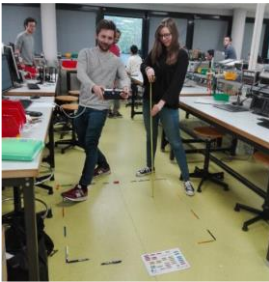


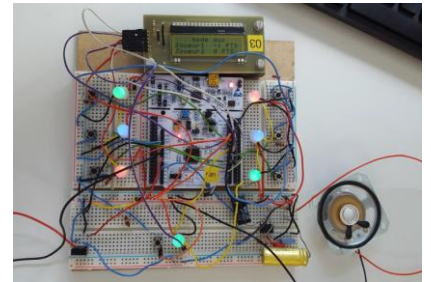
Conception Electronique

pour le Traitement de l'Information

Systeme 1 / Thème 1



Julien VILLEMEJANE



Paris-Saclay



Saint-Étienne



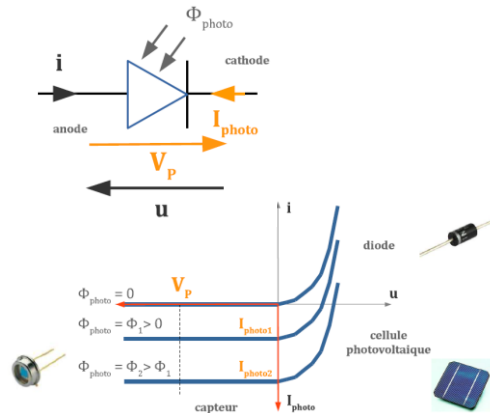
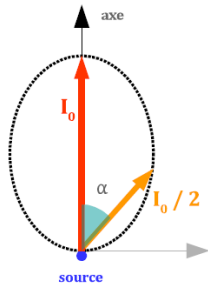
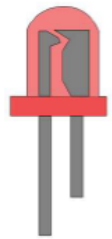
Bordeaux

• TP de Conception Electronique / Déroulement

• Thème 1

Réalisation d'un système de transmission d'un signal par la lumière

• Objectifs pédagogiques



Thème 1

2 séances

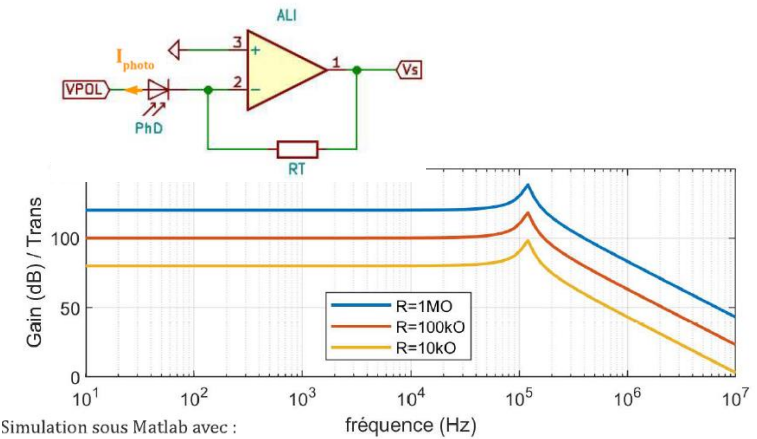
Système de photodétection

Système « simple »

Système « optimisé »

Livrables

- 1- Synthèse du travail
- 2- Carte conceptuelle



Paris-Saclay



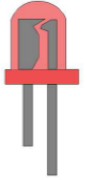
Saint-Étienne



Bordeaux

- **Cahier des charges**

Réaliser un système permettant de **transmettre un signal électrique analogique** d'un émetteur à LED à une récepteur à photodiode.



Paris-Saclay



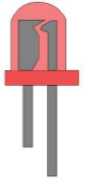
Saint-Étienne



Bordeaux

- **Cahier des charges**

Réaliser un système permettant de **transmettre un signal électrique analogique** d'un émetteur à LED à une récepteur à photodiode.



- **Contraintes et performances**

- Le signal électrique pourra comporter des **composantes fréquentielles jusqu'à 100 kHz**.
- La **distance minimale** entre l'émetteur et le récepteur sera **de 4 cm**.
- Le transport de l'information devra se faire dans le **domaine du visible**, à l'aide d'une LED "classique" et d'une photodiode.



Paris-Saclay



Saint-Étienne



Bordeaux

- Étapes de conception et réalisation

Réaliser un système permettant de **transmettre un signal électrique analogique** d'un émetteur à LED à une récepteur à photodiode.



Paris-Saclay



Saint-Étienne



Bordeaux

- Étapes de conception et réalisation

Réaliser un système permettant de **transmettre un signal électrique analogique** d'un émetteur à LED à une récepteur à photodiode.



Paris-Saclay



Saint-Étienne



Bordeaux

- Étapes de conception et réalisation

Réaliser un système permettant de **transmettre un signal électrique analogique** d'un émetteur à LED à une récepteur à photodiode.



