

COMPARATEURS ANALOGIQUES

I/ RAPPEL

Signal logique et signal analogique

On dit qu'un signal électrique est logique lorsqu'il _____
_____.

On dit qu'un signal est analogique lorsque son évolution (en général en fonction du temps) passe par une multitude de valeurs.



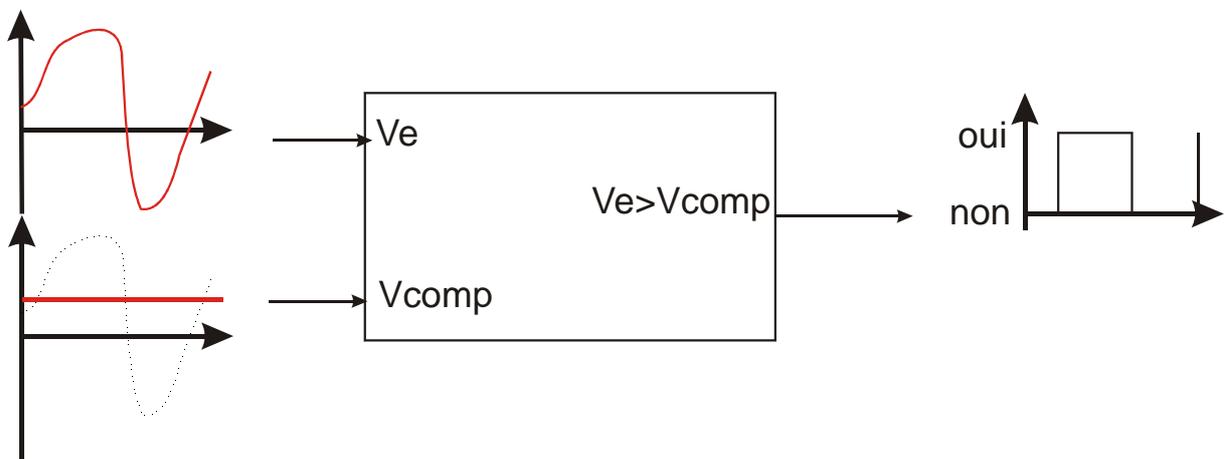
II/ PRINCIPE D'UNE MISE EN FORME PAR DÉTECTION DE SEUIL

L'objectif de cette mise en forme est de transformer un signal analogique en un signal logique afin de le rendre plus facilement exploitable ou plus facile à traiter.



II.1/ Un seul seuil

Cette mise en forme se fait en comparant la tension analogique avec une tension constante.

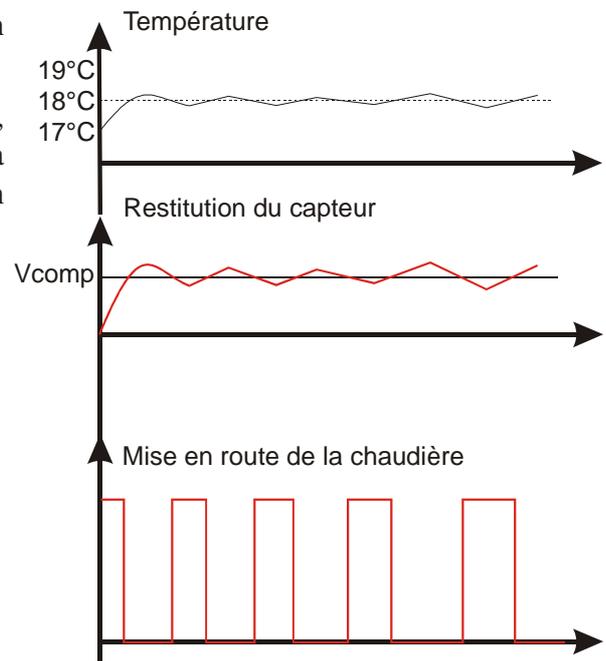


Ce principe bien que très simple, présente l'inconvénient de restituer des informations indésirables ou erronées dès qu'un signal est sujet à de faibles variations ou soumis à des parasites.

