INSTITUT d'OPTIQUE GRADUATE SCHOOL ParisTech
LEnsE Laboratoire d'Enseignement Expérimental

Photodétection

CeTI / Semestre 5 /
Institut d'Optique / B3

Déroulement des modules CéTI

4 blocs de 2 séances de TD

Séance 1 : travail en groupe sur une thématique
Séance 2 : synthèse / démo

- Capteurs et mise en forme
- Filtrage actif
- Photodétection
- Asservissement

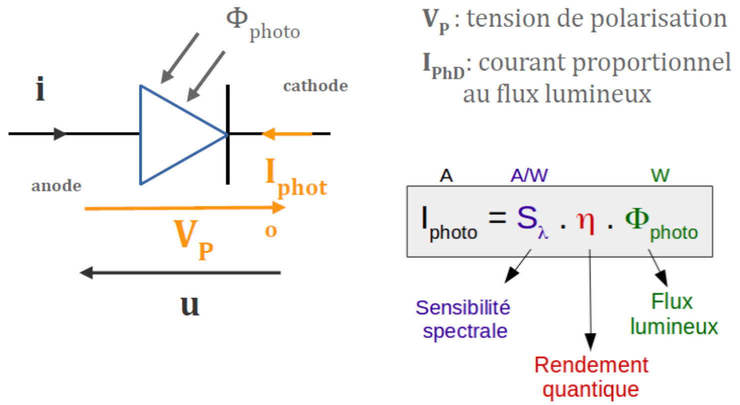
3 blocs de 2 séances de TP

- Mise en forme / Filtrage
- Photodétection
- Numérique
- Notions avancées

INSTITUT d'OPTIQUE GRADUATE SCHOOL ParisTech | LEnsE Laboratoire d'Enseignement Expérimental

Photodétection

- Transmettre une information par la lumière
- Détecter un obstacle
- Rendre spécifique une communication



Ressources

- Fiche Résumé : **ALI**
- Fiche Résumé : **Photodétection**

INSTITUT d'OPTIQUE GRADUATE SCHOOL ParisTech
LEnsE Laboratoire d'Enseignement Expérimental

M1 – Emettre une information lumineuse

- LED SFH415

$V_F = 1{,}3V$

Grenzwerte (T_A = 25 °C)
Maximum Ratings

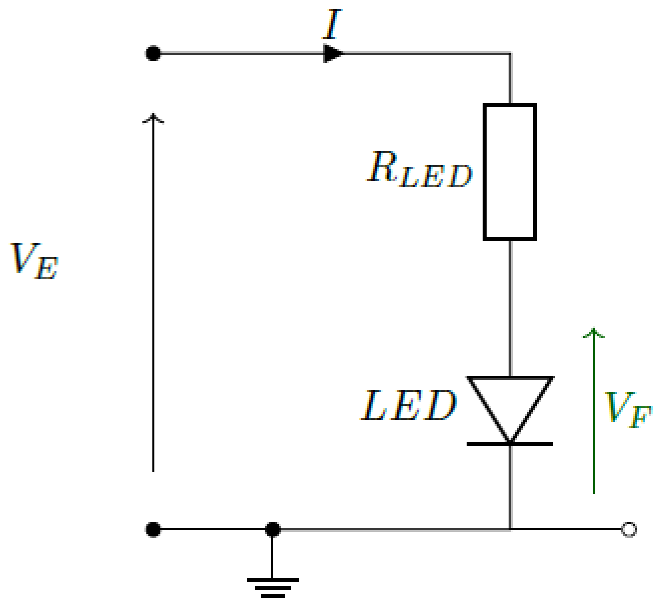
Bezeichnung **Parameter**	**Symbol** **Symbol**	**Wert** **Value**	**Einheit** **Unit**
Betriebs- und Lagertemperatur Operating and storage temperature range	T_{op}; T_{stg}	– 40 … + 100	°C
Sperrspannung Reverse voltage	V_R	5	V
Durchlassstrom Forward current	I_F	100	mA
Stoßstrom, t_p = 10 µs, D = 0 Surge current	I_{FSM}	3	A
Verlustleistung Power dissipation	P_{tot}	165	mW
Wärmewiderstand Thermal resistance	R_{thJA}	450	K/W

INSTITUT d'OPTIQUE GRADUATE SCHOOL ParisTech | LEnsE Laboratoire d'Enseignement Expérimental

M1 – Emettre une information lumineuse

- Montage émetteur

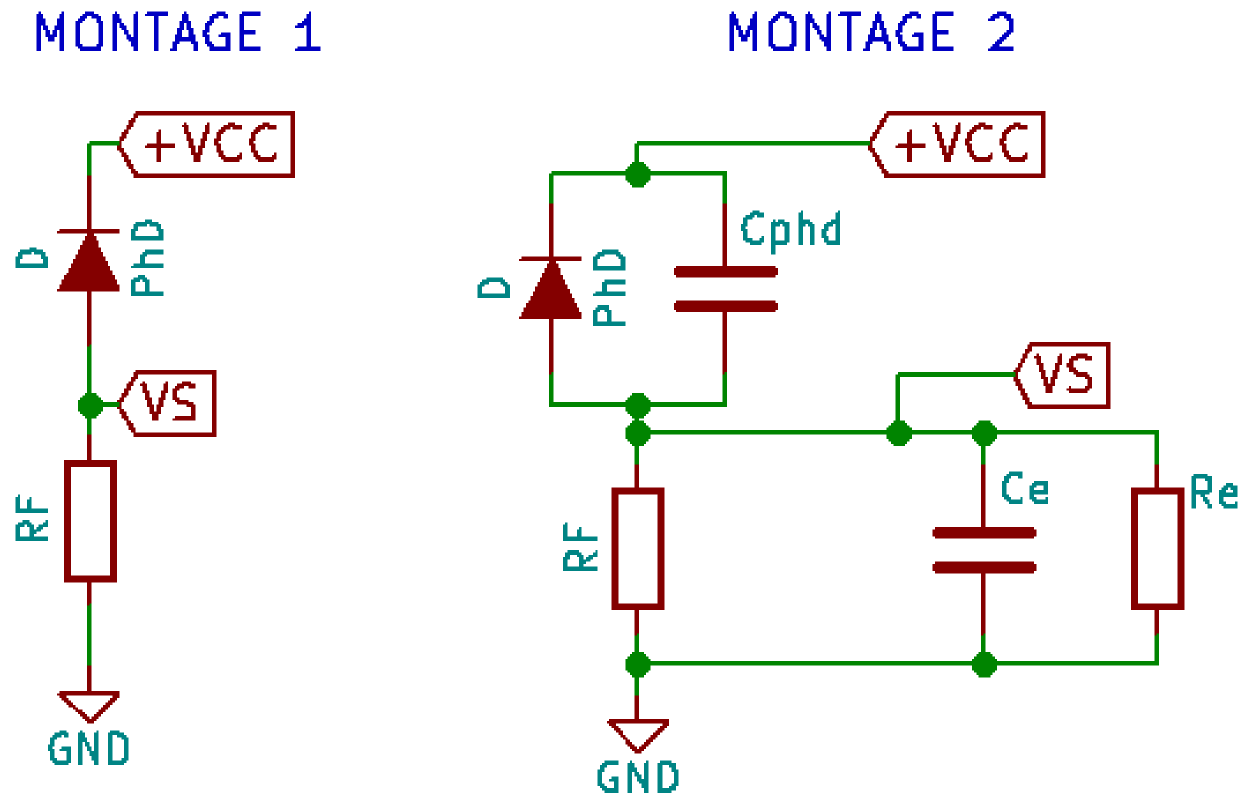
$V_F = 1,3V$



Institut d'Optique Graduate School ParisTech | LEnsE Laboratoire d'Enseignement Expérimental

