

El21n – ÉTUDE D'UN MONTAGE COMPAREUR

Auteur : Abdelilah YAZI

TI-Nspire™ CAS

Mots-clés : amplificateur opérationnel, fonctionnement linéaire, Trigger de Schmitt, comparateur, bascule de Schmitt.

Fichiers associés : El21nElev_Comparateur.pdf, simple_continu.tns, simple_sinusoidal.tns, Trigger_Schmitt.tns, hysteresis.tns.

1. Objectifs

- Étudier le montage comparateur simple.
- Étudier le montage comparateur à deux seuils « Trigger de Schmitt » et ses applications.

2. Matériel

- Une calculatrice TI-Nspire,
- Une interface d'acquisition LabStation,
- 2 capteurs de tension,
- Amplificateur TL081,
- Résistances : 1 K Ω , 10 K Ω , 47 K Ω ,
- Deux DEL : rouge et verte,
- Générateur de signaux,
- Alimentations continues réglables.

3. Commentaires

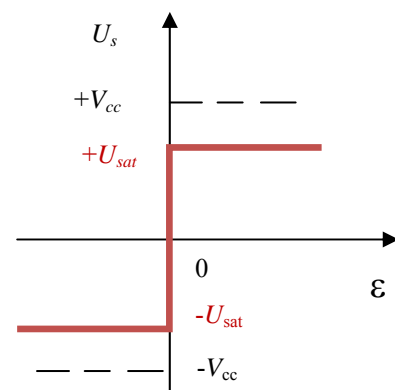
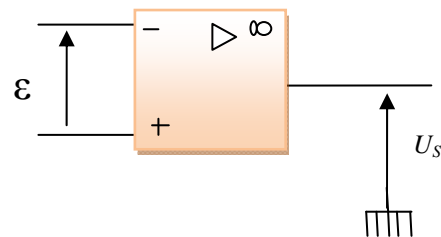
La tension différentielle d'entrée ε d'un amplificateur opérationnel (AOP) est la différence de potentiels entre l'entrée non inverseuse et l'entrée inverseuse.

La tension de sortie U_s dépend directement de cette tension différentielle d'entrée ε .

Le grand gain en boucle ouverte d'un AOP conduit à la saturation soit positive soit négative de la tension de sortie dès que la différence des tensions d'entrée n'est pas strictement nulle.

On distingue alors trois zones :

- zone de linéarité : $\varepsilon \approx 0$ V ; $-U_{sat} < U_s < +U_{sat}$
- zone de saturation haute : $\varepsilon > 0$ V ; $U_s = +U_{sat}$
- zone de saturation basse : $\varepsilon < 0$ V ; $U_s = -U_{sat}$



Caractéristique de transfert $U_s = f(\varepsilon)$

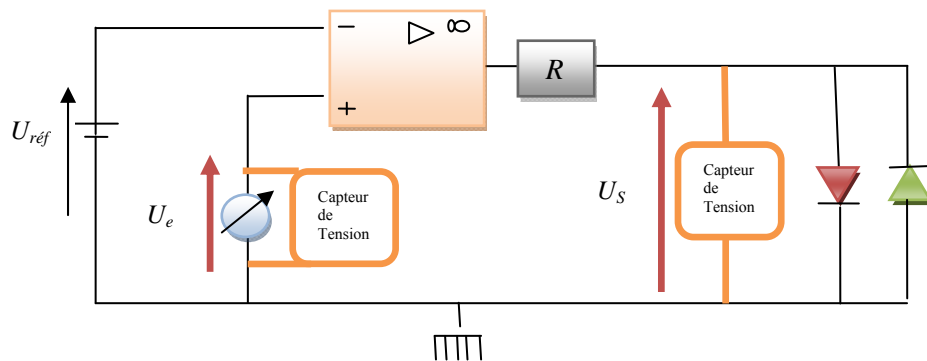
On se propose d'étudier le montage comparateur simple, puis celui à deux seuils à hystérésis appelé « trigger de Schmitt » utilisé dans de nombreuses applications :

- Débarrasser un signal du bruit,
- Réaliser des circuits de contrôle : thermostats, interrupteurs, maintien du niveau dans une cuve, sonneries des téléphones portables, le fameux bip des premiers ordinateurs, autres jeux électroniques...

