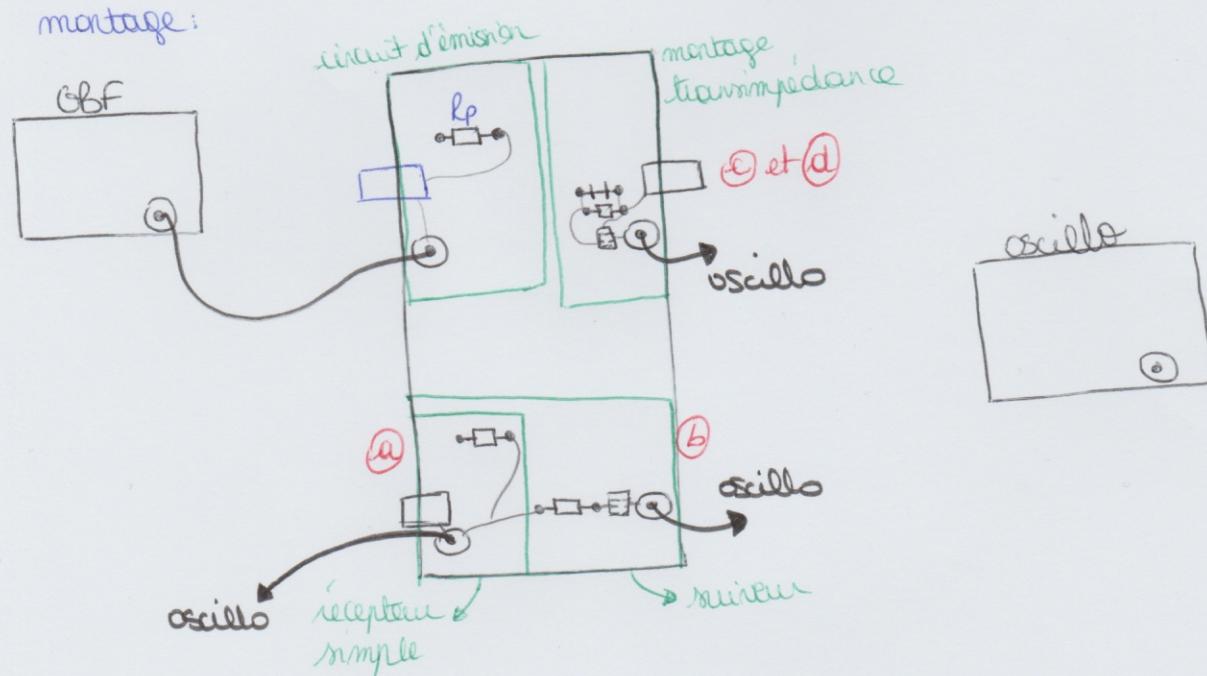


1) Montage:

méthode:

- plaque : carte fibre optique.
- fibre optique
- GBF
- oscillo
- des résistances : $R_p = 150\Omega$

montage :



2) Manipulation:

- On se place en montage (a) (?) → on envoie des crénaux
 → on mesure le temps de réponse (effet capacitif)
- on envoie des PRBS, on ↑ la fréquence → on voit la déterioration du signal
 4 pb de délit d'infos.

Carte fibre optique

école
normale
supérieure
paris-saclay
SLH 11/2019

560Ω
1kΩ
10kΩ

R_p

AVAGO
SFH757V
1502

Circuit émission

V_{pol}
potentiomètre variable

C_t

AVAGO
SFH250V
1541

R_t

Montage transimpédance

560Ω
1kΩ
10kΩ

560Ω
1kΩ
10kΩ

R_{phd}

AVAGO
SFH250V
1527

Réception simple

Montage suiveur

Pont

Transmission numérique sur fibre optique plastique

Le dispositif support à ces expériences est composé d'une LED SFH750V ([documentation constructeur](#)) et d'une photodiode SFH250 ([documentation constructeur](#)) reliées par une fibre optique plastique.