Paris-Saclay



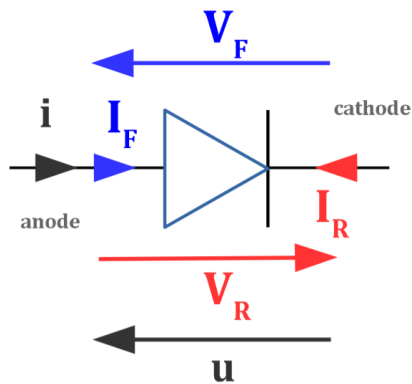
Saint-Étienne



Bordeaux

• Comment utiliser une LED pour émettre des photons

Caractéristiques électriques d'une diode et modèles



I_F : **courant direct**

souvent $I_F < I_{FMAX}$

V_F : **tension directe**

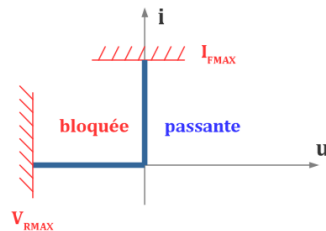
aussi appelée seuil

I_R : **courant inverse**

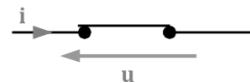
V_R : **tension inverse**

souvent $V_R < V_{RMAX}$

MODÈLE IDÉAL



Si $u > 0$, diode **passante**



Si $u < 0$, diode **bloquée**



Paris-Saclay



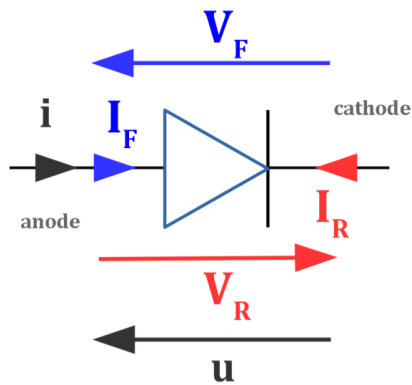
Saint-Étienne



Bordeaux

• Comment utiliser une LED pour émettre des photons

Caractéristiques électriques d'une diode et modèles



I_F : **courant direct**

souvent $I_F < I_{FMAX}$

V_F : **tension directe**

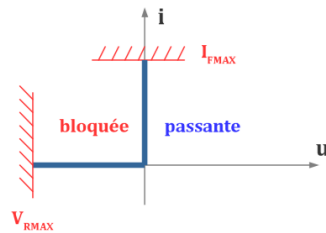
aussi appelée seuil

I_R : **courant inverse**

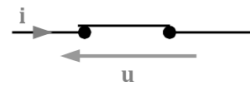
V_R : **tension inverse**

souvent $V_R < V_{RMAX}$

MODÈLE IDÉAL



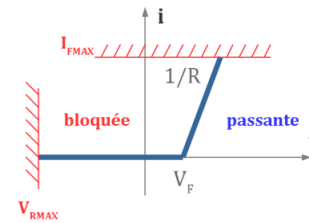
Si $u > 0$, diode **passante**



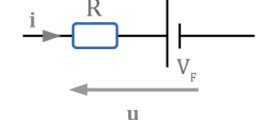
Si $u < 0$, diode **bloquée**



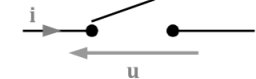
MODÈLE SIMPLE



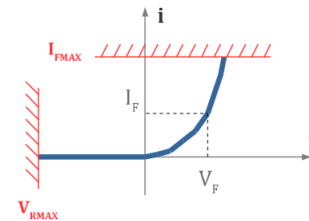
Si $u > V_F$, diode **passante**



Si $u < V_F$, diode **bloquée**



MODÈLE COMPLET



Si $u > 0$, diode **passante**

$$i = I_0 \left[\exp(u / n.V_0) - 1 \right]$$

loi exponentielle

V_0 : tension thermique

$V_0 = k.T / e$
 T : température (K)
 k : Constante de Boltzmann
 e : charge d'un électron

n : facteur de qualité

I_0 : constante spécifique à un type

$$e = -1,602 \times 10^{-19} \text{ C}$$

$$k = 1,38064852 \cdot 10^{-23} \text{ J/K}$$



Paris-Saclay



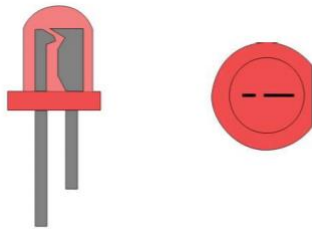
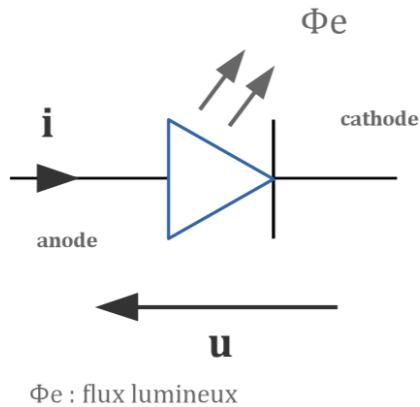
Saint-Étienne



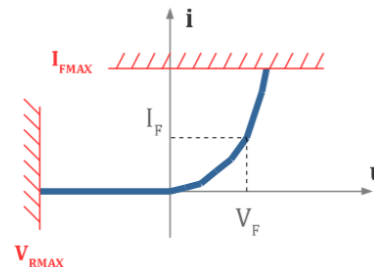
Bordeaux

• Comment utiliser une LED pour émettre des photons

Caractéristiques électriques d'une LED = *Light-Emitting Diode* / Diode Electroluminescente



CARACTÉRISTIQUES ÉLECTRIQUES



Si $u > V_F$, diode **passante**
émission de photons

$$\Phi_e = k \cdot i$$

V_F dépendant de la longueur d'onde

PARAMÈTRES IMPORTANTS :

- V_F ; I_{FMAX} ; V_{RMAX}
- P_T : puissance totale dissipable
- Bande-passante / temps de réponse
- Capacité (souvent parasite)



Paris-Saclay



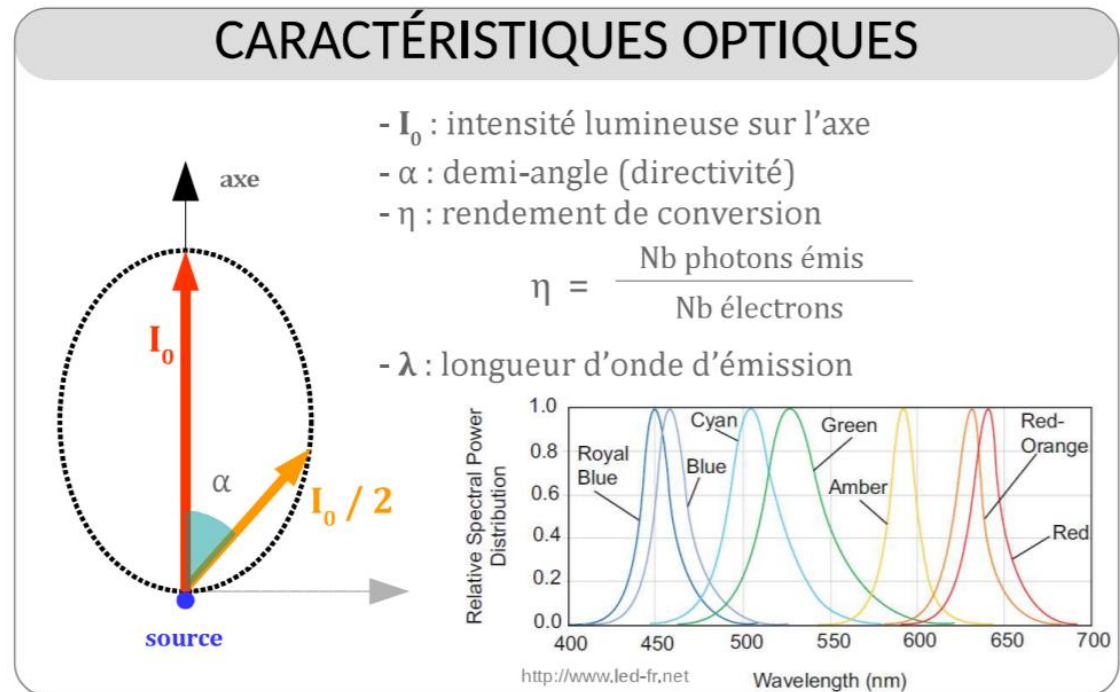
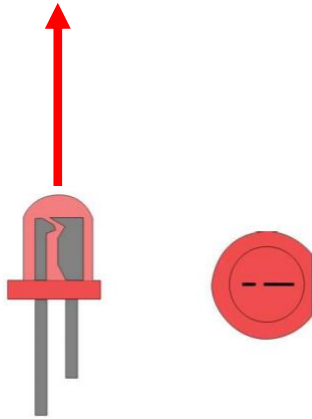
Saint-Étienne



Bordeaux

• Comment utiliser une LED pour émettre des photons

Caractéristiques optiques



Paris-Saclay



Saint-Étienne



Bordeaux

- Comment utiliser une LED pour émettre des photons

Mission 1 / Caractériser une LED

Votre mission est de **caractériser une LED visible** (rouge, verte, bleue...) afin de déterminer un point de fonctionnement idéal pour **transmettre un signal sinusoïdal**.

Livrables :

- Une fiche de manipulation en ligne (partagée)
 - Tableau de mesures, courbes.
 - Protocoles de mesure et de réglage / Schémas de mesure, de câblage
- Un texte de quelques phrases expliquant :
 - dans quelle zone la LED peut-être utilisée pour moduler la lumière émise,
 - les précautions à prendre pour obtenir une modulation sinusoïdale du flux lumineux.