M2 – Transmettre l'information

- Récepteur simple

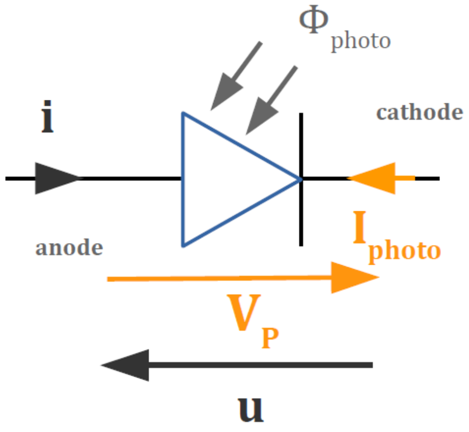


INSTITUT d'OPTIQUE GRADUATE SCHOOL ParisTech

LEnsE Laboratoire d'Enseignement Expérimental

M2 – Transmettre l'information

PHOTODIODE = CAPTEUR



V_P : tension de polarisation

I_{PhD}: courant proportionnel au flux lumineux

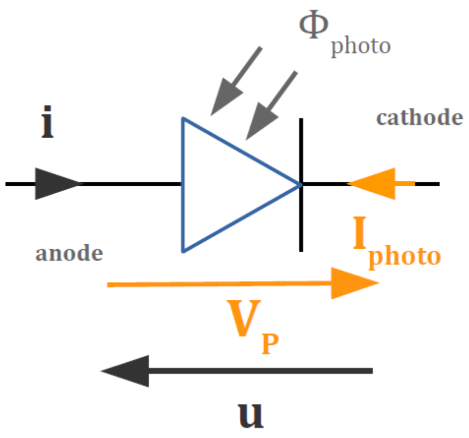
$$\underset{A}{I_{photo}} = \underset{A/W}{S_\lambda} \cdot \eta \cdot \underset{W}{\Phi_{photo}}$$

- S_λ : Sensibilité spectrale
- η : Rendement quantique
- Φ_{photo} : Flux lumineux

Transforme une grandeur physique observée (mesurande) **vers une autre grandeur physique utilisable** (électrique)

M2 – Transmettre l'information

PHOTODIODE = CAPTEUR



V_P : tension de polarisation

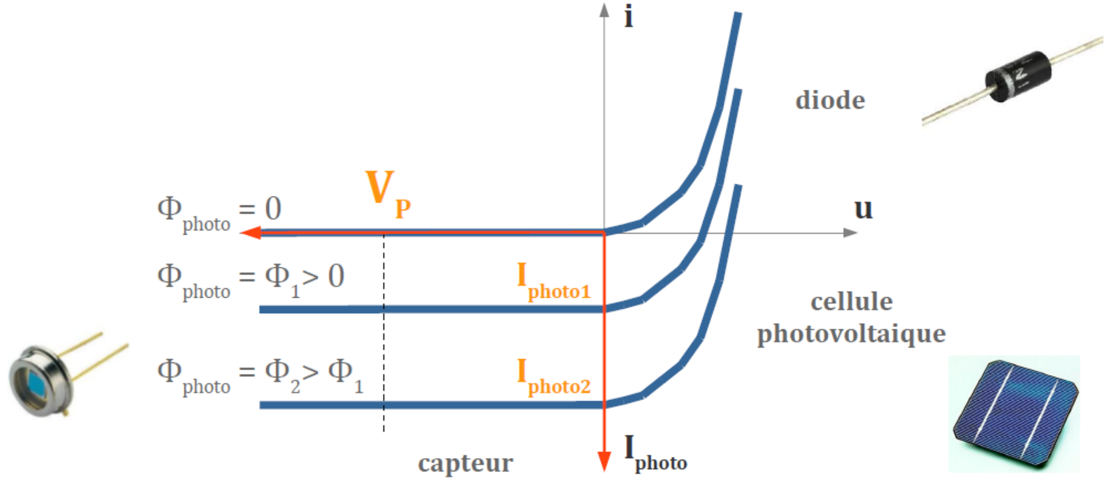
I_{PhD} : courant proportionnel au flux lumineux

A	A/W		W

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

Sensibilité spectrale — Rendement quantique — Flux lumineux

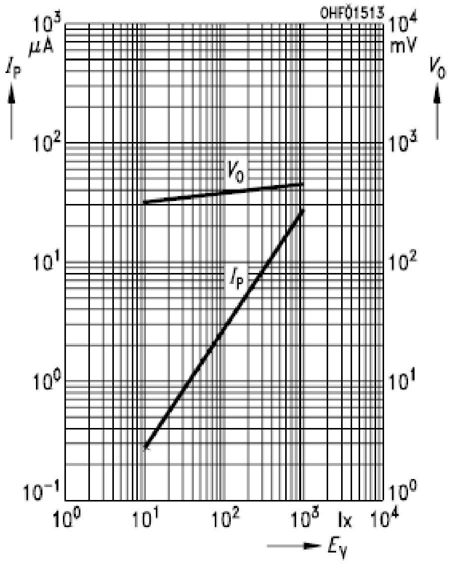
CARACTÉRISTIQUES ÉLECTRIQUES



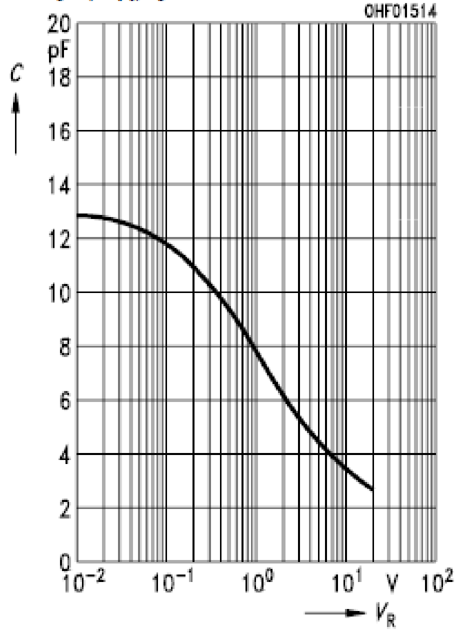
M2 – Transmettre l'information

- Photodiode

Photocurrent $I_P = f(E_v)$, V_R = 5 V
Open-Circuit Voltage $V_O = f(E_v)$
SFH 229



Capacitance
$C = f(V_R)$, f = 1 MHZ, E = 0



Maximum Ratings

Bezeichnung Parameter	Symbol Symbol	Wert Value	Einheit Unit
Betriebs- und Lagertemperatur Operating and storage temperature range	T_{op}; T_{stg}	– 40 … + 100	°C
Sperrspannung Reverse voltage	V_R	20	V
Verlustleistung Total power dissipation	P_{tot}	150	mW

Characteristics

Bezeichnung Parameter	Symbol Symbol	Wert Value		Einheit Unit
		SFH 229	SFH 229 FA	
Fotostrom Photocurrent V_R = 5 V, Normlicht/standard light A, T = 2856 K, E_V = 1000 lx	I_P	28 (≥ 18)	–	µA
V_R = 5 V, λ = 950 nm, E_e = 1 mW/cm^2	I_P	–	20 (≥ 10.8)	µA
Wellenlänge der max. Fotoempfindlichkeit Wavelength of max. sensitivity	$\lambda_{S\ max}$	860	900	nm
Spektraler Bereich der Fotoempfindlichkeit S = 10% von S_{max} Spectral range of sensitivity S = 10% of S_{max}	λ	380 … 1100	730 … 1100	nm
Bestrahlungsempfindliche Fläche Radiant sensitive area	A	0.3	0.3	mm^2
Abmessung der bestrahlungsempfindlichen Fläche Dimensions of radiant sensitive area	$L \times B$ $L \times W$	0.56 × 0.56	0.56 × 0.56	mm × mm
Halbwinkel Half angle	φ	±17	±17	Grad deg.