Le bloc d'émission est composé d'une LED, pilotée simplement par le GBF selon le schéma de la [figure 1](#) (ne pas oublier de régler l'amplitude et l'offset du générateur, de calculer la résistance de protection afin de piloter le courant dans la LED entre 0 et 40mA environ)

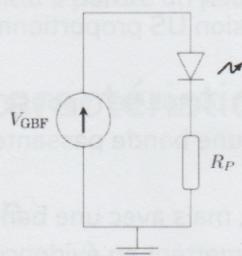
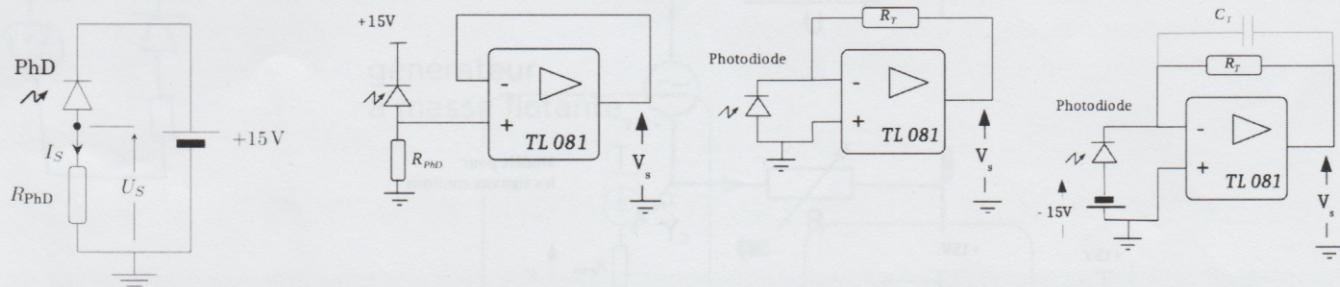


Figure 1 : Circuit d'émission. La LED utilisée permet la mise en place aisée d'une fibre plastique pour collecter son flux.

A la réception, on place une photodiode . Réaliser successivement les 4 circuits de photodétection de la [figure 2](#).



2a : Circuit de base

2b : Ajout d'un suiveur.

2c: Montage
transimpédance.

2d : Transimpédance,
polarisation et
condensateur
anti-résonance.

Figure 2 : Circuits de détection

Mesures proposées :

- Pour chacun des ces montages,
 - mesurer le temps de réponse / la bande passante (ou au moins l'allure de la réponse en fréquence avec le mode SWEEP du générateur) pour des valeurs de R_{PhD} ou de R_T variant entre 10k Ω et 100k Ω
 - tester la transmission pour des transferts de données binaires, utiliser le format "PRBS (pour Pseudo-Random Bits Sequence) du générateur. Une analyse fréquentielle en utilisant le mode FFT de l'oscilloscope permet de mesurer le support fréquentiel du signal aléatoire et la modification du spectre apportée par la détection.

- Déduire des mesures sur le circuit 2b, la valeur de la capacité parasite de la photodiode, la comparer à la valeur donnée par le constructeur. (On pourra mesurer l'effet de la valeur de la tension de polarisation sur cette valeur de capacité parasite.)
- Mesurer la fréquence des pseudo-oscillations et la fréquence de résonance du circuit 2c.

Outils pour la modélisation de ces circuits et l'analyse des résultats

Une photodiode est un détecteur quantique qui, si elle est polarisée correctement, produit un électron pour chaque photon reçu avec un rendement quantique donné. La grandeur d'intérêt, proportionnelle au flux lumineux reçu, est donc le courant électrique.

Le circuit le plus simple pour transformer le photocourant en une tension (plus facile à mesurer) est le circuit 2a. Il permet de conserver une tension toujours négative aux bornes de la photodiode (voir mesure de la caractéristique), et permet la mesure de la tension U_S proportionnelle au flux reçu.

La dynamique de ce circuit (la LED a un temps de réponse de $0,1\mu s$, ce n'est pas elle qui limite) fait apparaître un comportement passe-bas, avec une bande passante inversement proportionnelle à la résistance de charge.

Le circuit 2b a le même comportement, mais avec une bande passante plus grande (et donc un temps de réponse plus court). Ces deux expériences mettent en évidence la présence d'une capacité parasite dans le circuit.

Si on modélise la photodiode par une source de courant avec une capacité parasite en parallèle (voir figure 4) la mesure de la bande passante dans le cas du circuit 2 permet de remonter à la valeur de capacité parasite. Dans le cas du circuit 1, la capacité parasite du câble que l'on utilise pour faire la mesure ralentit encore le circuit, la bande passante est alors réduite à $\frac{1}{2\pi R(C+C_{cable})}$.