Paris-Saclay



Saint-Étienne



Bordeaux

- Comment utiliser une LED pour émettre des photons

Mission 2 / Réaliser un émetteur à LED

Votre mission est de **réaliser un émetteur** à partir de la LED caractérisée précédemment et de valider son fonctionnement par des mesures.

Vous devrez conserver ce montage jusqu'à la fin du thème.

Livrables :

- Une fiche de manipulation en ligne (partagée)
 - Schémas de mesure, de câblage
 - Protocole expérimental pour vérifier le fonctionnement
 - Résultats expérimentaux



Paris-Saclay

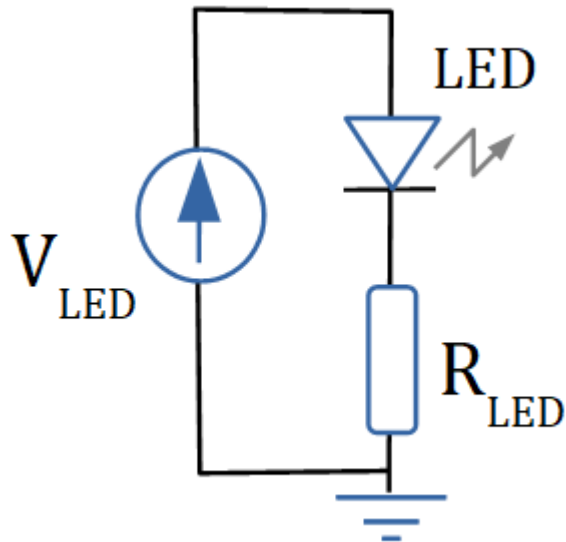


Saint-Étienne



Bordeaux

- Emetteur à LED



Paris-Saclay



Saint-Étienne

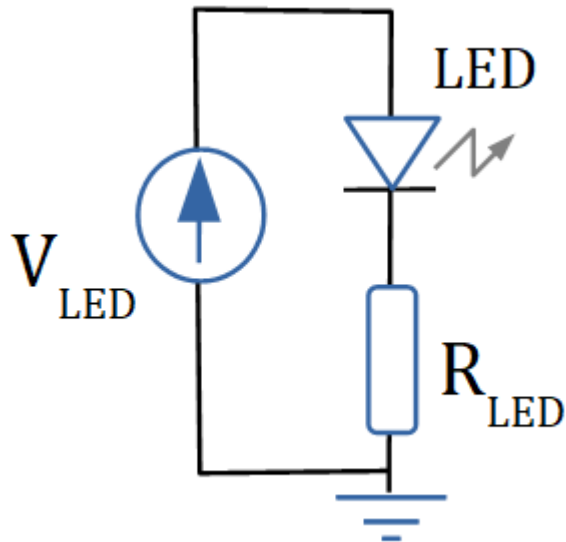


Bordeaux

- Emetteur à LED

Quel signal d'entrée ?

- amplitude, forme, fréquence



Paris-Saclay



Saint-Étienne



Bordeaux

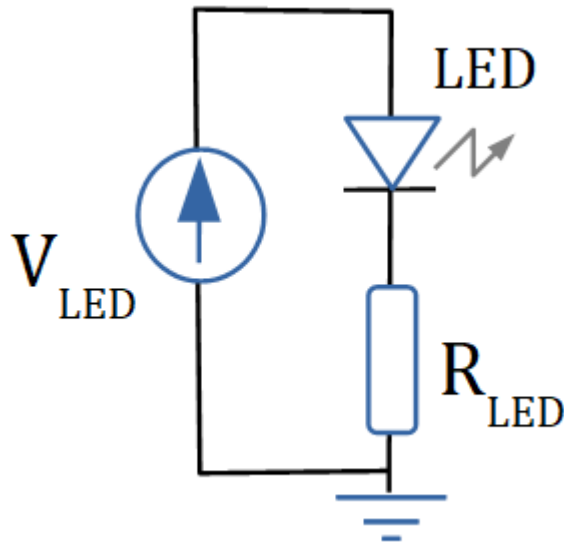
- **Emetteur à LED**

Quel signal d'entrée ?

- amplitude, forme, fréquence

$$V_{LED}(t) = A \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f_0 \cdot t)$$

Quelle forme pour le flux lumineux ?



Paris-Saclay



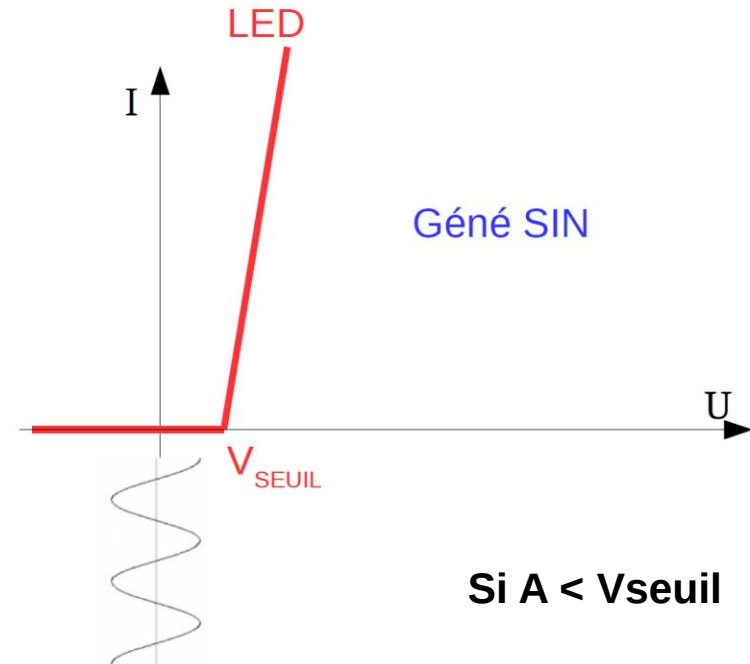
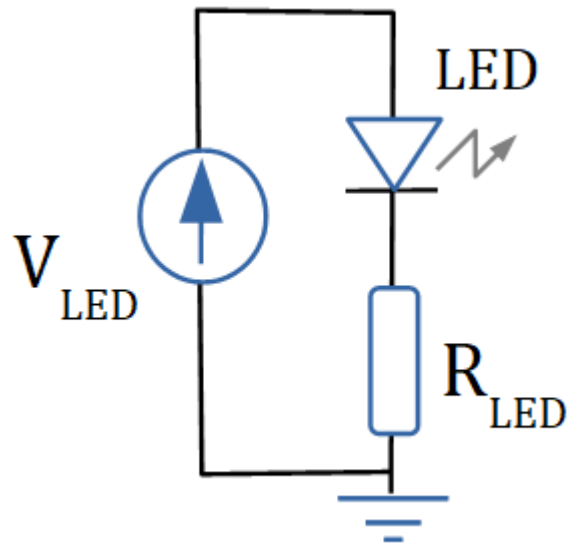
Saint-Étienne



Bordeaux

- Emetteur à LED

Quelle forme pour le courant ?



$$V_{LED}(t) = A \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f_0 \cdot t)$$



