


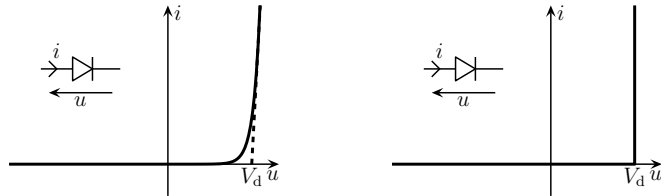
## Montages non linéaires

L'objectif de ce TP est de réaliser et d'étudier quelques circuits comportant des composants non linéaires. Les deux premières parties seront consacrées au redressement d'une tension sinusoïdale. Dans la troisième partie, le composant non linéaire sera un amplificateur opérationnel fonctionnant en régime saturé.

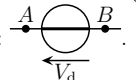
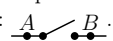
Ce TP s'appuie principalement sur le travail effectué lors du chapitre §ELCT8 Circuits non linéaires. On rappelle que les relations notées (\*) sont celles qu'il faut savoir retrouver et que les durées mentionnées sont données à titre purement indicatif pour permettre l'évaluation de l'importance relative des différentes parties.

### Rappels sur la diode

La diode est un composant semi-conducteur polarisé dont le symbole est  et dont la caractéristique est représentée ci-dessous. Les bornes A et B sont respectivement l'anode et la cathode de la diode. Sur les composants électroniques, la cathode est repérée par un trait.

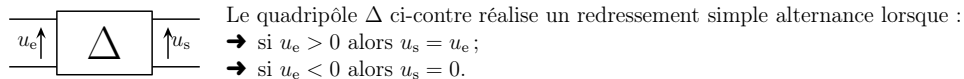


La caractéristique de la diode est souvent linéarisée de la manière représentée ci-dessus.  $V_d$  est la tension de seuil. Dans ces conditions, il existe deux modes de fonctionnement de la diode (ou deux « états »).

- Mode passant :  $i > 0$  et  $u = V_d$ . La diode est alors électriquement équivalente à un générateur idéal de tension : .
- Mode bloqué :  $i = 0$  et  $u < V_d$ . La diode est alors électriquement équivalente à un interrupteur ouvert : .

### I) Redressement simple alternance

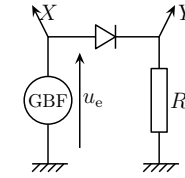
#### 1°) Définition



#### 2°) Redressement avec seuil

##### i. montage

- Ce montage a été étudié en cours §ECLT8-I.  
 → Réalisez le montage ci-dessous avec  $u_e(\sin; 200 \text{ Hz}; 2,0 \text{ V})$  et  $R = 10 \text{ k}\Omega$ .



##### ii. observations

- Visualisez en mode DUAL les voies X et Y pour différentes formes de la tension  $u_e(t)$ .
- Affichez en mode XY la caractéristique  $u_s = f(u_e)$  de ce quadripôle.
- Déterminez la tension de seuil de la diode.

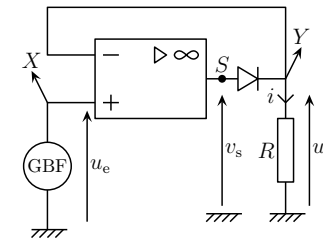
$V_d =$

- Augmentez la fréquence et observez ce qui se passe. Commentez.

### 3°) Redressement sans seuil

##### i. montage

- Ce montage a été étudié en cours §ELCT8-II. On rappelle qu'il est tel que :
- $u_s(t) = u_e(t)$  lorsque  $u_e(t) > 0$ ;
  - $u_s(t) = 0$  sinon.



- Réalisez le montage ci-dessus avec un AO  $\mu A741$ ;  $u_e(\sin; 200 \text{ Hz}; 2,0 \text{ V})$  et  $R = 10 \text{ k}\Omega$ .

##### ii. correction de l'effet de seuil ...

- Observez en mode DUAL les tensions  $u_e(t)$  et  $u_s(t)$ .