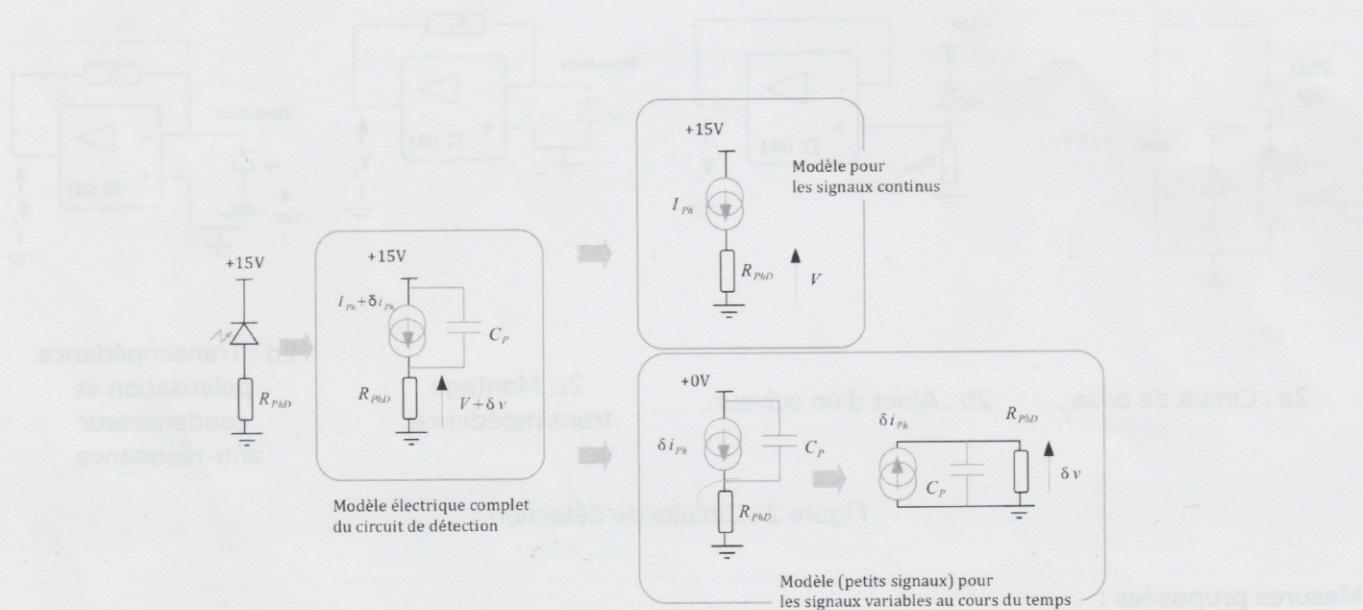


Figure 4 : Modélisation d'une photodiode par une source de courant et une capacité parasite.

Le montage 2c est un montage transimpédance, il permet d'augmenter significativement la bande passante mais il fait apparaître un phénomène de résonance. Pour expliquer ce phénomène de résonance, il faut prendre en compte la dynamique de l'amplificateur opérationnel, et utiliser un modèle de système bouclé. Le fonctionnement du circuit transimpédance peut être modélisé par un système bouclé (le modèle et le calcul

de réponse en fréquence est disponible dans l'annexe "Systèmes bouclés simples : les circuits à amplificateurs opérationnels. Exemple du transimpédance."

La réponse en fréquence obtenue en boucle fermée correspond à un celle d'un filtre du second ordre, avec une fréquence de résonance (Gain-peaking frequency) que l'on peut approcher par

$$\sqrt{f_c \cdot (A_0 + 1)f_0} \approx \sqrt{f_c \cdot GBP}$$

$$\omega_c = \frac{1}{R_T C_P}$$

Rajouter un condensateur de faible valeur (quelques pF) en parallèle de la résistance de charge comme sur le circuit 2d, permet de limiter la résonance (quitte à perdre un peu de bande passante).

Mesure des principales caractéristiques d'une photodiode.

Caractéristique courant-tension

Réaliser le montage de la figure 5 ci-dessous, et observer la caractéristique $I(U)$ de la photodiode à l'oscilloscope, en mode x-y. Observer qualitativement comment cette caractéristique est modifiée en présence de lumière.