Paris-Saclay



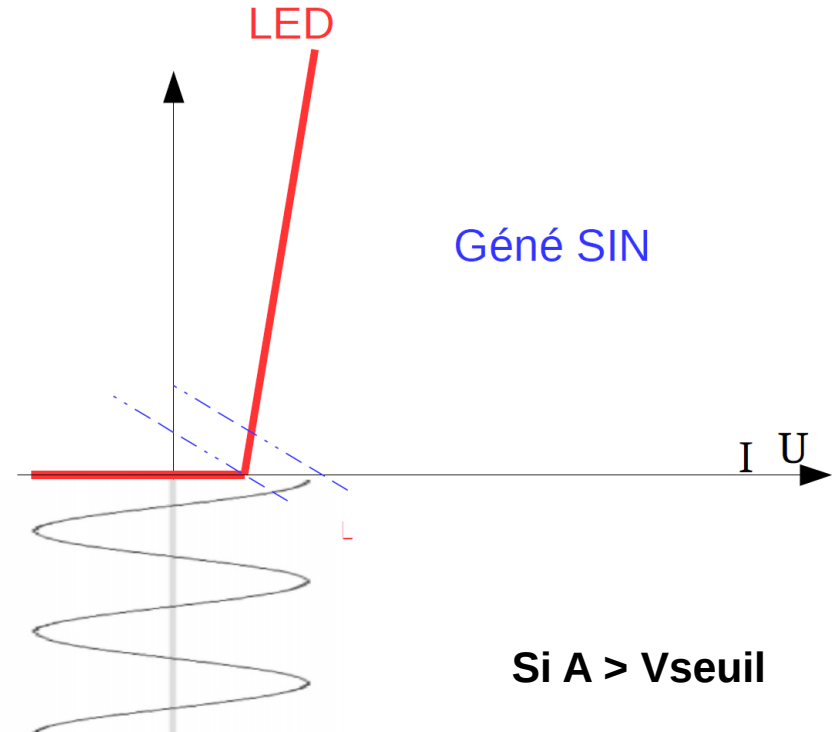
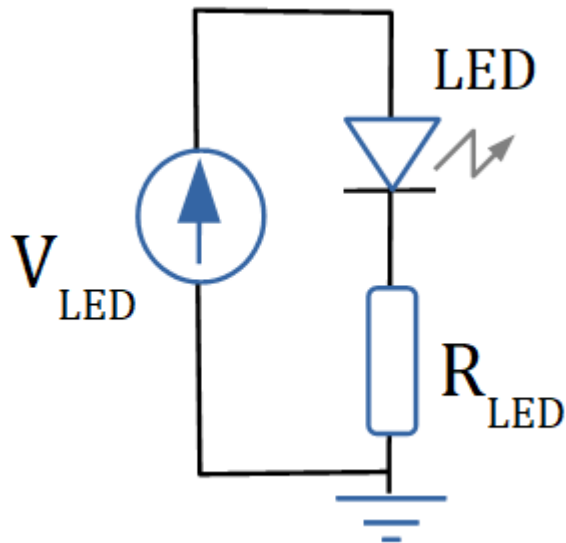
Saint-Étienne



Bordeaux

- Emetteur à LED

Quelle forme pour le courant ?



$$V_{LED}(t) = A \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f_0 \cdot t)$$



Paris-Saclay



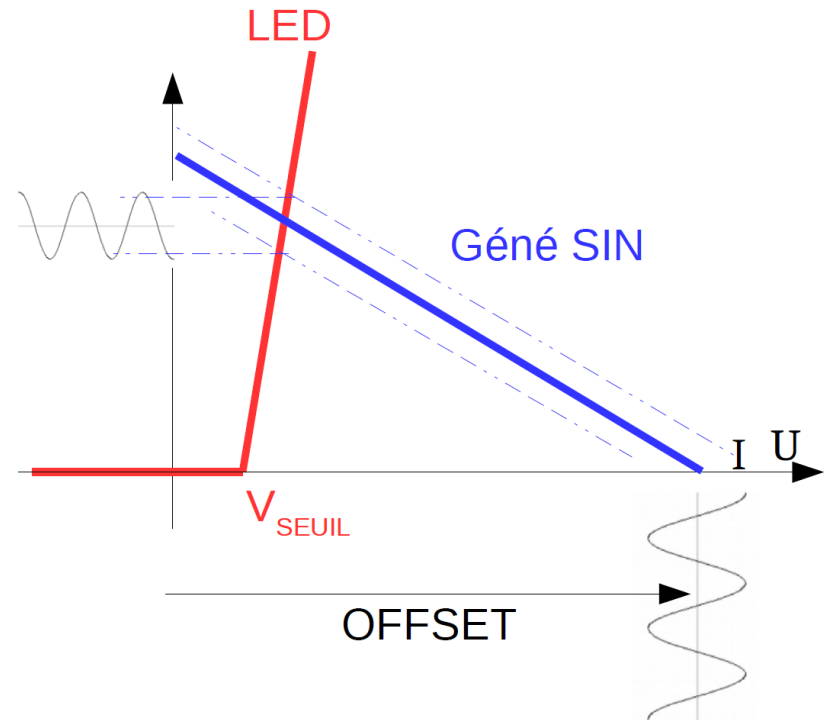
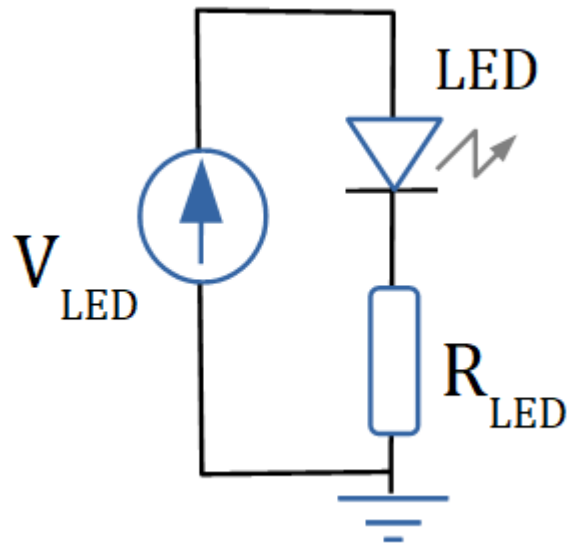
Saint-Étienne



Bordeaux

- Emetteur à LED

Quelle forme pour le courant ?



$$V_{LED}(t) = Offset + A \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f_0 \cdot t)$$



Paris-Saclay



Saint-Étienne



Bordeaux

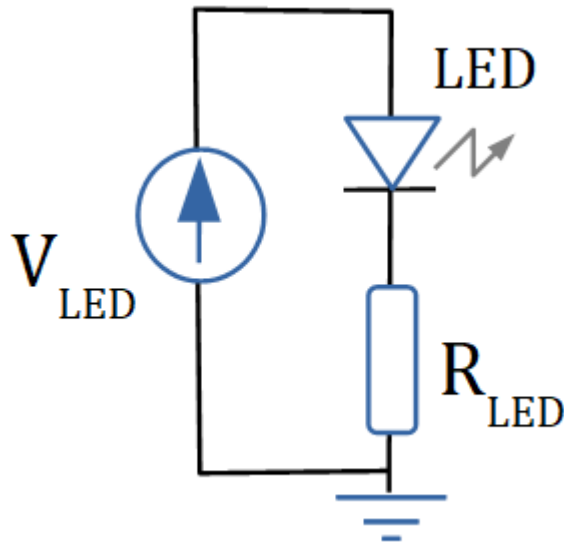
- **Emetteur à LED**

Quel signal d'entrée ?