##### iii. ... mais apparition d'un autre défaut ...

- Augmentez la fréquence jusqu'à environ 5 kHz en observant  $u_s(t)$  et  $u_e(t)$  simultanément.
- Imprimez lorsque le nouveau défaut est indéniablement visible.
- Expliquez ce qu'il se passe en observant  $u_e(t)$  et  $v_s(t)$ .



**iv. ... que l'on corrige en partie**

- Ajoutez une diode dont la cathode est reliée au point *S* et l'anode à la masse.
- Observez  $u_e(t)$  et  $u_s(t)$  à des fréquences où il existait des défauts. Que constatez-vous ?



- Observez  $u_e(t)$  et  $u_s(t)$  pour expliquer pourquoi le défaut précédemment mis en évidence est en partie corrigé.



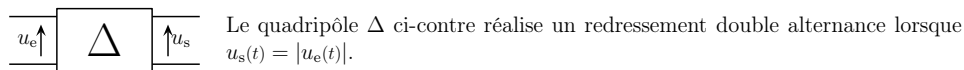
**v. observation de spectre**

- Comparez les spectres des tensions d'entrée et de sortie pour une fréquence où le montage redresse correctement la tension d'entrée.



**II) Redressement double alternance**

**1°) Définition**

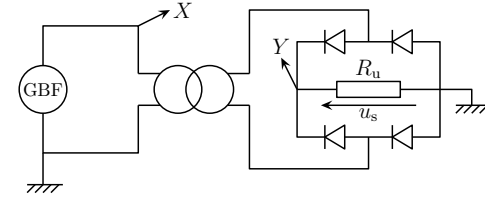


**2°) Redressement avec seuil**

**i. montage**

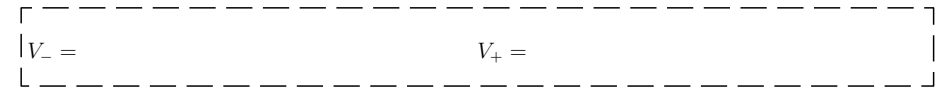
Ce montage a été étudié en cours [§ELCT8·I].

- Réaliser le montage ci-dessous avec  $u_e(\sin; 200 \text{ Hz}; 2,0 \text{ V})$  et  $R = 10 \text{ k}\Omega$ .



**ii. observations**

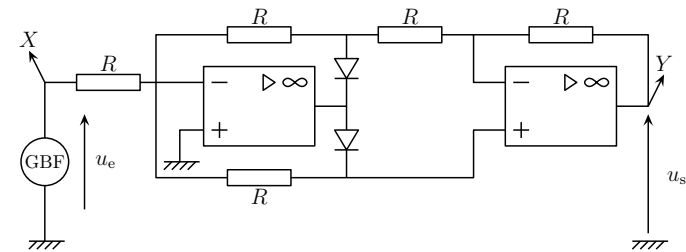
- Affichez simultanément  $u_e(t)$  et  $u_s(t)$  sur l'oscilloscope.
- Déterminez la tension de seuil du montage et des diodes en utilisant le mode XY.



**3°) Redressement sans seuil**

**i. montage**

- Ce circuit est étudié dans l'exercice [ELCT8·2]. On y montre que l'on a bien  $u_s(t) = |u_e(t)|$ .
- Réalisez le montage ci-dessous avec 2 AO TL081 ;  $R = 10 \text{ k}\Omega$  et  $R_u = 10 \text{ k}\Omega$ .



**ii. observation temporelle ...**

- Affichez simultanément  $u_e(t)$  et  $u_s(t)$  et vérifiez que le montage remplit bien sa fonction, notamment en affichant directement sur l'écran de l'oscilloscope  $u_s = f(u_e)$ .

**iii. ... et fréquentielle**

- Affichez et imprimez le spectre de  $u_s(t)$  et comparez-le avec le spectre de la tension redressée mono alternance.

**III) Montages à amplificateurs opérationnels en régime saturé**

**1°) Comparateur à hystérésis**

On appelle aussi ce montage « trigger de SCHMITT ».