Exemple d'un dispositif de chauffage :

On souhaite que la chaudière se mette en marche lorsque la température passe sous 18°C.

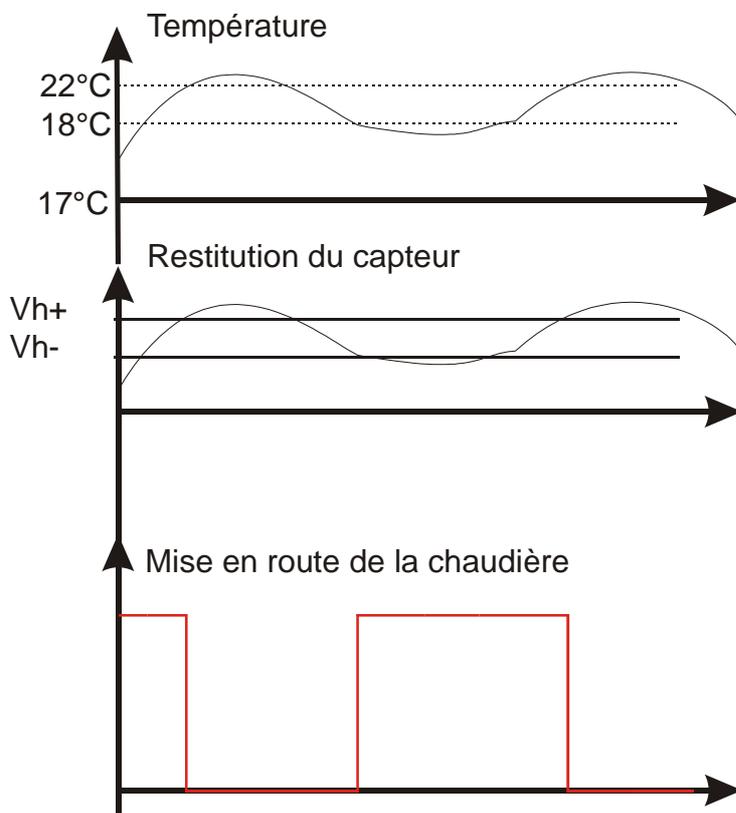
On voit qu'avec une détection à un seul seuil, la mise en marche de la chaudière se ferait à fréquence élevée et conduirait à sa détérioration rapide.



II.2/ Mise en forme à deux seuils ou à hystérésis

Pour ce type de mise en forme deux seuils permettent le changement d'état : un seuil haut et un seuil bas. La différence $V_{H+} - V_{H-}$ détermine la variation maximum tolérée.

Dans notre exemple, la chaudière s'arrête lorsque la température mesurée dépasse les 22°C et se remet en route si la température passe sous les 18°C.

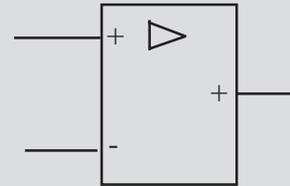


III/ MISE EN FORME PAR AMPLIFICATEUR LINÉAIRE INTÉGRÉ (ALI)

III.1/ Amplificateur intégré

Un amplificateur linéaire intégré, appelé encore amplificateur opérationnel, est un composant électronique qui dispose d'une amplification en *boucle ouverte** infinie, d'une large bande passante, d'une impédance d'entrée infinie (courants des pattes d'entrées nuls) et d'une impédance de sortie nulle.

Son symbole est le suivant :



Son alimentation se fait souvent par deux tensions symétriques mais certains sont alimentés aussi en monotension.

L'ALI n'étant pas un générateur, sa tension de sortie est forcément comprise entre V^- et V^+ .