INSTITUT d'OPTIQUE GRADUATE SCHOOL ParisTech
LEnsE Laboratoire d'Enseignement Expérimental

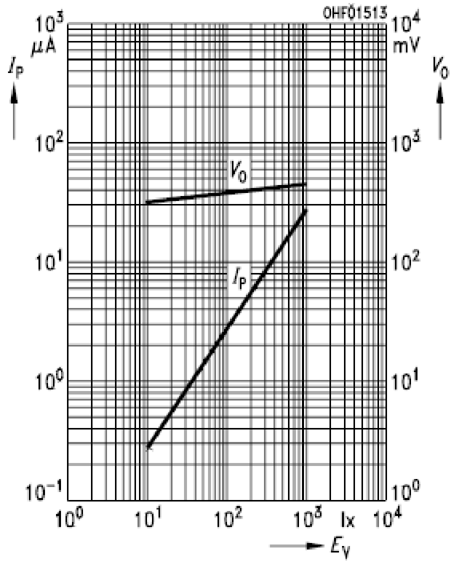
M2 – Transmettre l'information

- Photodiode

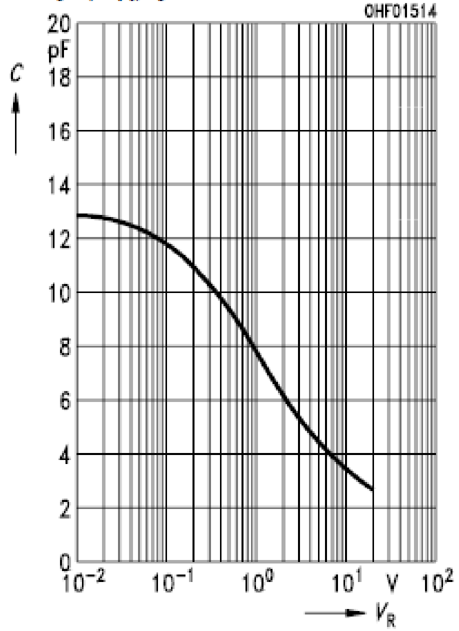
Maximum Ratings

Bezeichnung Parameter	Symbol Symbol	Wert Value	Einheit Unit
Betriebs- und Lagertemperatur Operating and storage temperature range	T_{op}; T_{stg}	– 40 … + 100	°C
Sperrspannung Reverse voltage	V_R	20	V
Verlustleistung Total power dissipation	P_{tot}	150	mW

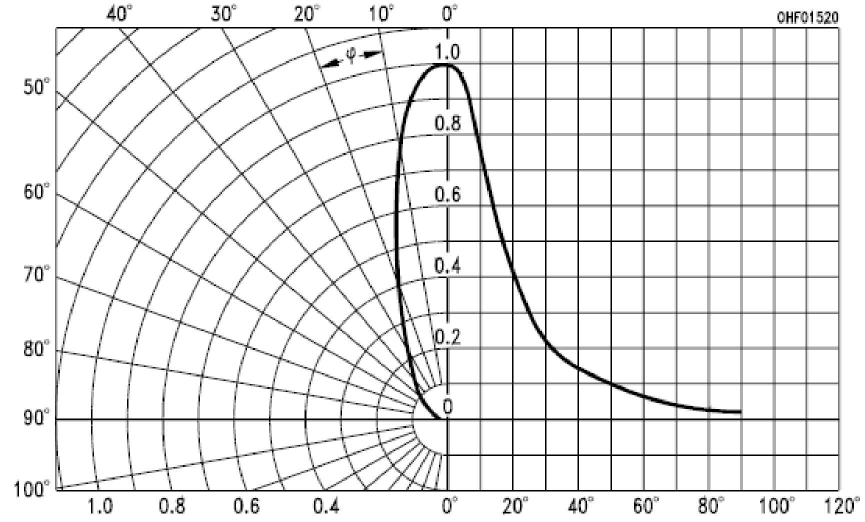
Photocurrent $I_P = f(E_v)$, V_R = 5 V
Open-Circuit Voltage $V_O = f(E_v)$
SFH 229