- amplitude, forme, fréquence

$$V_{LED}(t) = \textit{Offset} + A \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f_0 \cdot t)$$

Quelle valeur pour R ?



Paris-Saclay



Saint-Étienne



Bordeaux

• Emetteur à LED

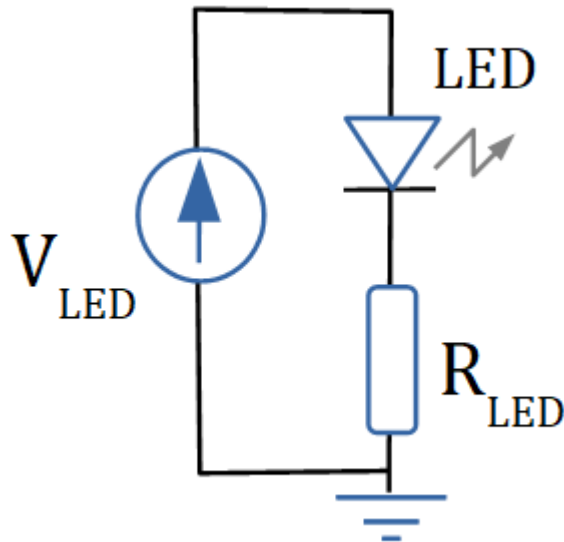
Quel signal d'entrée ?

- amplitude, forme, fréquence

$$V_{LED}(t) = Offset + A \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f_0 \cdot t)$$

Quelle valeur pour R ?

$$R_{LED} = \frac{V_{LED} - V_{seuil}}{I_{FMAX}}$$



Paris-Saclay



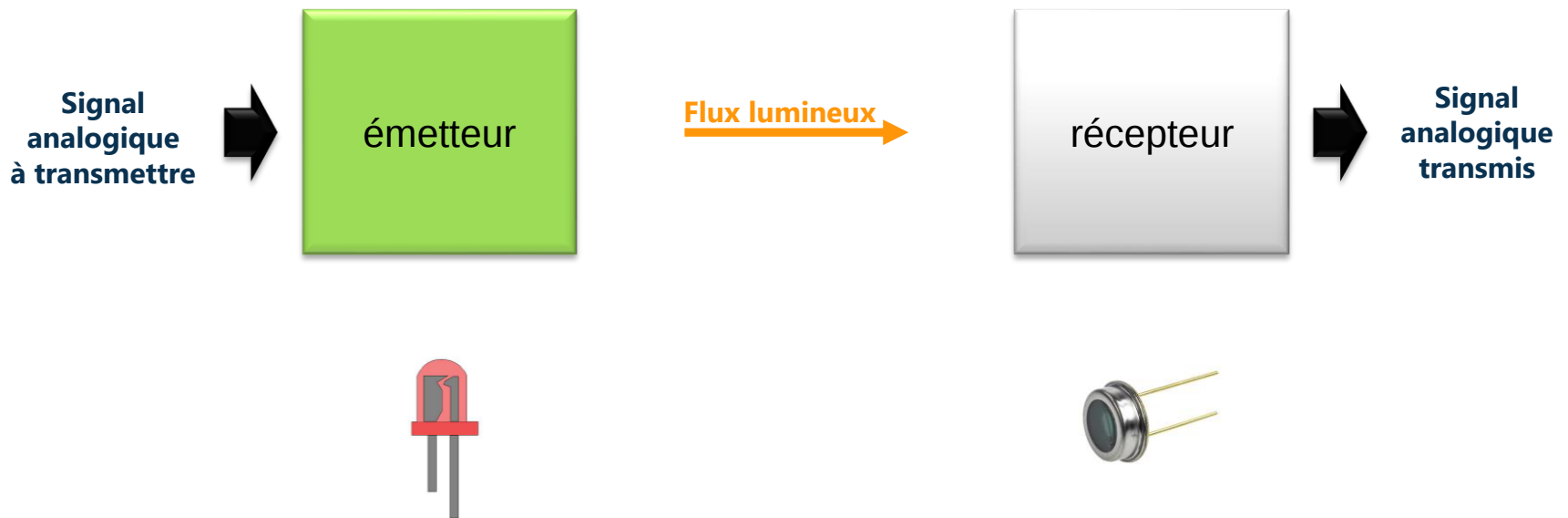
Saint-Étienne



Bordeaux

- Étapes de conception et réalisation

Réaliser un système permettant de **transmettre un signal électrique analogique** d'un émetteur à LED à une récepteur à photodiode.