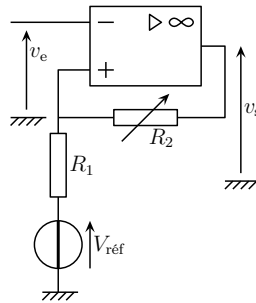
**i. montage**

Ce montage a été étudié en cours [§ELCT8-II]. On y a montré que :

→  $v_e(t) > \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{\text{réf}} - \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{\text{sat}}$ , alors  $v_s(t) = -V_{\text{sat}}$  ;

→  $v_e(t) < \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{\text{réf}} + \frac{R_1}{R_1 + R_2} V_{\text{sat}}$ , alors  $v_s(t) = +V_{\text{sat}}$ .

Le cycle d'hystérésis est donc centré sur la valeur  $\frac{R_2}{R_1 + R_2} V_{\text{réf}}$  et de largeur  $\frac{2R_1}{R_1 + R_2} V_{\text{sat}}$ . (\*)



→ Réalisez le montage ci-dessus avec un AO  $\mu\text{A}741$  ;  $R_1 = 1,0 \text{ k}\Omega$  ;  $R_2 \simeq 10 \text{ k}\Omega$  et  $v_e$  (triang ; 100 Hz ; 10,0 V).  $V_{\text{réf}}$  est une tension constante réalisée avec un **GBF** d'environ exactement 2,0 V.

**ii. ça marche bien**

En se plaçant en mode XY, on peut visualiser le cycle d'hystérésis et, de là, en déduire la largeur et le centre.

→ En prenant pour  $V_{\text{réf}}$  et  $R_2$  les valeurs ci-dessous, vérifiez l'exactitude de la formule en terme de *dépendance fonctionnelle*.

Position du centre du cycle			
$V_{\text{réf}}$	$R_2 = 1,0 \text{ k}\Omega$	$R_2 = 5,0 \text{ k}\Omega$	$R_2 = 10 \text{ k}\Omega$
0			
2,0 V			
4,0 V			
Largeur du cycle			
$V_{\text{réf}}$	$R_2 = 1,0 \text{ k}\Omega$	$R_2 = 5,0 \text{ k}\Omega$	$R_2 = 10 \text{ k}\Omega$
0			
2,0 V			
4,0 V			

**iii. mais dans un domaine limité**

→ Augmentez la fréquence de décade en décade et décrivez ce qu'il se passe en mode DUAL et en mode XY.

¿? Était-ce prévisible ?

**2°) Multivibrateur astable** ⌚

**i. différents types de multivibrateurs**

Un multivibrateur (dit aussi « bascule ») est un circuit dont une des caractéristiques (en général la tension de sortie) ne peut prendre que deux valeurs  $V_0$  et  $V_1$ . On parle alors d'un circuit à deux états  $V_0$  et  $V_1$ . On distingue différents types de multivibrateurs suivant que les passages de  $V_1$  à  $V_0$  et de  $V_0$  à  $V_1$  sont spontanés ou provoqués.

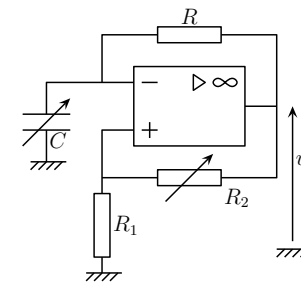
**Multivibrateur astable.** Les deux types de basculement sont spontanés. Les deux états sont donc instables et il y aura oscillations. Il est à noter que les durées de latence dans chacun des deux états ne sont pas *a priori* égales.

**Multivibrateur monostable.** Un basculement est spontané (par exemple de  $V_1$  vers  $V_0$ ) et l'autre provoqué (de  $V_0$  vers  $V_1$ ).  $V_1$  est alors instable et  $V_0$  un état stable. Le contrôle du basculement se fait grâce à une grandeur d'entrée du circuit. Très souvent la bascule est commandée par la discontinuité de la tension d'entrée mais dans un sens seulement (front montant ou front descendant).

**Multivibrateur bistable.** Les deux états sont stables. Il faut provoquer chaque basculement par une grandeur d'entrée. Comme précédemment, les commandes se font souvent par des fronts montant ou descendant.

**ii. montage**

Ce montage a été étudié en exercice [ELCT8-5].