Capacitance
$C = f(V_R)$, f = 1 MHZ, E = 0

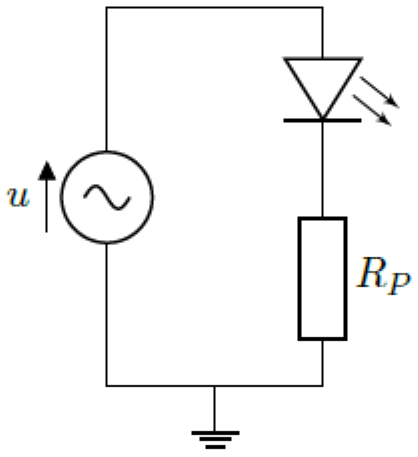


Directional Characteristics
$S_{rel} = f(\varphi)$

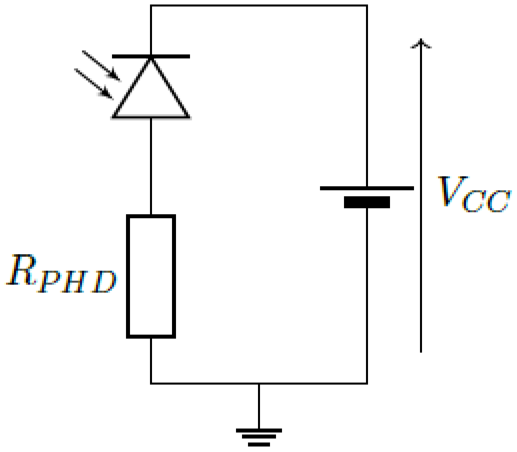


M2 – Transmettre l'information

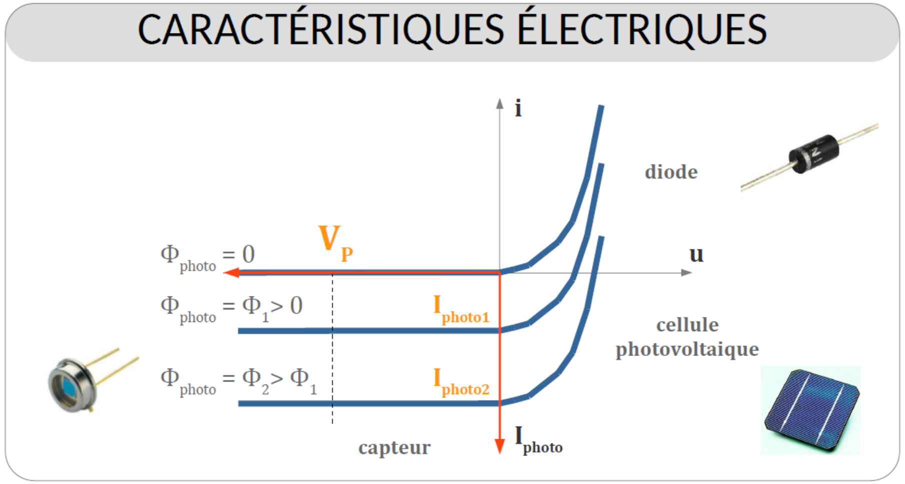
- Récepteur simple



(a) Emetteur

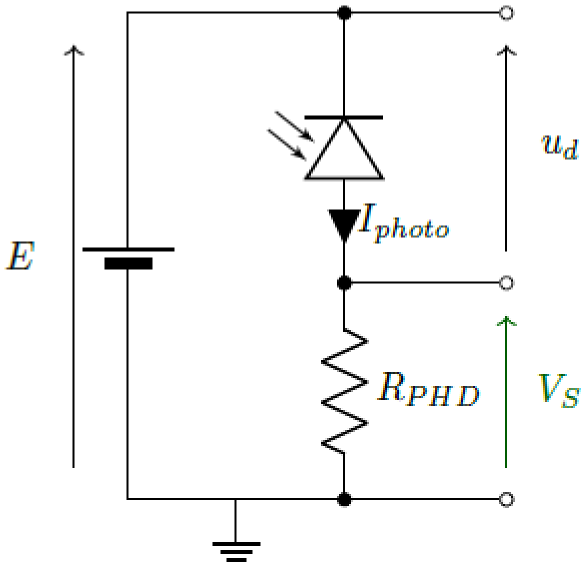


(b) Récepteur simple

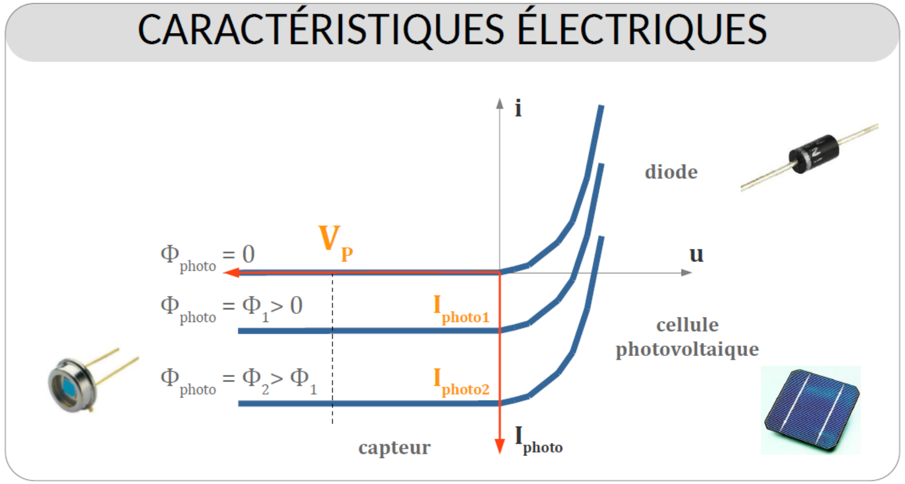


M2 – Transmettre l'information

- Récepteur simple



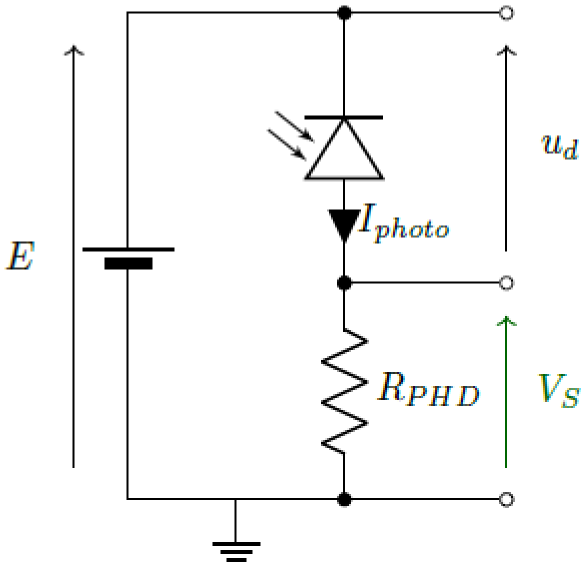
$$V_S = R_{PhD} \cdot I_{photo}$$



INSTITUT d'OPTIQUE GRADUATE SCHOOL ParisTech | LEnsE Laboratoire d'Enseignement Expérimental