Paris-Saclay



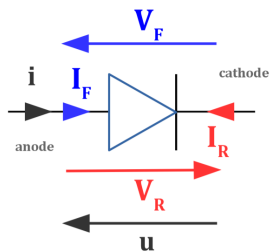
Saint-Étienne



Bordeaux

• Comment utiliser une photodiode pour détecter des photons

Caractéristiques électriques d'une diode



I_F : **courant direct**

souvent $I_F < I_{FMAX}$

V_F : **tension directe**

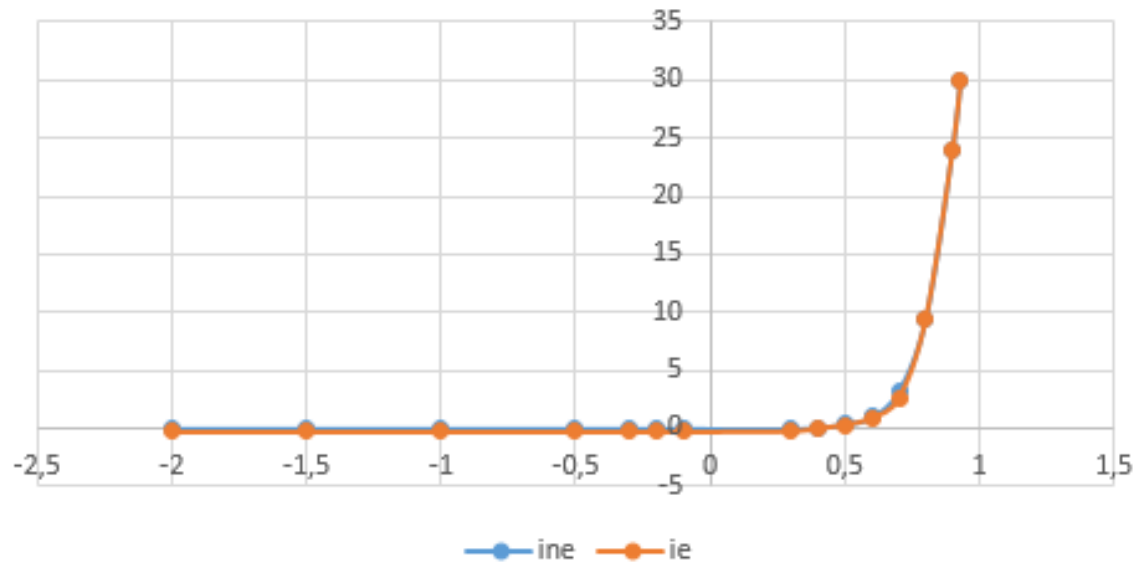
aussi appelée seuil

I_R : **courant inverse**

V_R : **tension inverse**

souvent $V_R < V_{RMAX}$

Caractéristique $i = f(u)$ - photodiode



Paris-Saclay



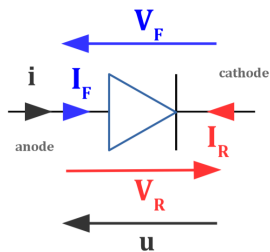
Saint-Étienne



Bordeaux

• Comment utiliser une photodiode pour détecter des photons

Caractéristiques électriques d'une diode



I_F : courant direct

souvent $I_F < I_{FMAX}$

V_F : tension directe

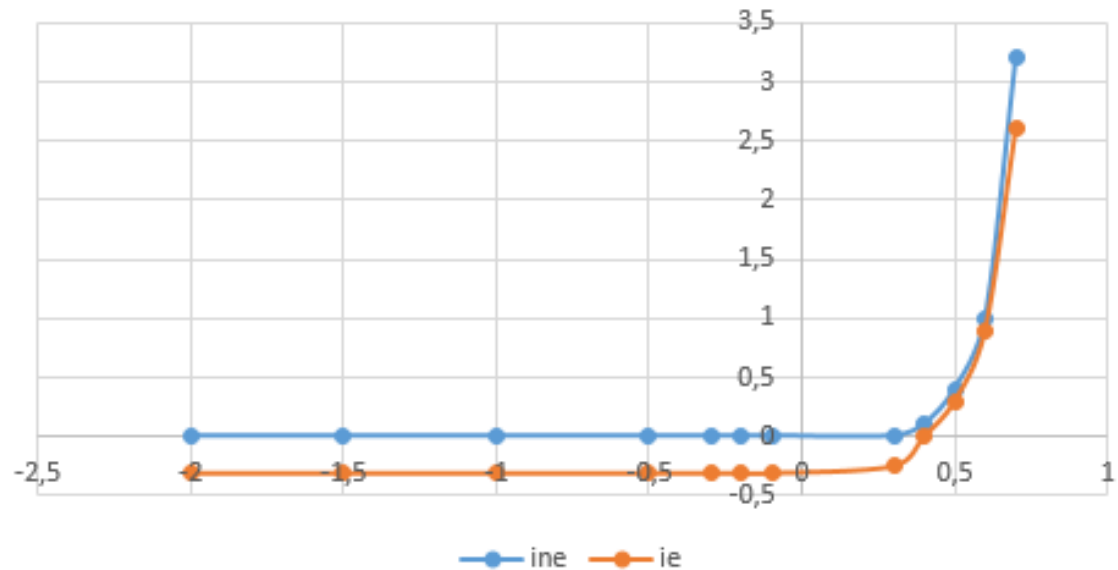
aussi appelée seuil

I_R : courant inverse

V_R : tension inverse

souvent $V_R < V_{RMAX}$

Caractéristique $i = f(u)$ - photodiode



Et si on l'éclaire ?



Paris-Saclay



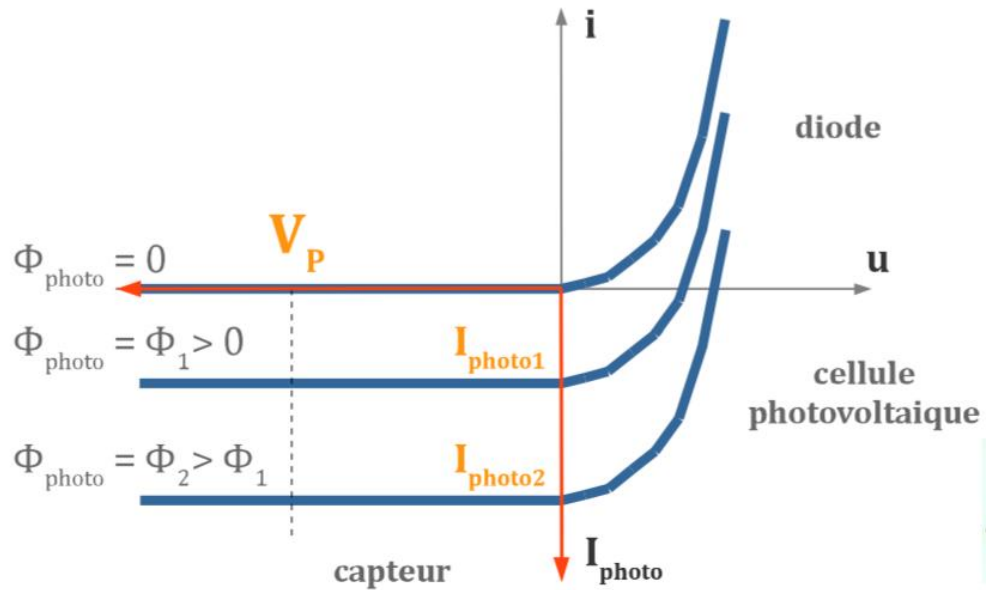
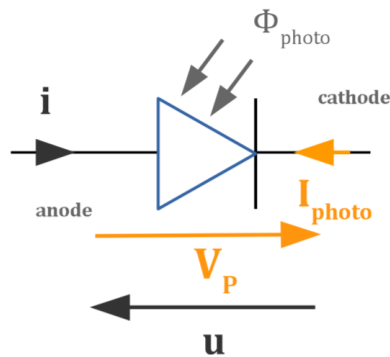
Saint-Étienne



Bordeaux

• Comment utiliser une photodiode pour détecter des photons

Caractéristiques électriques d'une diode



Paris-Saclay



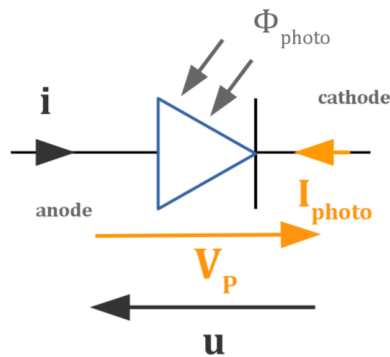
Saint-Étienne



Bordeaux

• Comment utiliser une photodiode pour détecter des photons

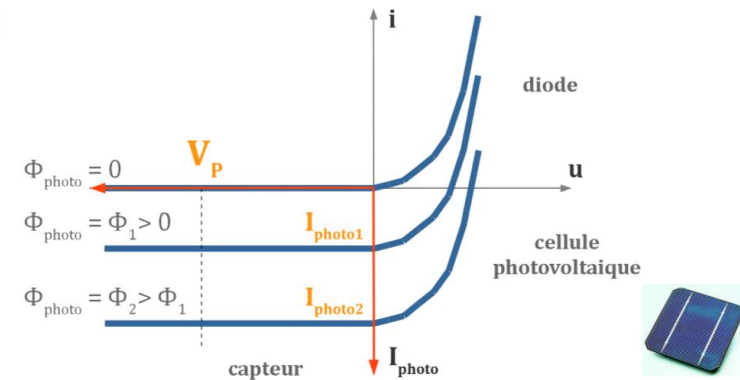
Caractéristiques électriques d'une diode



