

# Détecteur de passage

## Objectifs du TP :

Construire une chaîne permettant de détecter le passage d'un objet à travers une barrière fictive, à partir de filtre et de circuits (simples) à ALI.

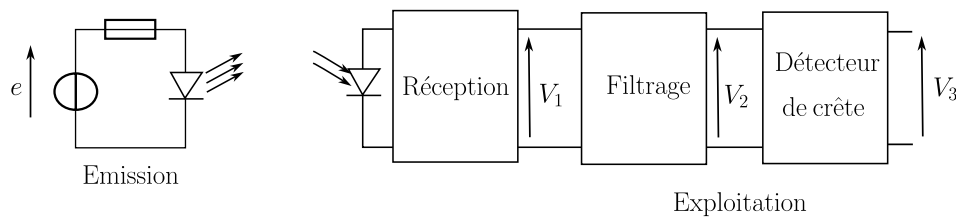
## Compétences exigibles :

- Mettre en œuvre les fonctions de base réalisées par des blocs dont la structure ne fait pas l'objet d'une étude spécifique.
- Les associer pour réaliser une fonction complexe en gérant les contraintes liées aux impédances d'entrée/sortie des blocs.
- Effectuer l'analyse spectrale d'un signal périodique à l'aide d'un oscilloscope numérique ou d'une carte d'acquisition.
- Illustrer l'utilité des fonctions de transfert pour un système linéaire à un ou plusieurs étages.
- Mettre en œuvre un filtre actif

	S'APPROPRIER	ANALYSER/RAISONNER	REALISER	VALIDER	COMMUNIQUER
Questions		Q1 - Q5 - Q6 -Q9	Q2 - Q3 - Q4 - Q7 - Q11 -Q12	Q4-Q10	Tout
Notes					

## I. Principe du détecteur de passage

La détection du passage se fait à l'aide d'une paire émetteur-détecteur de lumière.



- L'émission de lumière se fait à l'aide d'une Diode Électro-Luminescente (LED ou DEL) ;
- La détection de lumière se fait à l'aide d'une photodiode : (en fait, il s'agit d'un phototransistor, utilisé en photodiode)

## II. Caractéristique de la photodiode

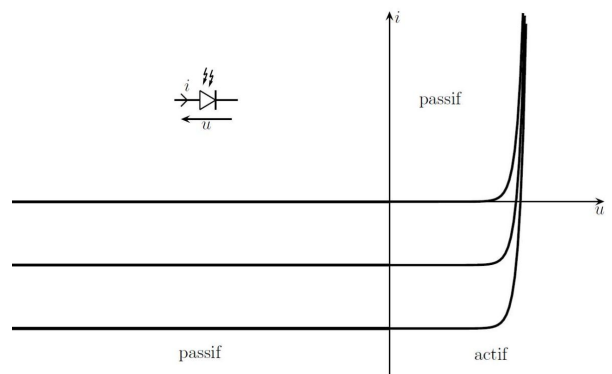
La photodiode est une diode particulière, capable de capter un signal lumineux et de le transformer en signal électrique. Ce type de composant est réalisé à l'aide d'un semi-conducteur (jonction P-N) ; les photons absorbés permettent la création de porteurs de charge qui sont à l'origine de l'augmentation du courant inverse dans la jonction.

La caractéristique d'une photodiode est donnée par :  $i = I_0 (\exp(u/V_0) - 1) - I_{ph}(\Phi)$  où  $I_{ph}(\Phi)$  (photo-courant) est un courant qui dépend du flux lumineux reçu : il est d'autant plus grand que le flux  $\Phi$  est grand.

Rq : une diode usuelle correspond en fait à  $I_{ph}(\Phi) = 0$ .

On constate sur les caractéristiques précédentes que :

- La photodiode est un composant qui peut être actif (zone où  $u \times i < 0$ , convention récepteur)
- Pour que le courant soit indépendant de la tension, on se place dans la bonne zone de la caractéristique : on polarise la diode (en inverse).



## III. Le système photodétecteur

### 1. Utilisation de la plaquette à ALI : ATTENTION !

L'ALI est un petit circuit intégré à 8 pattes (8 bornes de connexion). Vous disposez sur la paillasse d'une plaquette permettant d'interfacer l'ALI avec les fils bananes couramment utilisés.

#### A FAIRE AVANT TOUTE AUTRE CHOSE !

- Brancher les 3 bornes d'alimentation de la plaquette aux 3 bornes des alimentations  $-15\text{ V}/0\text{ V}/+15\text{ V}$  (code de couleur évident). On allume alors l'alimentation ; les deux témoins de fonctionnement de l'alimentation doivent s'allumer.