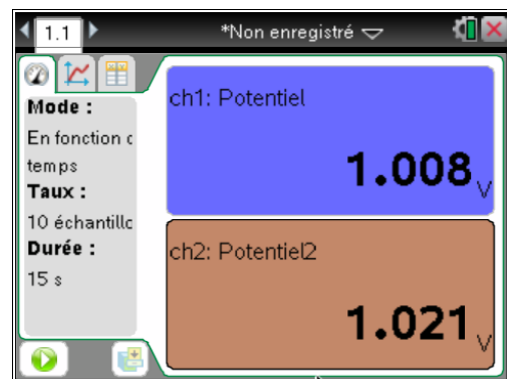
4. Conduite de l'activité

1) Comparateur simple (non inverseur)

a) Montage

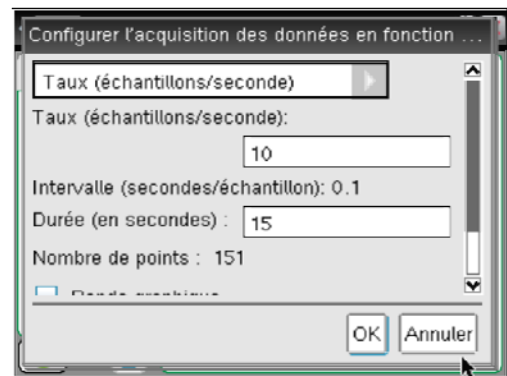


- Repérer les bornes d'entrée notées e^+ , e^- et la borne S.
- Réaliser le montage ci-dessus :
 $R = 1\text{ K}\Omega$, $U_{\text{réf}} = 4,5\text{ V}$.
- La tension d'entrée U_e appliquée entre la borne e^+ et la masse, est fournie par une alimentation **continue** réglable.
- $U_{\text{réf}}$ est une tension continue de référence, par exemple celle délivrée par une pile.
- Les capteurs de tension sont automatiquement reconnus.



b) Mesures et résultats

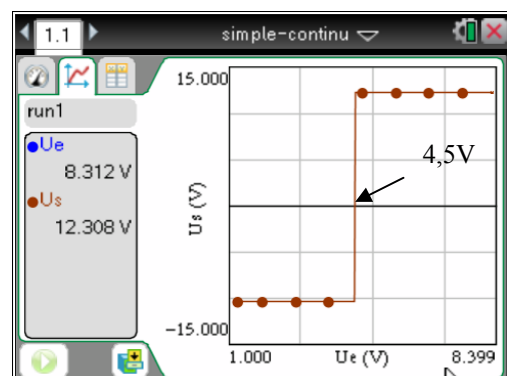
- Mettre la calculatrice sous tension et choisir une nouvelle application **DataQuest** en cliquant sur l'icône
- Pour paramétrer l'expérience, appuyer sur la touche **menu** et choisir **1 : Expérience**, **8 : Configuration de l'acquisition**.
- Démarrer les mesures en cliquant sur le bouton
- Faire varier (sans arrêt) la tension U_e de 0 V à + 8 V.
- Observons l'état de chaque D.E.L pour une tension supérieure à $U_{\text{réf}}$ et pour une tension inférieure à $U_{\text{réf}}$.
- Ouvrir un graphique représentant la tension de sortie U_s en fonction de la tension d'entrée U_e :



c) Caractéristique de transfert $U_s = f(U_e)$

Loi des mailles : $\varepsilon = U_e - U_{\text{réf}}$.

- Si $U_e > U_{\text{réf}}$ alors $\varepsilon > 0$ et $U_s = U_{\text{sat}} = 12,3\text{ V}$ (D.E.L verte brille).
- Si $U_e < U_{\text{réf}}$ alors $\varepsilon < 0$ et $U_s \approx -U_{\text{sat}}$ (D.E.L rouge brille).
- Le niveau d'entrée ($U_e = U_{\text{réf}}$) qui provoque le basculement de la sortie est appelé : **tension de seuil**.