$$I_{\text{photo}} = S_{\lambda} \cdot \eta \cdot \Phi_{\text{photo}}$$

A A/W W

Sensibilité spectrale Rendement quantique Flux lumineux



Paris-Saclay



Saint-Étienne

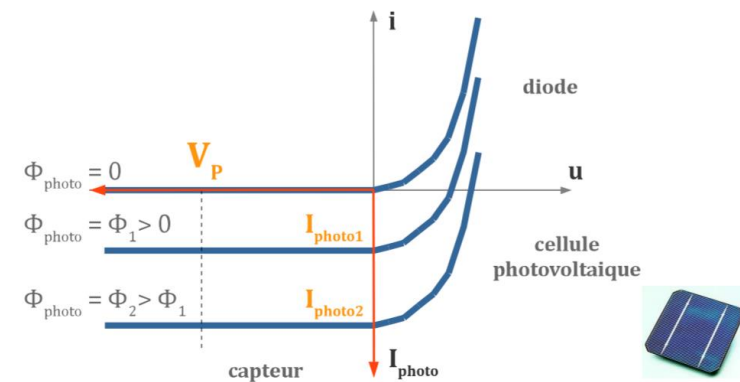


Bordeaux

- Comment utiliser une photodiode pour détecter des photons

Caractéristiques électriques d'une diode

Qu'est-ce qu'on en fait ??