**Attention** au sens de branchement de l'alimentation ! L'inversion des deux bornes d'alimentation est **fatale** pour l'ALI.

**Attention** L'alimentation  $+15\text{ V}/0\text{ V}/-15\text{ V}$  doit être **allumée AVANT** d'envoyer un quelconque signal sur l'entrée de l'ALI, sans quoi il y a risque de destruction de l'ALI.

- Une fois alimenté, l'AO est protégé et grille moins facilement. En fin de séance, n'éteignez l'alimentation qu'une fois tout le circuit démonté.

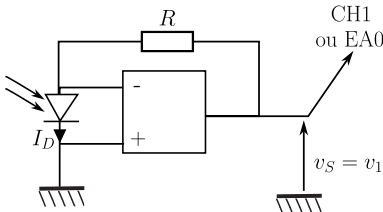
Les trous de la plaquette (bornes de connexion) sont reliés entre eux selon les traits noirs dessinés. En général, on peut se passer de fils, grâce aux résistances (et condensateurs) montés sur les supports et aux cavaliers.

S'il faut relier un point à la masse, celle-ci se trouve sur la ligne en bas.

On branche la tension d'entrée au bon nœud ; il faut absolument relier la masse du générateur à la masse de la plaquette.

## 2. Réalisation du système photo-détecteur

**Q1** On suppose l'ALI en régime linéaire Montrer que  $V_s = RI_D$  avec  $I_D = I_{ph}(\Phi) = k\Phi$ .



On a donc une tension de sortie directement proportionnelle au flux lumineux reçu.

On prend pour la suite  $R = 500k\Omega$  environ et si possible un ALI TL081 pour que les courants d'entrée soient très faibles.

### • Éclairage par la LED

La LED est une simple diode, qui émet de la lumière lorsque le courant passe.

**Q2** Alimentez-la par un GBF débitant une tension continue (offset) pour le moment (la résistance interne de  $50\Omega$  protège la LED) en augmentant la tension à fond.

Éclairer la photodiode avec la LED et constater l'apparition d'un photo-courant en inverse.

**Q3** Vérifier que si on fait varier le flux lumineux, la tension de sortie varie.

### • Modulation de l'éclairement

On pourrait se contenter d'alimenter la LED en continu, et de détecter le passage par une variation de la tension  $V_s$ . Quel problème peut alors se poser en présence d'autres sources d'éclairement ? (on pourra allumer la lampe de table)

**Q4** On choisit donc d'alimenter la LED avec une tension en créneaux ; elle va clignoter. Vérifier que c'est le cas en choisissant une fréquence de qq Hz (penser à enlever l'offset). Régler ensuite la fréquence sur environ 1 kHz.

Observer alors le signal de sortie  $V_s$  : est-il carré, comme on pourrait s'y attendre ? Comporte-t-il des parasites ? Observer notamment l'existence éventuelle d'une perturbation de fréquence 100 Hz ; d'où vient-elle ?

Augmenter la fréquence de modulation de la LED ; observer. Cela est dû essentiellement aux limitations en fréquence (surtout de l'AO).

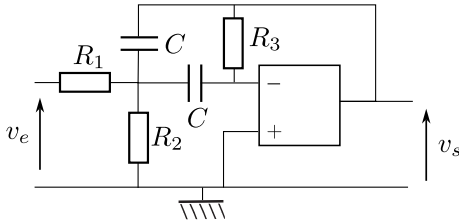
## IV. Exploitation du signal

### 1. Filtrage de la composante continue et des parasites

On va les filtrer avec un filtre passe-bande pour ne conserver que le signal clignotant. On propose le filtre de Rauch suivant :

On prendra :  $C = C = 47nF$  ;  $R_3 = 220k\Omega$  ;  $R_1 = 10k\Omega$  et  $R_2 = 470\Omega$ . On admet alors les

résultats  $\left\{ \begin{array}{l} \text{Gain } H_0 \simeq 10 \\ \text{Facteur de qualité } Q \simeq 10,6 \\ \text{Fréquence de résonance : } f_0 = \omega_0/2\pi \simeq 357 \text{ Hz} \end{array} \right.$



**Q5** : Déterminer la bande passante de ce filtre et conclure quant à son utilisation par rapport à notre expérience.

Si vous avez le temps :

- Tracer son diagramme de Bode sur feuille (des feuilles semi-log ou log-log sont disponibles sur demande) ou sur ordinateur .
- Comparer aux courbes théoriques (programme python pour tracer des diagrammes de Bode (obtenu par IA) sur cdp/informatique). Mesurer sur le diagramme de Bode pratique sa pulsation propre  $\omega_0$  et son facteur de qualité  $Q$ .