Ce montage compare la tension d'entrée à une tension de référence ($U_{réf}$). L'état de la sortie donne le résultat de la comparaison.

La tension de référence fixe le point de basculement de l'amplificateur opérationnel.

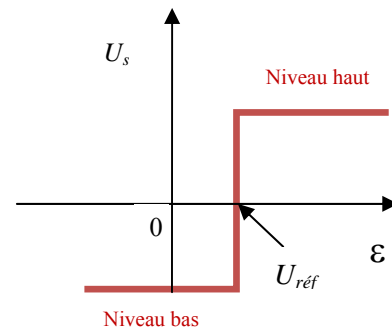



Diagramme de transfert

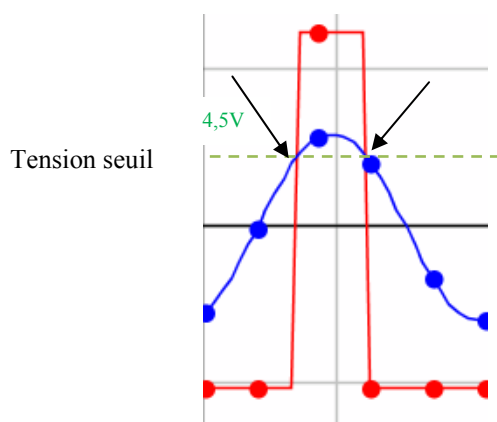
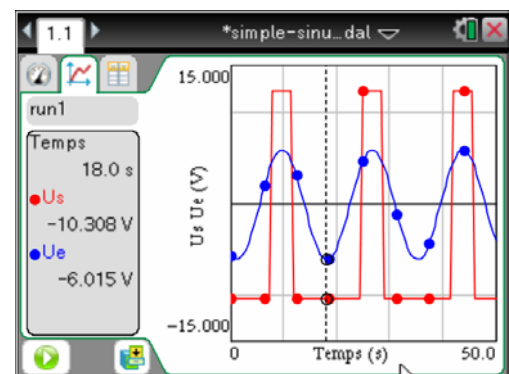
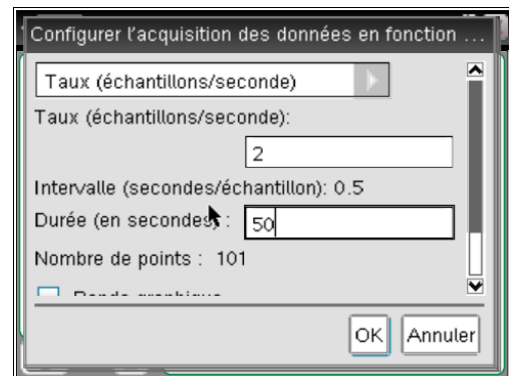
2) Comparateur simple (régime **variable**)

a) Montage

Réaliser le même montage que le précédent en remplaçant l'alimentation continue réglable par un générateur qui délivre une tension sinusoïdale d'amplitude 6 V (dépassant la tension de référence, ici $U_{réf} = 4,5$ V pour visualiser le phénomène).