M2 – Transmettre l'information

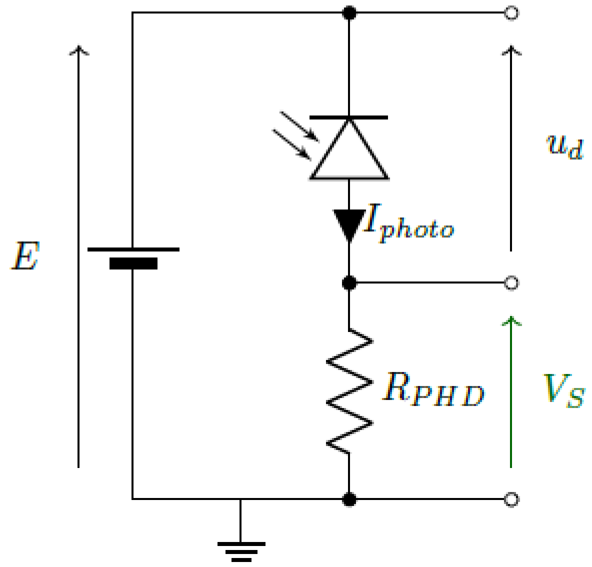
- Récepteur simple

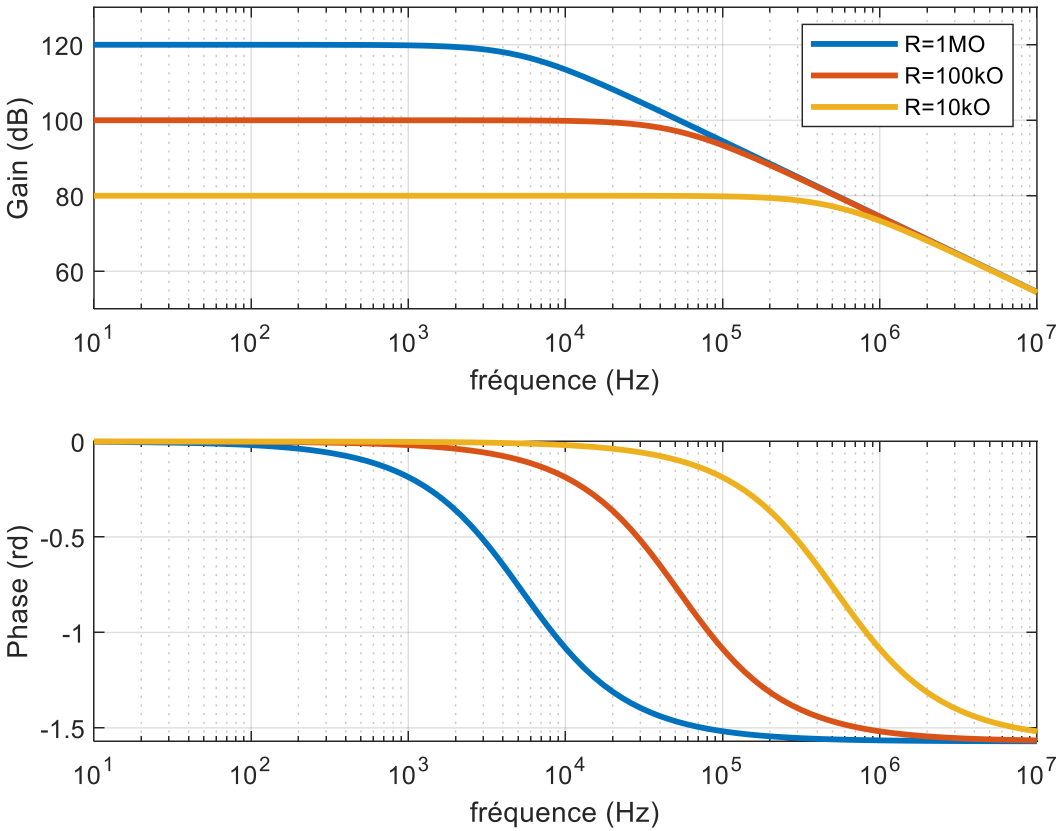


$$V_S = R_{PhD} \cdot I_{photo}$$

M2 – Transmettre l'information

- Récepteur simple



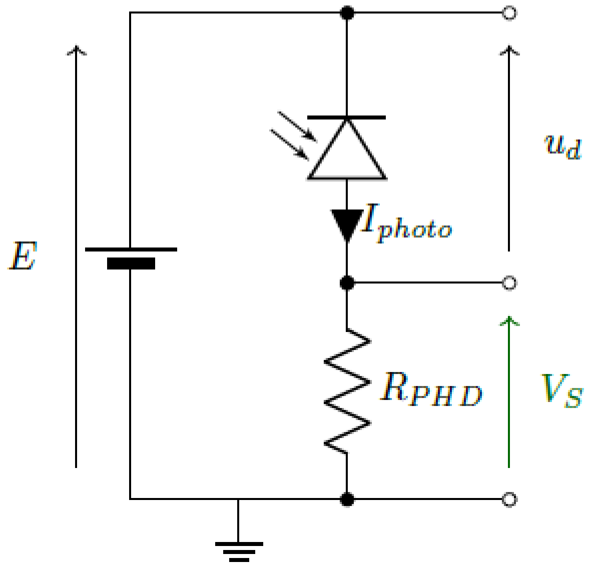


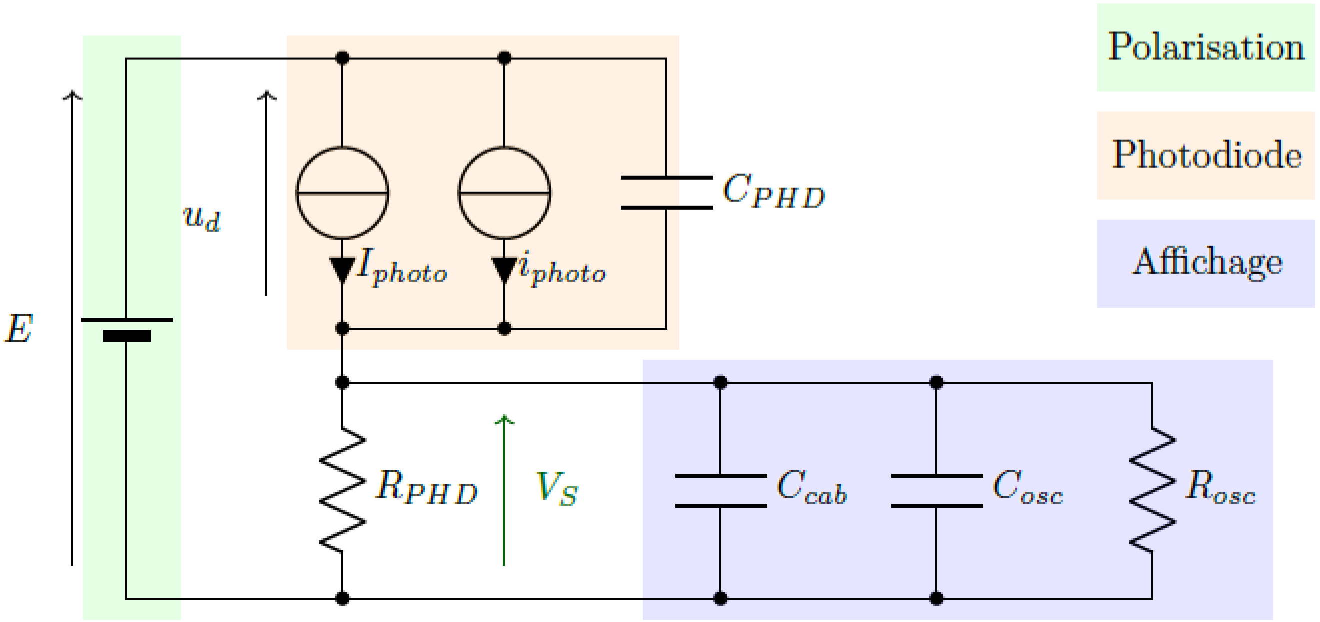
$$V_S = R_{PhD} \cdot I_{photo}$$

INSTITUT d'OPTIQUE GRADUATE SCHOOL ParisTech | LEnsE Laboratoire d'Enseignement Expérimental

M2 – Transmettre l'information

- Récepteur simple / Modèle

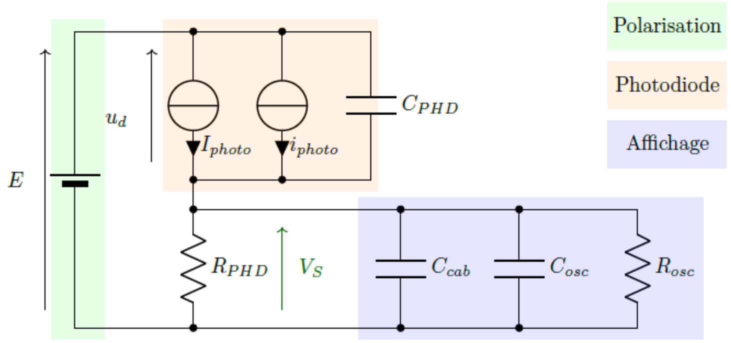


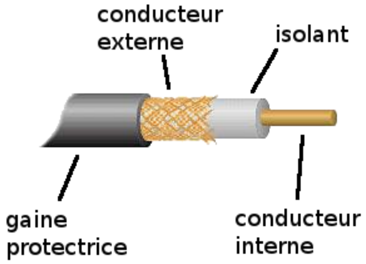


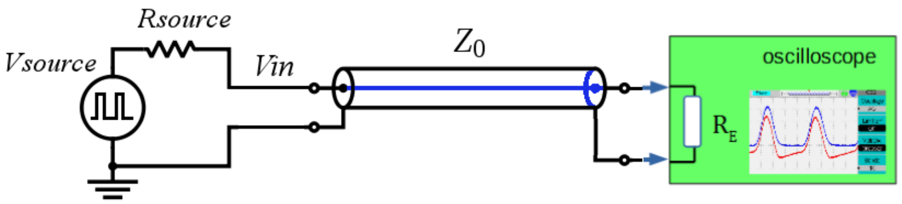
INSTITUT d'OPTIQUE GRADUATE SCHOOL ParisTech | LEnsE Laboratoire d'Enseignement Expérimental