**Q6** Tracer l'allure du diagramme de Bode en gain du filtre. En déduire approximativement par quels facteurs sont multipliés des signaux de fréquence  $f_0$  et  $f_1 = 100 \text{ Hz}$  (modélisant un bruit), ainsi que la composante continue. Conclure sur l'intérêt du filtre.

## 2. Observation des spectres

On choisit de moduler la LED à  $f_0 = 357$  Hz environ.

**Q7** : Alimenter de nouveau la diode avec le GBF, et envoyer la sortie de l'AO sur le filtre. Observer en même temps  $V_1$  (en entrée) et  $V_2$  (en sortie). Régler finement la fréquence  $f = f_0$  pour avoir un signal de sortie le plus grand possible. Vérifier que l'on n'observe plus des signaux carrés.

Que se passe-t-il si on allume la lampe de bureau ?

**Q8** : Réaliser les spectres avec Latis Pro du signal d'entrée et du signal de sortie du filtre. Commenter. On regardera en particulier la composante sélectionnée et le facteur d'amplification correspondant.

## V. Détection de crête

La tension  $v_2$  est désormais :

- une tension alternative, quasi-sinusoïdale, d'amplitude importante s'il n'y a pas d'obstacle ;
- nulle s'il y a un obstacle.

On souhaite obtenir le comportement suivant pour la tension de sortie :

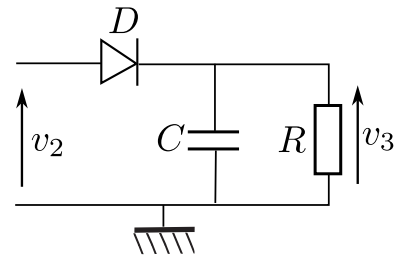
- une constante positive s'il n'y a pas d'obstacle ;
- nulle s'il y a un obstacle.

Pour cela, on utilise le détecteur de crête ci-contre

Nota : on rappelle que la diode D est un composant ayant la forme d'un petit cylindre noir, avec un petit anneau gris indiquant le sens passant.

Interprétation qualitative : on suppose que D est une diode idéale sans seuil.

Lorsque  $V_2$  a tendance à dépasser  $V_3$ , la diode devient passante, et le condensateur se charge, ce qui rétablit tout de suite  $V_3 = V_2$  ; Lorsque  $V_2 < V_3$ , la diode se bloque et le condensateur se décharge dans la résistance.



**Q9** : Que vaut alors le temps caractéristique  $\tau$  de la décharge ?

### 1. Étude du détecteur de crête seul

**Q10** Réaliser le montage précédent en prenant  $R = 1\text{M}\Omega$  et  $C = 10\text{nF}$ . Alimenter le détecteur de crête avec une tension sinusoïdale à l'aide du GBF (pour commencer).

Régler la période  $T$  du signal d'entrée, de manière à avoir  $T \gg \tau$ . Vérifier le fonctionnement du détecteur de crête en observant la tension  $V_3$ .

Réaliser les spectres de la tension d'entrée et de la tension de sortie : observer alors l'apparition de nouvelles raies dans le spectre du signal de sortie : ceci est caractéristique des phénomènes non linéaires.

Modifier la période du GBF de manière à avoir  $T \sim \tau$ . Donner l'allure des courbes observées. Dans quel domaine la diode est-elle passante ? Est-elle bloquée ? Observer à nouveau l'apparition de nouvelles composantes dans le spectre du signal de sortie. Imposer maintenant  $T \ll \tau$ . Que retrouve-t-on en sortie ? Pourquoi ?

## 2. Ensemble du montage

**Q11** : Placer à la sortie du filtre le montage de la figure 7. On prend toujours  $R_1 = 1\text{M}\Omega$  et  $C_1 = 10\text{nF}$ . Observer la tension  $V_3$ . Vérifier que le comportement de  $V_3$  est bien celui qu'on attendait. Que vaut la tension en absence d'obstacle puis en présence d'un obstacle? Que se passe-t-il si on allume la lampe de bureau?

### Signalisation lumineuse de la présence d'un obstacle

Pour terminer, on peut vouloir que la présence d'un obstacle soit signalée par un voyant lumineux rouge (danger!). On peut mettre une LED rouge en sortie, mais on constate qu'elle s'allume lorsqu'il n'y a pas d'obstacle. On réalise alors le montage suivant :

On prendra  $R_1 = 100\text{k}\Omega$ ,  $R_2 = 1\text{k}\Omega$  et  $R_3 = 1\text{k}\Omega$ .

**Q12** : Analyser le montage et vérifier que la LED permet de détecter la présence d'un obstacle.