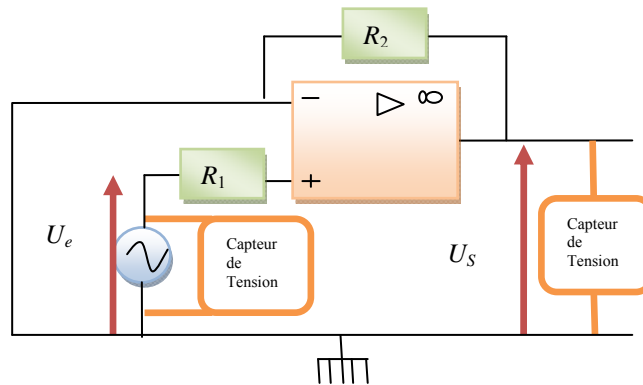
b) Mesures et résultats

- Pour paramétrer l'expérience, appuyer sur la touche **menu** et choisir **1 : Expérience, 8 : Configuration de l'acquisition**.
- Choisir une acquisition sur 50 s avec 2 échantillons par seconde.
- Appuyer sur la touche **tab** pour sélectionner chaque champ de saisie, y compris le bouton **OK** de confirmation.
- Démarrer les mesures en cliquant sur le bouton .
- Ouvrir un graphique représentant les deux tensions U_s et U_e en fonction du temps.
- De la même manière que le montage précédent, le niveau d'entrée ($U_e = U_{réf}$: tension seuil) provoque le basculement de la sortie.




3) Comparateur à deux seuils (Trigger de Schmitt)

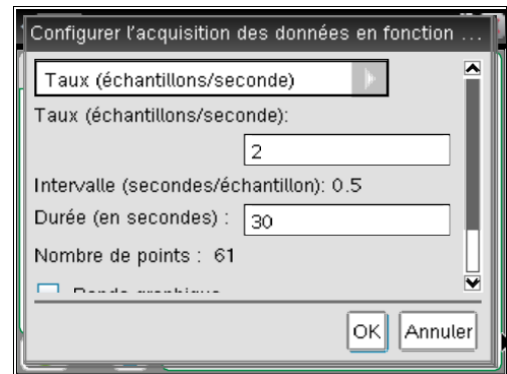
a) Montage



- Réaliser le montage ci-dessus, avec $R_1 = 10\text{ K}\Omega$, $R_2 = 47\text{ K}\Omega$.
- La tension d'entrée U_e est sinusoïdale.

b) Mesures et résultats

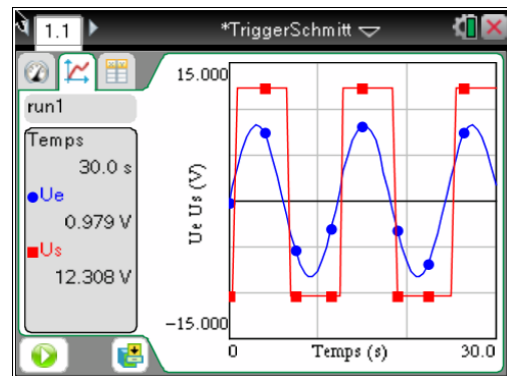
- Pour paramétrer l'expérience, appuyer sur la touche **menu** et choisir **1 : Expérience, 8 : Configuration de l'acquisition**.
- Choisir une acquisition sur 30 s avec 2 échantillons par seconde.
- Appuyer sur la touche **tab** pour sélectionner chaque champ de saisie, y compris le bouton **OK** de confirmation.
- Démarrer les mesures en cliquant sur le bouton .
- Ouvrir un graphique représentant les deux tensions U_s et U_e en fonction du temps.



c) Caractéristique de transfert $U_s = f(U_e)$

Le diagramme temporel des tensions d'entrée et de sortie montre que ce montage possède deux tensions de seuil U_B (bas) et U_H (haut).

- Si $U_e > U_H$ alors $\varepsilon > 0$ et $U_s = U_{sat} = 12,3\text{ V}$.
- Si $U_e < U_B$ alors $\varepsilon < 0$ et $U_s \approx -U_{sat}$.
- Si $U_B < U_e < U_H$: phénomène d'hystérésis (qu'on étudiera dans le montage suivant)

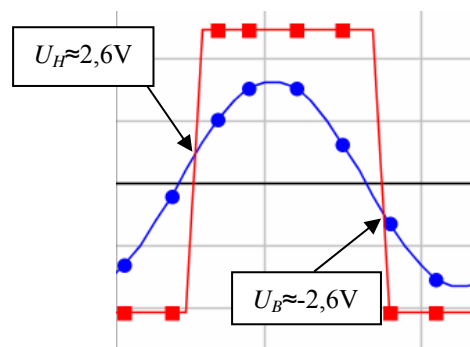


On a donc deux points de basculement de l'amplificateur opérationnel, d'où le nom de «bascule de Schmitt»

