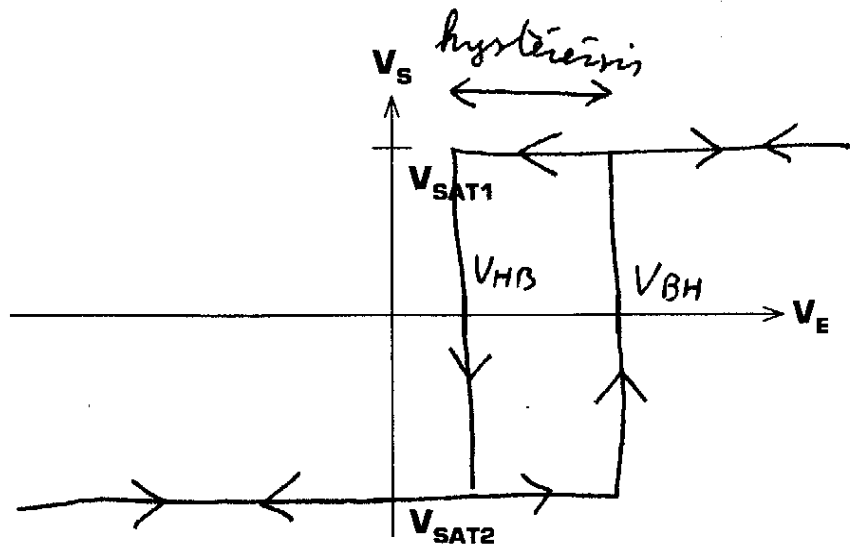


Cycle d'hystérésis du montage Trigger non-inverseur :

Remarques sur le montage Trigger non-inverseur :

$$* V_{BH} > V_{HB}$$

\* L'hystérésis du montage est  $V_{BH} - V_{HB}$



Calcul des seuils.

- TRIGGER NON INVERSEUR

$$* V_{BH}: \frac{V_E R_2 + V_S R_1}{R_1 + R_2} = 0$$

$$V_E R_2 + V_S R_1 = 0$$

$$V_{BH} R_2 + V_{SAT2} R_1 = 0$$

$$\Rightarrow V_{BH} = - V_{SAT2} \frac{R_1}{R_2}$$

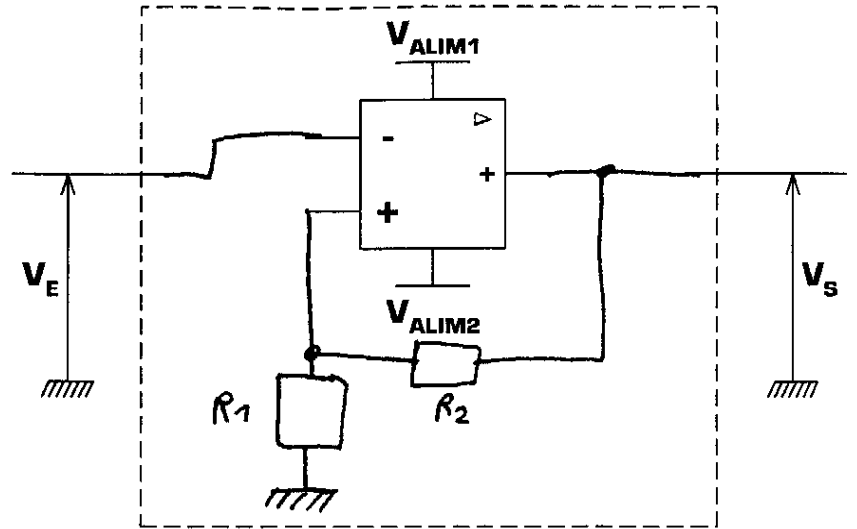
$$* V_{HB}: V_{HB} R_2 + V_{SAT1} R_1 = 0$$