→ Réaliser le montage ci-dessus avec un AO TL081 ;  $R = 10 \text{ k}\Omega$  ;  $R_1 = R_2 = 22 \text{ k}\Omega$  et  $C = 1,0 \mu\text{F}$ . La constante de temps est notée  $\tau = RC$ .

La période des oscillations vaut  $T = 2\tau \ln\left(\frac{1+k}{1-k}\right)$  avec  $k = \frac{R_1}{R_1 + R_2}$ .

**iii. vérification**

→ Vérifiez que la période de  $v_s(t)$  obéit bien à l'expression proposée pour des valeurs de  $C$  de  $1,0 \mu\text{F}$ ;  $1,0 \cdot 10^{-7} \text{ F}$ ;  $1,0 \cdot 10^{-8} \text{ F}$  et  $1,0 \cdot 10^{-9} \text{ F}$  avec  $R_2 = R_1$ . À  $C = 1,0 \mu\text{F}$ , réglez  $R_2$  pour avoir  $k = 0,10$  et  $k = 0,90$ .

Mesure de la période pour $R_2 = R_1$				
$C$	$1,0 \mu\text{F}$	$1,0 \cdot 10^{-7} \text{ F}$	$1,0 \cdot 10^{-8} \text{ F}$	$1,0 \cdot 10^{-9} \text{ F}$
$T_{\text{exp}}$				
$T_{\text{th}}$				

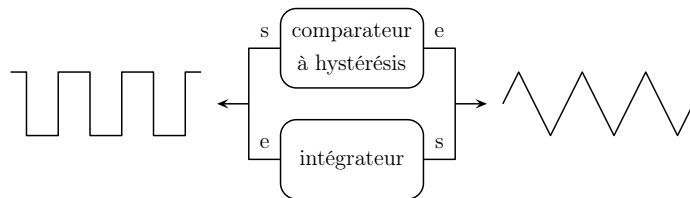
Mesure de la période pour $C = 1,0 \mu\text{F}$				
$k$	0,2	0,4	0,6	0,8
$T_{\text{exp}}$				
$T_{\text{th}}$				

¿? Lors des différentes mesures effectuées, le signal de sortie est-il toujours rectangulaire? Pourquoi?

**3°) Générateur de signaux**

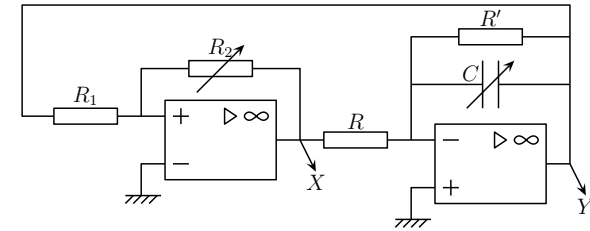
**i. principe schématique**

En associant deux circuits déjà étudiés (le comparateur à hystérésis ci-dessus et l'intégrateur du TP-Cours ELCT4Montages linéaires à amplificateur opérationnel), on peut réaliser un circuit délivrant une tension triangulaire et une tension rectangulaire.



**ii. montage**

→ Réalisez le montage ci-dessous en utilisant 2 AO TL081;  $C = 1,0 \mu\text{F}$ ;  $R = 10 \text{ k}\Omega$ ;  $R' = 1,0 \text{ M}\Omega$ ;  $R_1 = 1,0 \text{ k}\Omega$  et  $R_2 = 10 \text{ k}\Omega$ .



Ce montage a été étudié dans l'exercice [ELCT8-6]. On y a montré que

- la tension de sortie de l'AO1 est une tension du type (rect;  $f$ ;  $V_{\text{sat}}$ ) où  $f = \frac{1}{T}$  avec  $T = 4 \frac{R_1}{R_2} RC$ ;
- la tension de sortie de l'AO2 est une tension du type (triang;  $f$ ;  $\frac{R_1}{R_2} V_{\text{sat}}$ ).

**iii. vérification**

→ En vous inspirant des études précédentes, vérifiez la dépendance de la période en fonction des paramètres des différents dipôles.

Mesure de la période pour $C =$				
$R_2$				
$T_{\text{exp}}$				
$T_{\text{th}}$				

Mesure de la période pour $R_2 =$				
$C$				
$T_{\text{exp}}$				
$T_{\text{th}}$				