Paris-Saclay



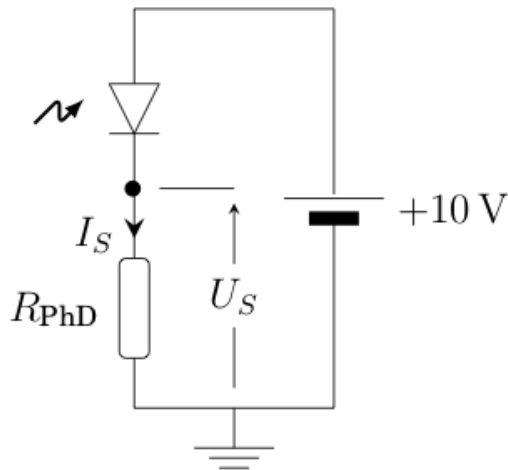
Saint-Étienne



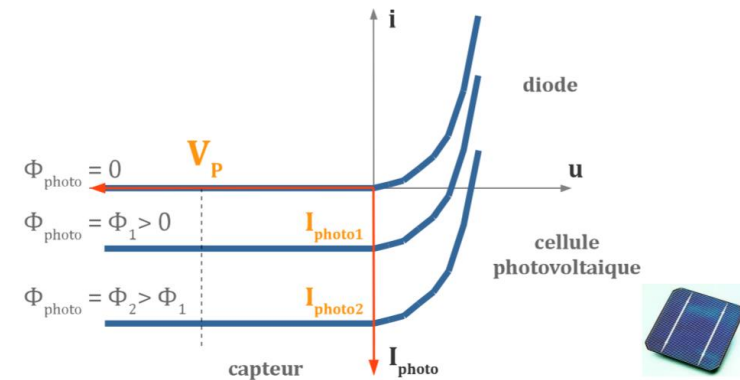
Bordeaux

- Comment utiliser une photodiode pour détecter des photons

Caractéristiques électriques d'une diode



Circuit 1



Paris-Saclay



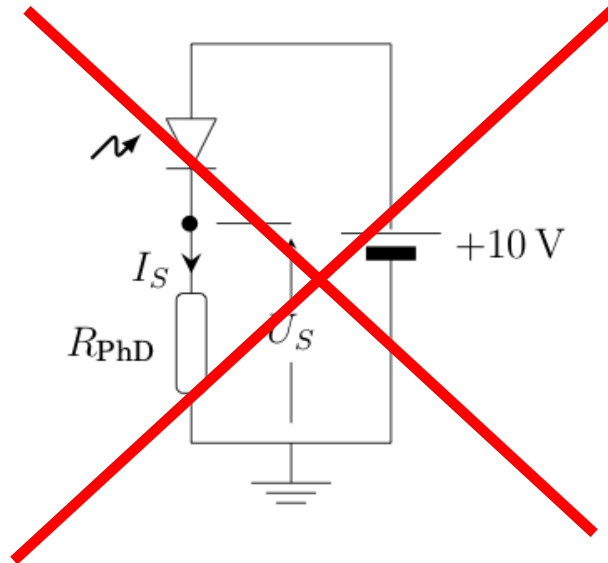
Saint-Étienne



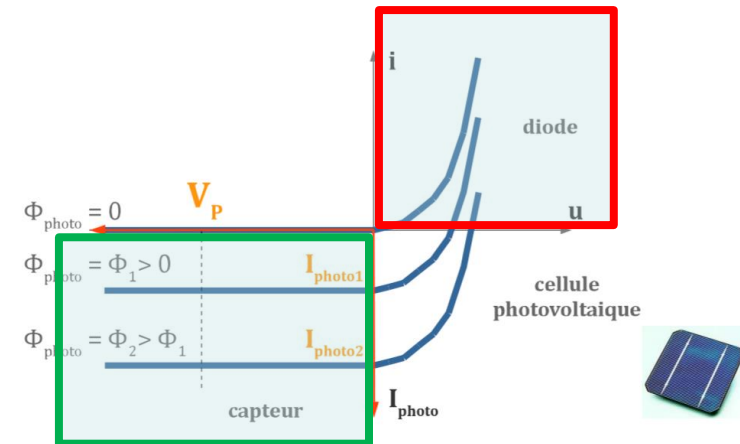
Bordeaux

• Comment utiliser une photodiode pour détecter des photons

Caractéristiques électriques d'une diode



Circuit 1



Paris-Saclay



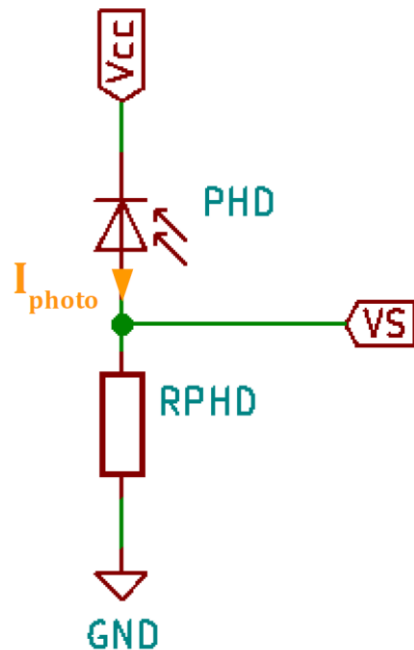
Saint-Étienne



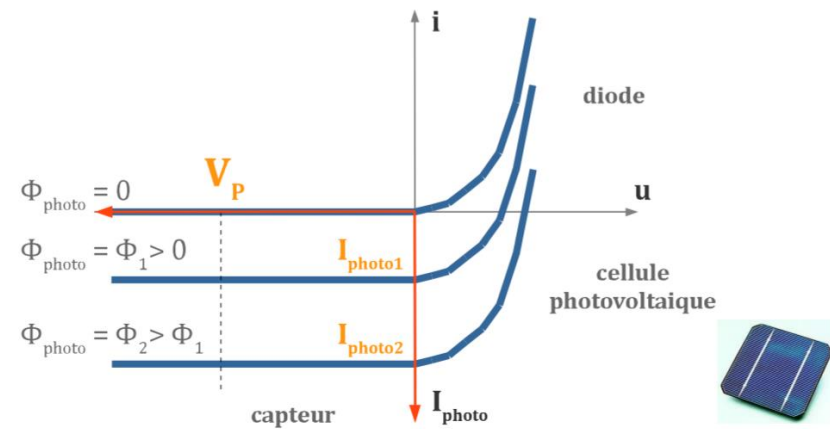
Bordeaux

• Comment utiliser une photodiode pour détecter des photons

Caractéristiques électriques d'une diode



$$V_S = R_{PhD} \cdot I_{photo}$$



Paris-Saclay



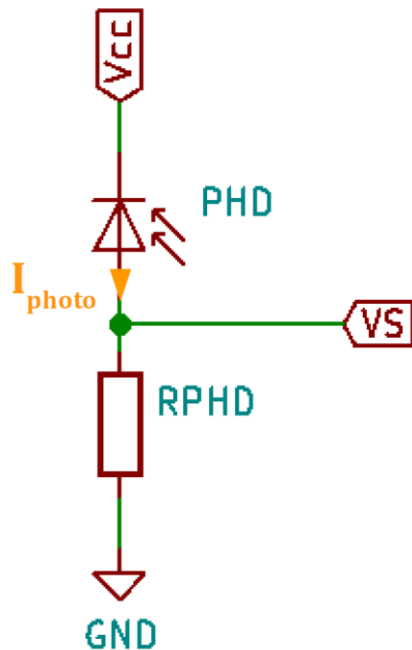
Saint-Étienne



Bordeaux

- Comment utiliser une photodiode pour détecter des photons

Caractéristiques électriques d'une diode



$$V_S = R_{\text{PhD}} \cdot I_{\text{photo}}$$

Jusqu'à quelle fréquence
ce système fonctionne-t-il ?



Paris-Saclay



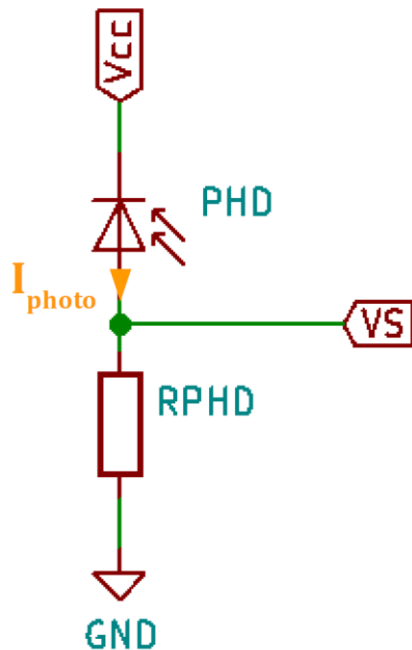
Saint-Étienne



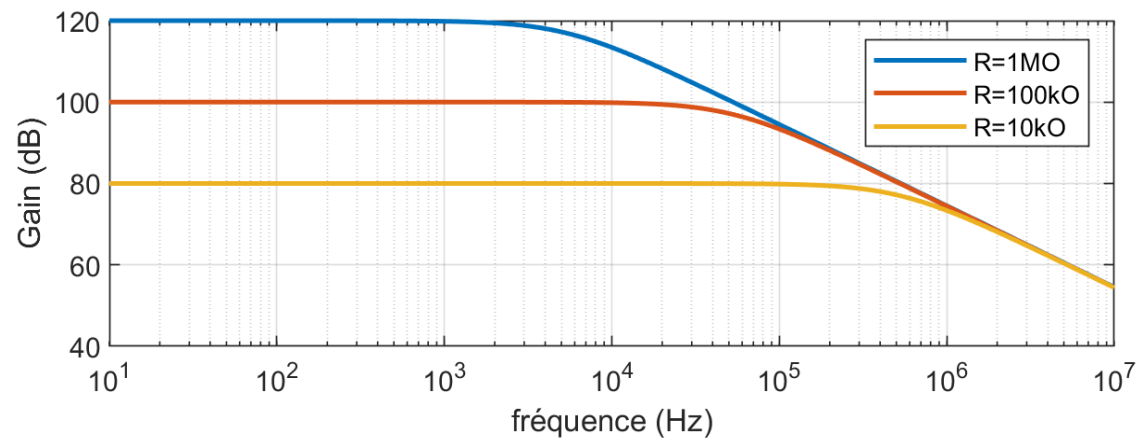
Bordeaux

- Comment utiliser une photodiode pour détecter des photons

Caractéristiques électriques d'une diode



$$V_S = R_{\text{PhD}} \cdot I_{\text{photo}}$$



Paris-Saclay



Saint-Étienne

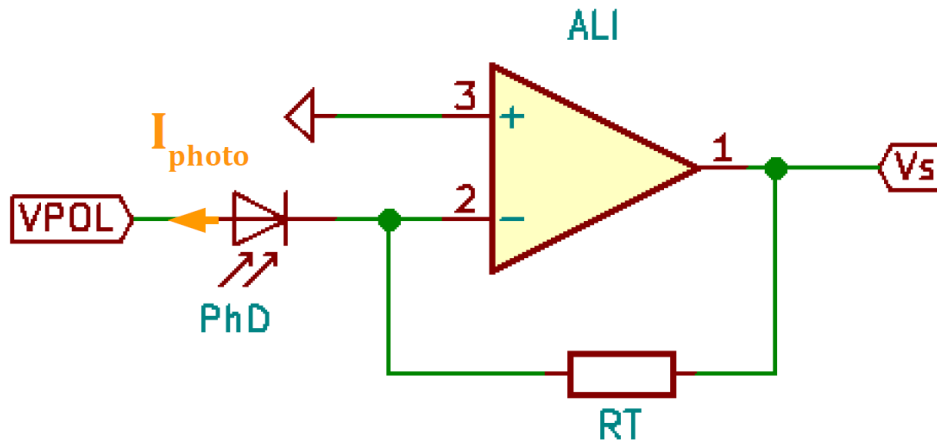


Bordeaux

- Comment utiliser une photodiode pour détecter des photons

Montage transimpédance

$$V_S = R_T \cdot I_{\text{photo}}$$



Paris-Saclay



Saint-Étienne



Bordeaux

- Comment utiliser une LED pour émettre des photons

Mission 3 / Caractériser une photodiode

Votre mission est de **déterminer ce qui différencie une photodiode d'une diode** et comment elle peut être utilisée comme capteur de lumière. Pour cela, vous devrez caractériser une photodiode.

Mission 4 / Réaliser un étage "simple" de photodétection

Votre mission est de **réaliser un système de réception du signal lumineux à l'aide d'une photodiode** et de vérifier simplement son bon fonctionnement.

Mission 5 / Caractériser le système de transmission "simple"

Votre mission est de **déterminer les limites de fonctionnement** du système de photodétection "simple" **et les paramètres influençant sa bande-passante**.

Mission 6 / Réaliser un étage "optimisé" de photodétection

Votre mission est de **réaliser un système de réception du signal lumineux** à l'aide d'une photodiode permettant de garantir les performances attendus dans le cahier des charges (bande-passante et sensibilité) **et de quantifier ses performances dynamiques**.



Paris-Saclay



Saint-Étienne



Bordeaux