M2 – Transmettre l'information

- Récepteur simple / Modèle







Capacité linéique

C_{cab} ≈ 100 pF / m

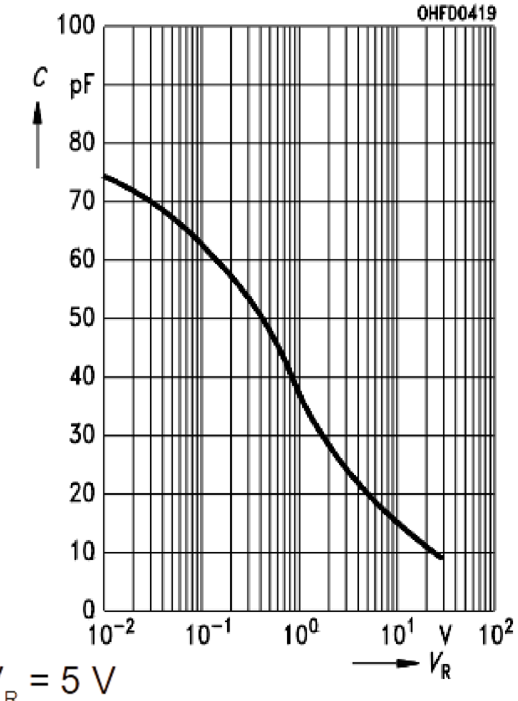
R_{osc} ≈ 1 MΩ

C_{osc} ≈ 10 pF

SFH206

Capacitance

$C = f(V_R)$, f = 1 MHz, E = 0



Pour V_R = 5 V

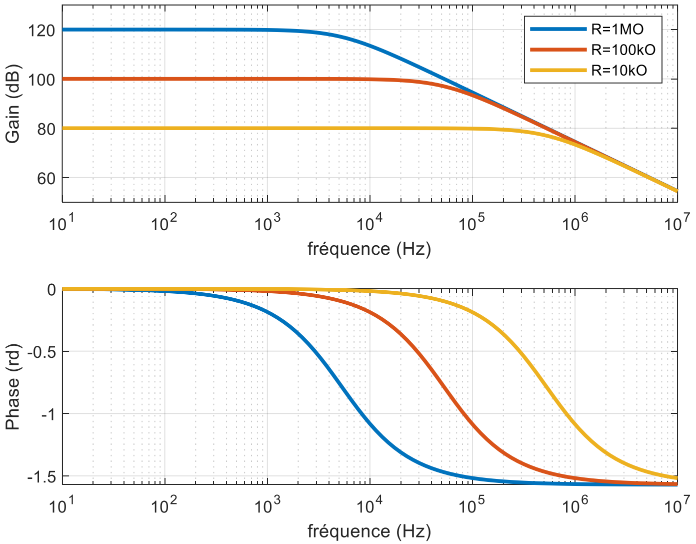
C_{PHD} = 20 pF

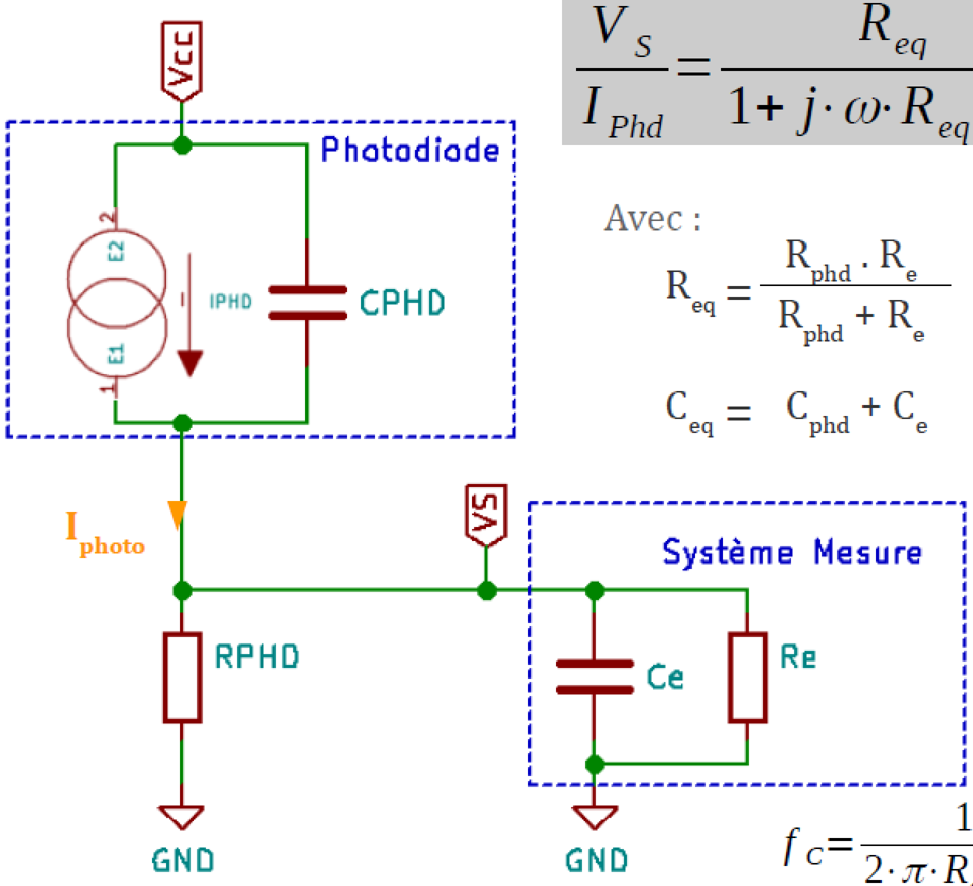
INSTITUT d'OPTIQUE GRADUATE SCHOOL ParisTech

LEnsE Laboratoire d'Enseignement Expérimental

M2 – Transmettre l'information

- Récepteur simple / Modèle





$$\frac{V_S}{I_{Phd}} = \frac{R_{eq}}{1 + j \cdot \omega \cdot R_{eq} \cdot C_{eq}}$$

Avec :

$$R_{eq} = \frac{R_{phd} \cdot R_e}{R_{phd} + R_e}$$

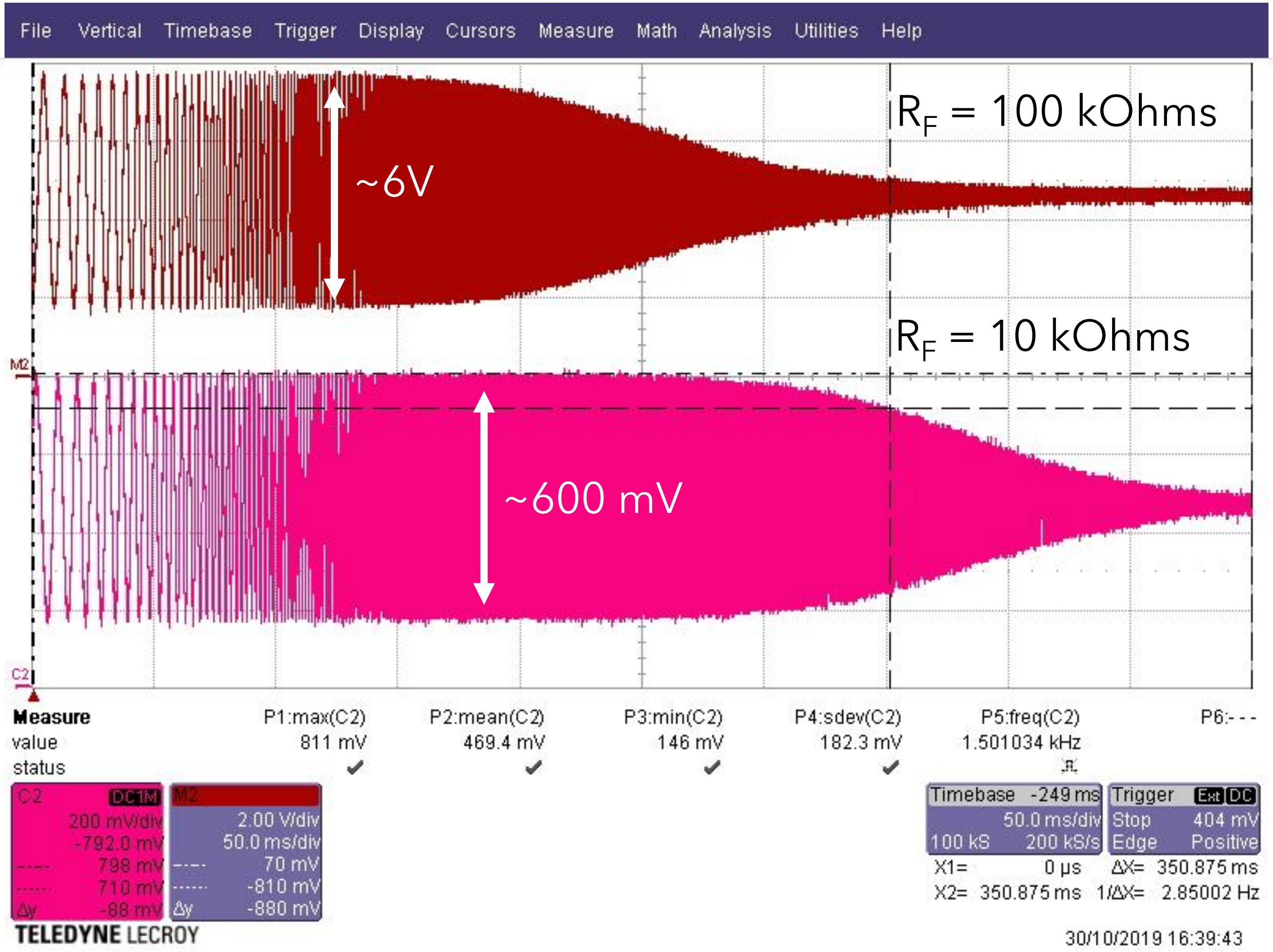
$$C_{eq} = C_{phd} + C_e$$

$$f_C = \frac{1}{2 \cdot \pi \cdot R_{eq} \cdot C_{eq}}$$

INSTITUT d'OPTIQUE GRADUATE SCHOOL ParisTech | LEnsE Laboratoire d'Enseignement Expérimental