III.2/ Mise en forme par seuil unique : ALI en boucle ouverte

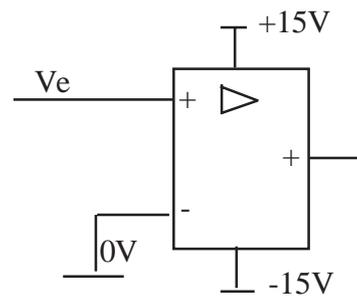
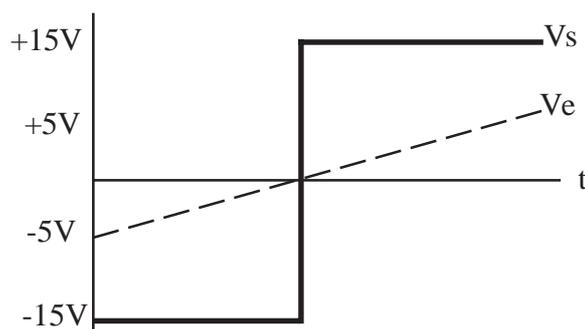
En boucle ouverte, l'ALI fonctionne **en comparateur** et répond à l'équation :

$$V_s = A_d.(e^+ - e^-) = A_d.\varepsilon$$

où A_d est l'amplification de la différence $(e^+ - e^-)$ et est théoriquement infinie.

Application : Supposons le montage suivant pour lequel la tension V_e varie de $-5V$ à $+5V$.

Lorsque $e^+ - e^-$ est positif V_s est égal à la tension supérieure d'alimentation (à la *tension de déchet** près)



Lorsque $e^+ - e^-$ est négatif V_s est égal à la tension inférieure d'alimentation (à la tension de déchet* près).

Evidemment la tension sur la borne e- peut être augmentée ou diminuée pour modifier la valeur du seuil.

Boucle ouverte : on dit qu'un amplificateur est en boucle ouverte lorsque qu'il n'y a pas de signal injecté de sa sortie sur son entrée.

tension de déchet : on appelle tension de déchet la différence de tension entre la tension de sortie théorique et la tension de sortie réelle. Elle provient des imperfections de l'amplificateur opérationnel

III.3/Mise en forme par deux seuils : Trigger de Schmitt

En réalisant une rétroaction sur la borne e^+ on fait fonctionner l'amplificateur opérationnel en **boucle fermée** et en COMPAREUR.

Pour connaître les deux seuils de commutation, il est nécessaire de procéder à une analyse quantitative.

Méthodologie

- Dans un premier temps il faut bien s'assurer que la rétroaction se fait sur e^+ (si elle se faisait sur e^- l'analyse n'est pas la même).
- Définir puis tracer un sens de courant et les flèches de tensions
- Trouver l'équation littérale de la tension en e^+ :

$$\text{ici } e^+ = V_s \cdot R_2 / (R_1 + R_2)$$

- Comme l'ALI fonctionne en commutation, la tension de sortie ne peut prendre que deux valeurs qui sont : _____ et _____

donc e^+ peut prendre les valeurs $V_{TH+} = \text{_____}$ et $V_{TH-} = \text{_____}$