$$\Rightarrow V_{HB} = - V_{SAT1} \frac{R_1}{R_2}$$



**IV - 2 - 2 - Le montage Trigger inverseur**

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



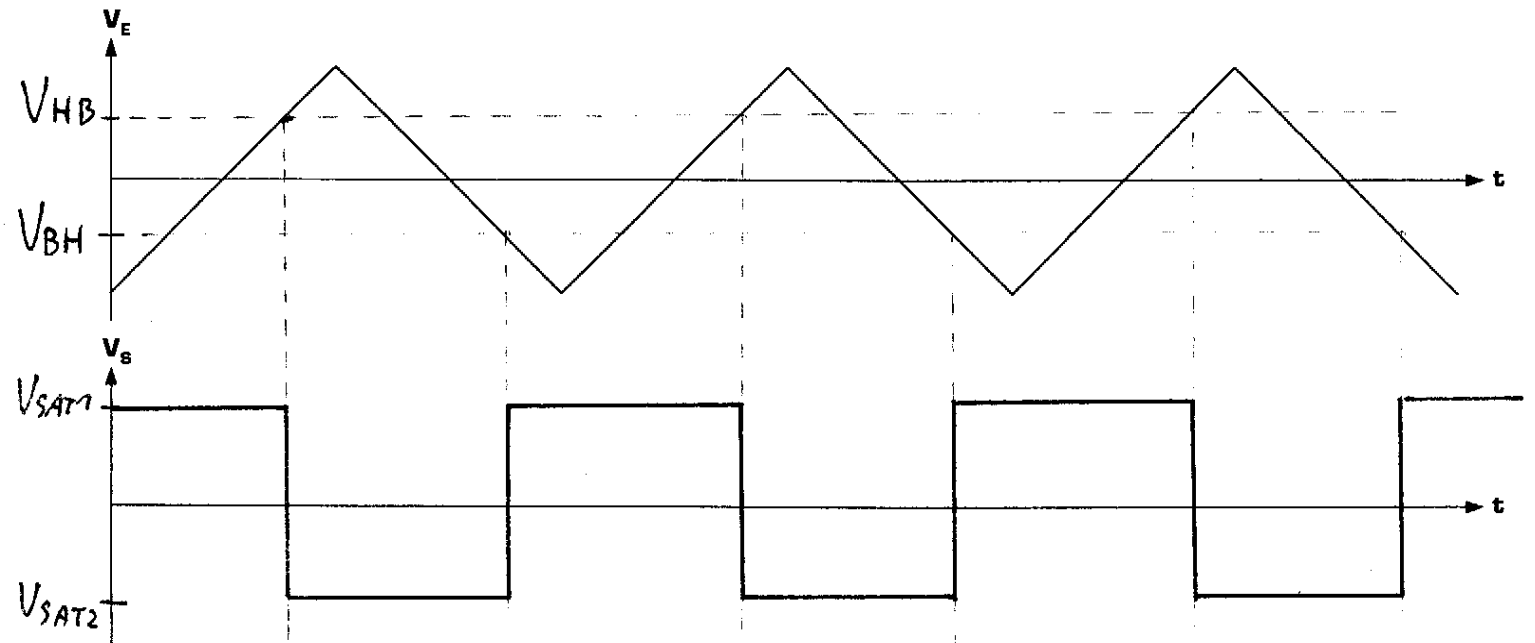
$$V^+ = V_s \frac{R_1}{R_1 + R_2}$$

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

$$* V_{BH} = V_{SAT2} \frac{R_1}{R_1 + R_2} < 0$$

$$* V_{HB} = V_{SAT1} \frac{R_1}{R_1 + R_2} > 0$$

Chronogrammes des signaux  $V_E$  et  $V_s$  :

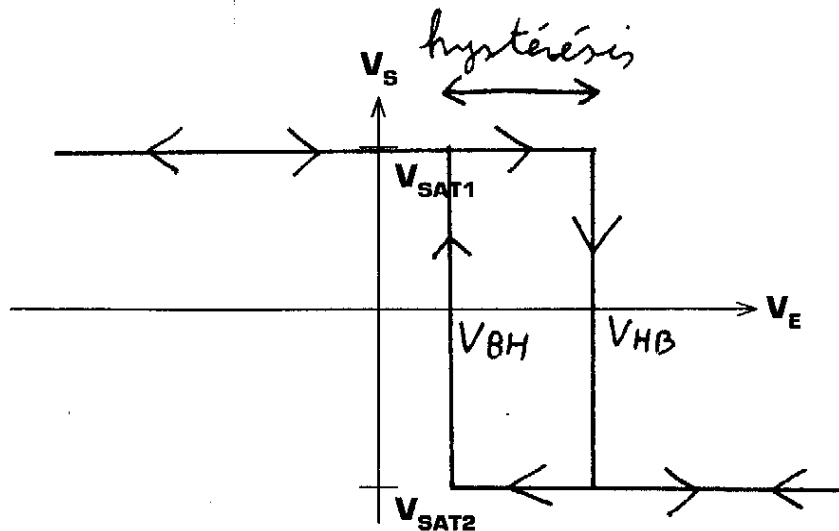


Cycle d'hystérésis du montage Trigger inverseur :

Remarques sur le montage Trigger inverseur :

$$* V_{HB} > V_{BH}$$

\* L'hystérésis du montage est  $V_{HB} - V_{BH}$



**Retrouvez d'autres cours sur le site ressource**

**[www.gecif.net](http://www.gecif.net)**

**Téléchargez librement sur Gecif.net :**

- ✍ **des cours et des TP de Génie Electrique**
- ✍ **des exercices et des évaluations avec corrections**
- ✍ **des ressources Automgen, ISIS Proteus et Flowcode**
- ✍ **des QCM pour réviser les cours et vous entraîner**
- ✍ **des logiciels d'électronique pour les installer chez vous**
- ✍ **des dossiers techniques de systèmes originaux**
- ✍ **des fiches pratiques sur tous les domaines des sciences de l'ingénieur**
- ✍ **des sujets de BAC**
- ✍ **et bien plus encore sur Gecif.net !**