- Calcul de U_B et U_H :

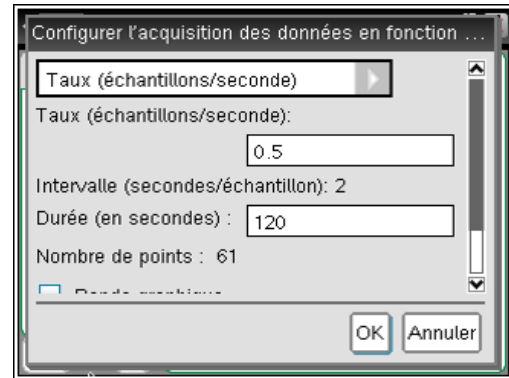
$$U_H = \frac{R_1}{R_2} \times U_{sat} = \frac{10}{47} \times 12,3 \approx 2,6\text{ V}.$$



$$U_B = \frac{-R_1}{R_2} \times U_{sat} = \frac{-10}{47} \times 12,3 \approx -2,6\text{ V}.$$

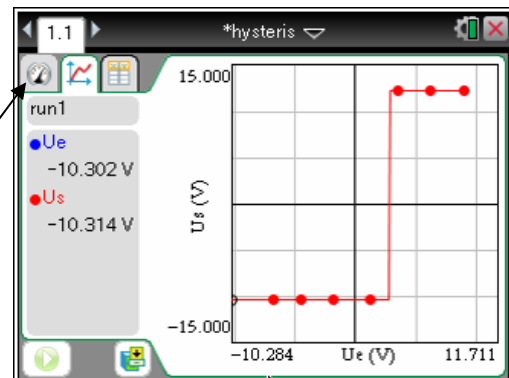



d) Hystérésis

- Réaliser le même montage que le précédent en remplaçant la tension d'entrée sinusoïdale par un générateur de tension continue réglable.
- Pour paramétrer l'expérience, appuyer sur la touche **menu** et choisir **1 : Expérience, 8 : Configuration de l'acquisition**.
- Choisir une acquisition sur 120 s avec 0,5 échantillons par seconde.
- Appuyer sur la touche **tab** pour sélectionner chaque champ de saisie, y compris le bouton **OK** de confirmation.



- Démarrer les mesures en cliquant sur le bouton .
- Faire varier la tension U_e de -8 V à $+8\text{ V}$ (avec une rampe d'environ 1 V par 5 s).
- Ensuite cliquez sur la touche  pour enregistrer les données de l'évolution croissante (run1).



- Démarrer une nouvelle série de mesures en cliquant sur le bouton  (run2) pour une évolution décroissante, en variant la tension de 8 V à -8 V (la configuration d'acquisition reste conservée).

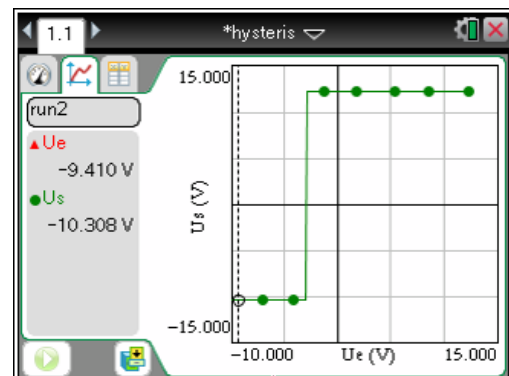


Diagramme d'hystérésis

On obtient deux seuils à l'instar du trigger inverseur, ce qui va conduire à un cycle d'hystérésis :

- Première évolution croissante avec un seuil positif
 $U_H \approx 2,6\text{ V}$.
- Deuxième évolution décroissante avec un seuil négatif
 $U_B \approx -2,6\text{ V}$.
- Si l'on assemble ces deux courbes, (en cliquant sur Tout) on obtient un phénomène dit d'hystérésis qui caractérise le principe fondamental de trigger de Schmitt. Les points de basculement diffèrent selon le sens d'évolution de la tension d'entrée U_e .