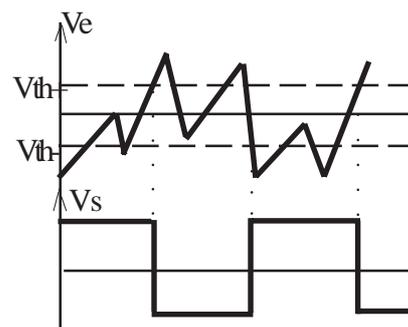
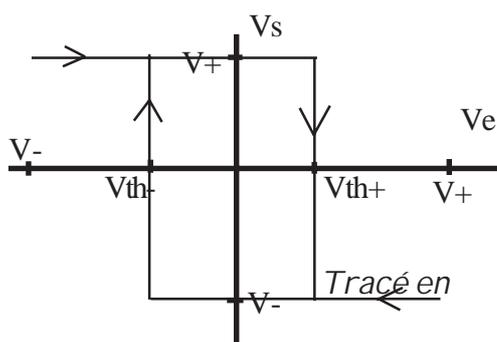
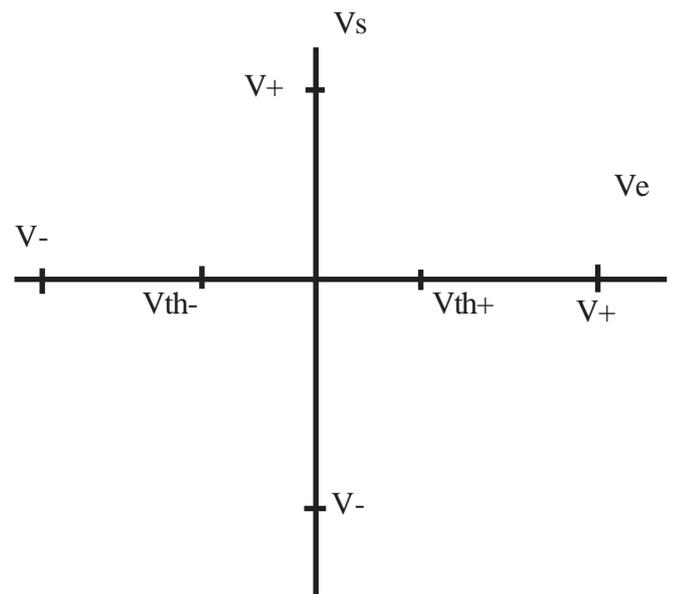
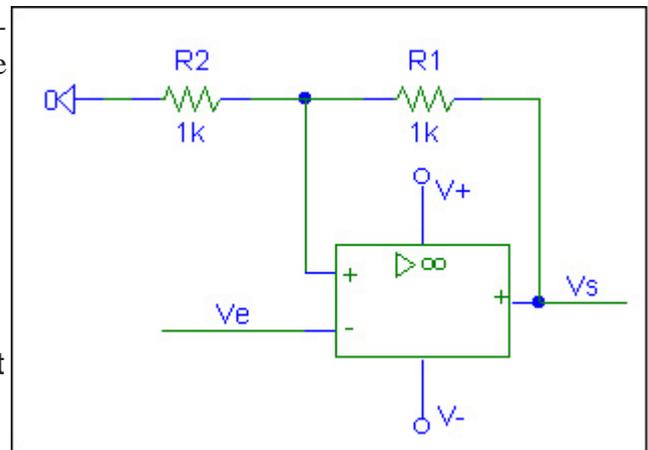
- Tracer le système d'axe $V_s = f(V_e)$ puis placer ces deux points caractéristiques.

- Si $V_e = V^+$ alors V_s sera forcément égale à V^- car $(e^+ - e^-) < 0$. Dans ce cas $e^+ = V_{TH-}$ et la sortie passera à V^+ si la tension d'entrée V_e devient inférieure à V_{TH-} .

- Si $V_e = V^-$ alors V_s sera forcément égale à V^+ car $(e^+ - e^-) > 0$. Dans ce cas $e^+ = V_{TH+}$ et la sortie passera à V^- si la tension d'entrée V_e devient supérieure à V_{TH+} .

- On peut alors tracer la caractéristique complète en n'oubliant pas les flèches de direction.

L'application d'une tension analogique donnerait le résultat suivant :



III.4/ Les comparateurs intégrés

Certains amplificateurs opérationnels sont spécialisés dans la comparaison de signaux analogiques. On les appelle des comparateurs.

Leur utilisation et l'analyse de leur structure est identique à ce qui a été vu au paragraphe précédent.

S'il s'agit de comparateurs à collecteurs ouverts, il convient de prendre quelques précautions avant l'analyse.

Lorsque la sortie d'un circuit est à collecteur ouvert son symbole comporte un losange souligné et sa sortie est uniquement associée au collecteur du transistor NPN de sortie:

L'avantage du collecteur ouvert est qu'il permet de disposer en sortie d'une tension positive différente de la tension positive d'alimentation du comparateur. Par contre, cette même sortie doit être polarisée par une résistance de Pull-Up.

Cette résistance et cette tension de sortie doivent être prises en compte dans le calcul de V_{th+} lorsque la tension doit être à l'état haut.

Le transistor de sortie étant bloqué dans cette condition

$V_{th+} = V_{cc} \cdot R_2 / (R_{eq} + R_2)$
ou R_{eq} est la résistance équivalente entre R et $R_1 + R_3$

Et V_s sera plus faible que V_{cc}

Le reste du raisonnement est le même qu'au précédent paragraphe..