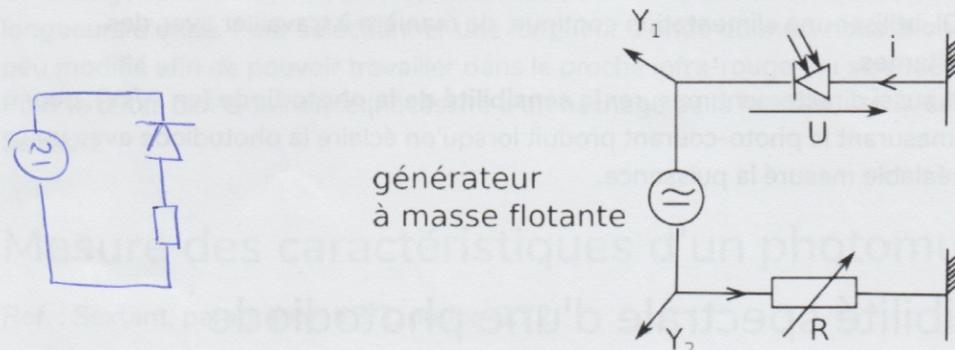


Figure 5 : Circuit pour le tracé de la caractéristique courant-tension à l'oscilloscope.

Remarque : comme chaque fois que l'on veut relever la caractéristique $U(i)$ d'un dipôle, en se servant d'une résistance pour visualiser le courant, on est confronté à un problème de masse. Une solution est, comme ici, d'utiliser un générateur à masse flottante (avec un générateur qui n'est pas à masse flottante, une des bornes du générateur est forcément mise à la masse, si bien que l'on court-circuite un des composants). Au département, seuls les vieux wavetek sont vraiment à masse flottante (pour les générateurs Agilent 33220, l'impédance entre la borne de sortie du GBF et la terre n'est pas suffisante). Attention : avec un générateur pas suffisamment bien flottant, l'expérience marche très mal.

Une autre solution consiste à placer un transformateur d'isolement (transformateur 1:1) entre le générateur et le circuit. Ou encore à utiliser une sonde différentielle active de mesure (disponible dans la collection d'électronique).

Enfin, les photodiodes PIN10 et les photodiodes thorlabs SM1PD1B, pratiques pour réaliser cette expérience

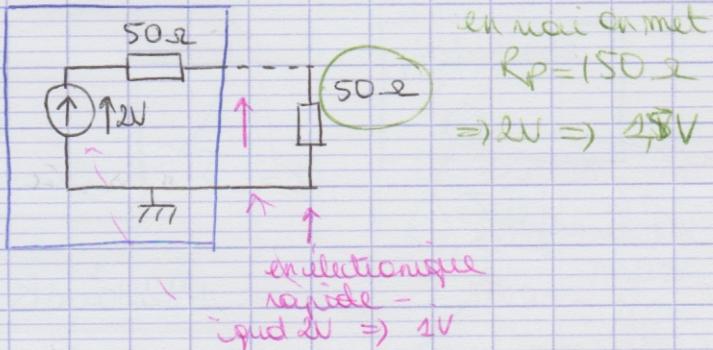
Transmission numérique sur fibre optique plastique.

GBF → sinus : 1 Hz (parce qu'à l'œil) 1 kHz pour écran
 allure de 2 à 8 V dc
 courant = 2 mA pour 10% rouge.
Grâce offset.

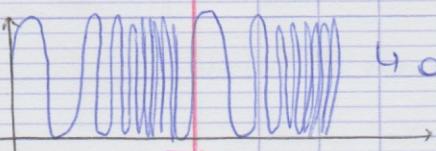
$$\frac{U = Ri}{8V} \quad \frac{U = 0.001A}{}$$

$$\frac{8}{40 \cdot 10^{-3}} = \frac{1}{f} \cdot 10^3 \quad \text{Penser à mettre en High-Z (et pas } 50\Omega \text{.)}$$

Généralement



- On prend $R_P \approx 150 \Omega$.
- Mode Sweep : permet de débiter une plage de fréquences.
 (penser à zoomer sur la trace!!)
 garder la amplitude et offset qui avec sinus.
 start freq ~ 100Hz
 stop freq ~ 500kHz



On voit alors le diagramme de bode (allure)



Δ ce n'est bien avec sweep mais avec sinus ne s'arrête pas au bout de l'amplitude de 2V quid R_P.

pass les avec \rightarrow
 BP quid R_P \Rightarrow fin effet capacatif.

pour montage \rightarrow effet capacatif du câble $C \approx 6 \approx 100 \text{ pF}$.