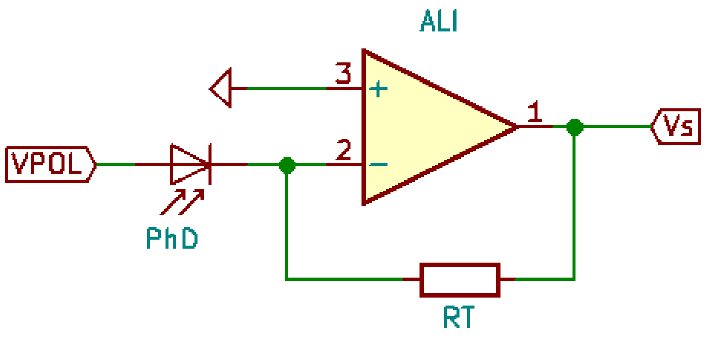
M2 – Transmettre l’information

- Récepteur simple

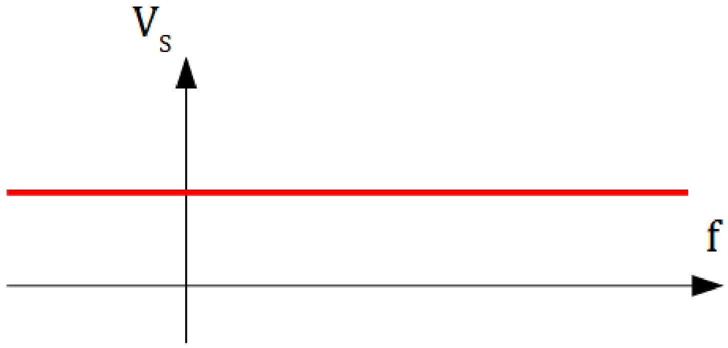


M3 – Transmettre l'information

- Récepteur transimpédance

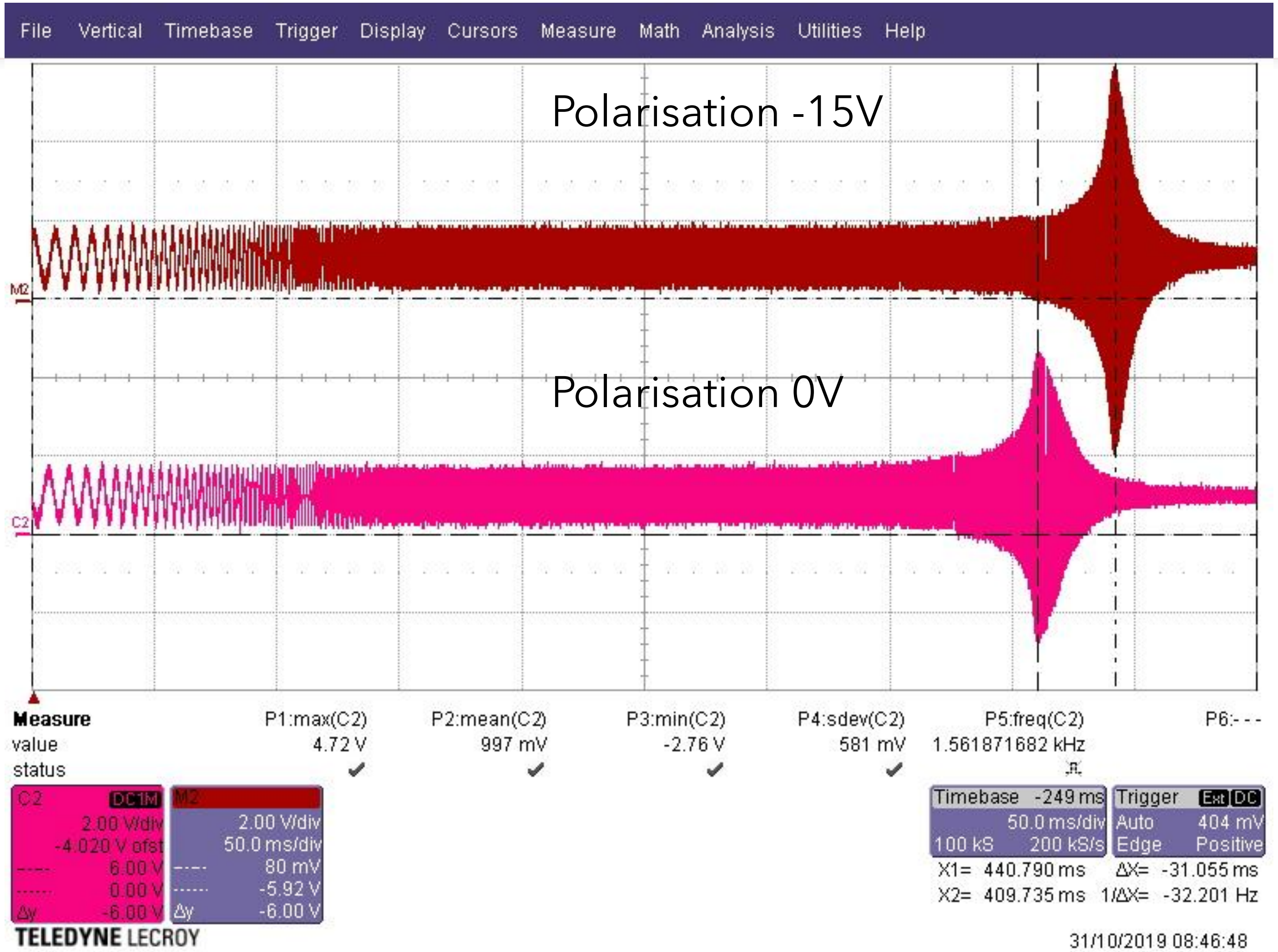


$$V_S = R_T \cdot I_{photo}$$



M3 – Transmettre l'information

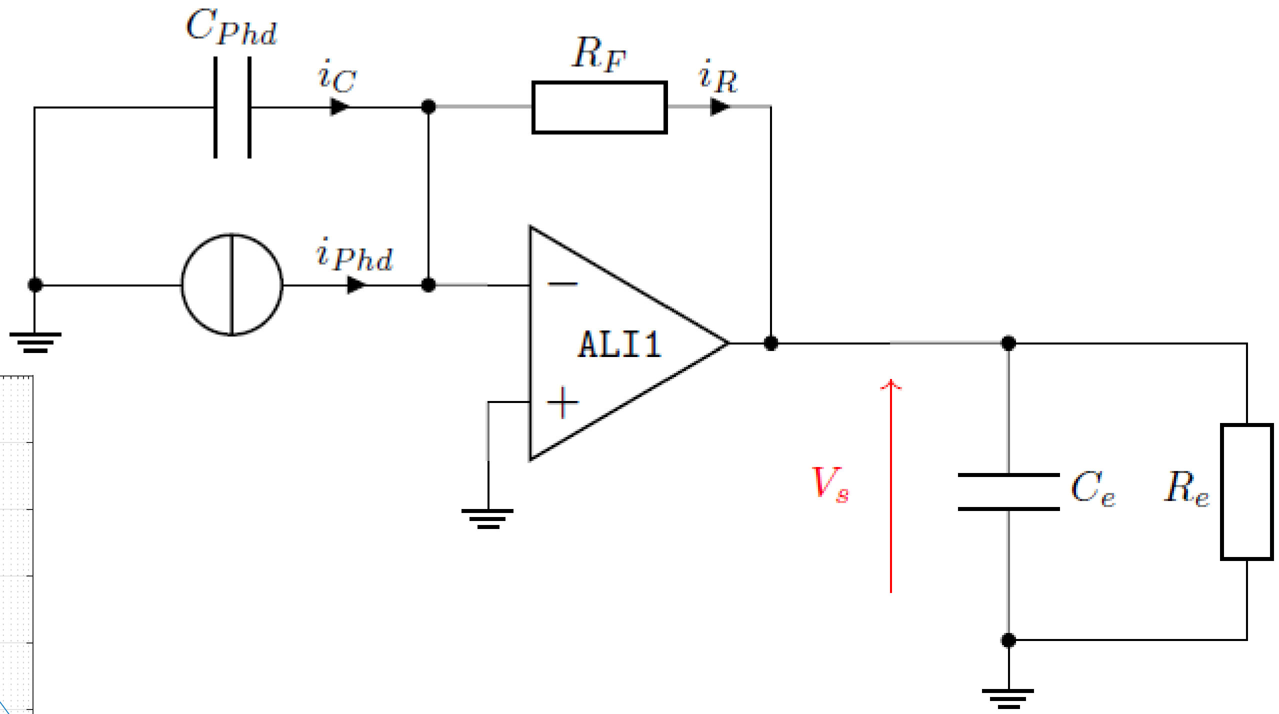
- Récepteur transimpédance

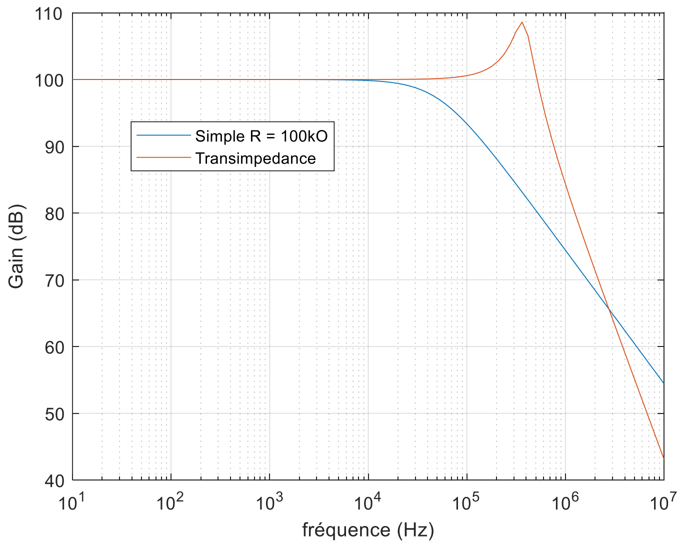