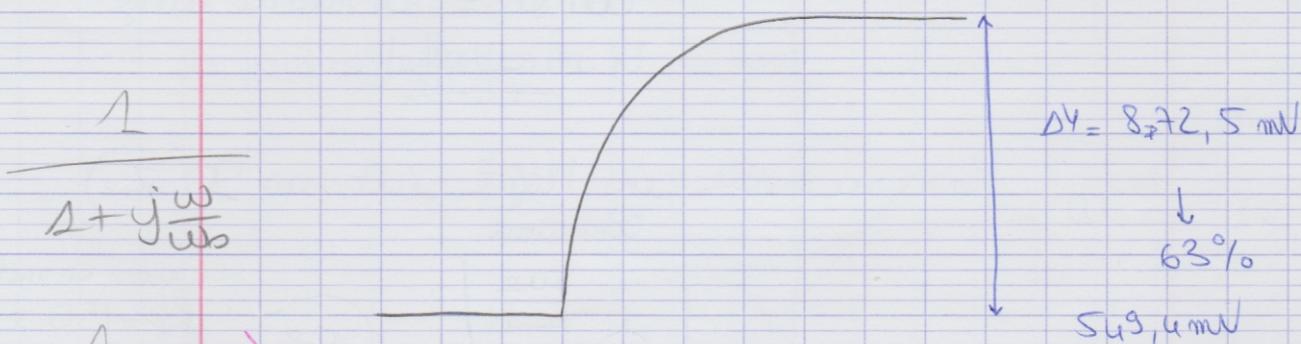
allure
pass-las.

BP :
circuit

roletty \rightarrow 50 kHz \rightarrow 100 kHz
a b resonance \rightarrow disparaît avec ajout de G

Donc ensuite on fait un montage suivant pour voir
que l'effet capacitatif de la photodiode.

On envoie un niveau \rightarrow on regarde la rép.



D'était toujours
sur $1 + j\omega C$
c'est la capacité
du câble mais

$$\Delta X = 5,8 \mu s = 7\pi$$

$$\omega_0 = 171 \cdot 10^3 \text{ rad/s} = \frac{1}{RC} \quad \text{avec } R = 60 \text{ k}\Omega$$

$$\Rightarrow C = \frac{1}{60 \cdot 10^3 \times 171 \cdot 10^3} = 1,4 \cdot 10^{-10} \text{ F.} \\ = 1,4 \text{ pF.}$$

Capacité parante du photodiode

$$\Delta V = 907,5 \text{ mV} \xrightarrow{63\%} 592,2 \text{ mV}$$

$$\Rightarrow \Delta X = 1,72 \mu s = 7\pi$$

$$\Rightarrow \omega_0 = 581 \cdot 10^3 \text{ rad/s}^{-1} = \frac{1}{RC} \Rightarrow C = 6 \cdot 10^{-11} \text{ F} = 6 \text{ pF.}$$

Circuit C : on mesure une plage pour fréquence de résonance:
 $\omega_r \approx 540 \text{ kHz} - 580 \text{ kHz}$.

$$\omega = \frac{2\pi}{T}$$

• voient d : On prend $G > \sqrt{\frac{C_p}{\pi L w_h}}$ $\approx 2,5 \cdot 10^{-11} F$

On prend $G = 39 \text{ pF}$ \rightarrow en mode shunt on n'a bien que la résonance disparaît.

PRBS : Waveforms du OBF

→ malheur qu'il faut transmettre un signal (mix audio/des) qui on peut aller \oplus lire (il fait route \oplus quid) pour cause du temps de réponse BP \rightarrow on voit que n'importe quoi dans la chronométrie

↳ quid fréq assez faible $V_1 - V_2$.

↳ quid fréq trop grande $V_1 + V_2$.

utilité de faire le montage à car BP \oplus quid et sans résonance.