INSTITUT D'OPTIQUE GRADUATE SCHOOL ParisTech | LEnsE Laboratoire d'Enseignement Expérimental

M4 – Transmettre l'information

- Récepteur transimpédance

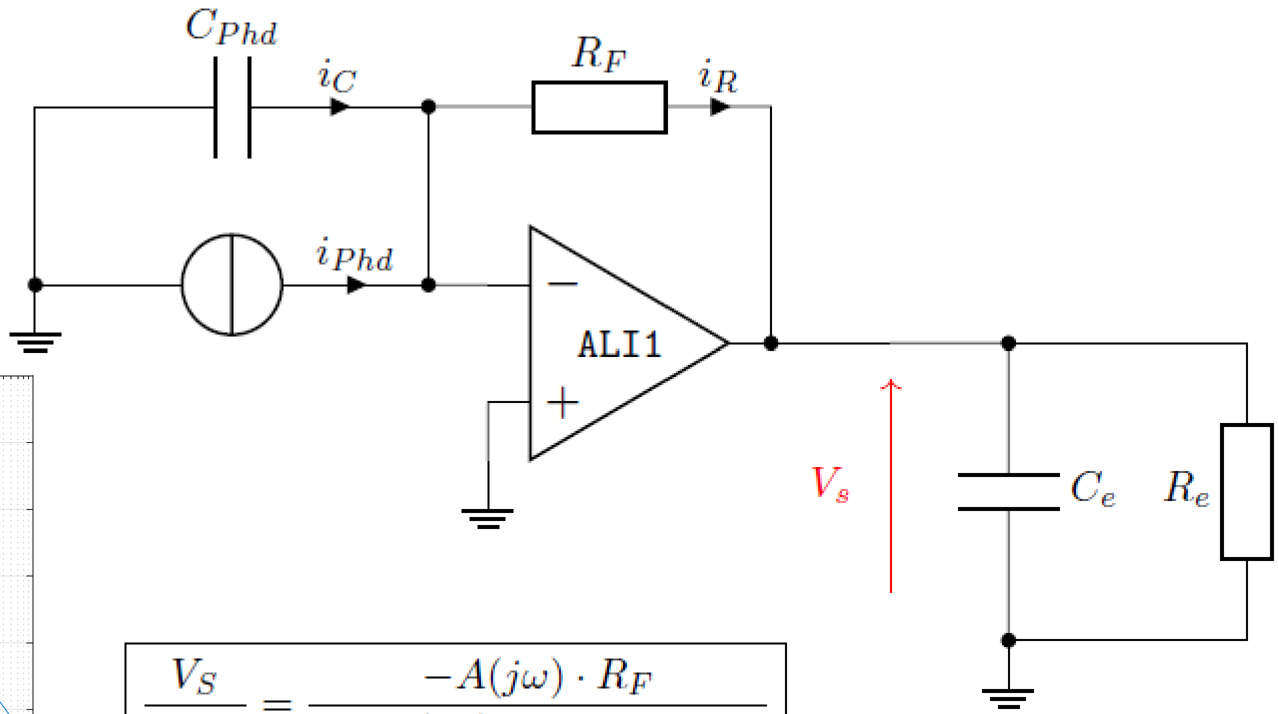


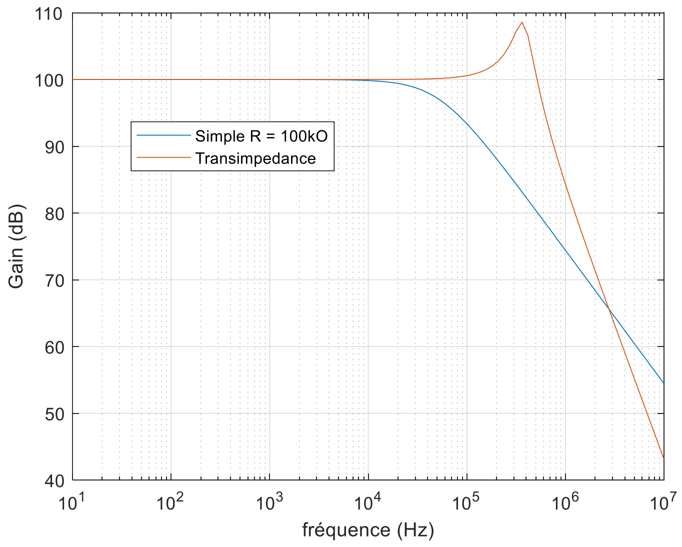


INSTITUT d'OPTIQUE GRADUATE SCHOOL ParisTech
LEnsE Laboratoire d'Enseignement Expérimental

M4 – Transmettre l'information

- Récepteur transimpédance



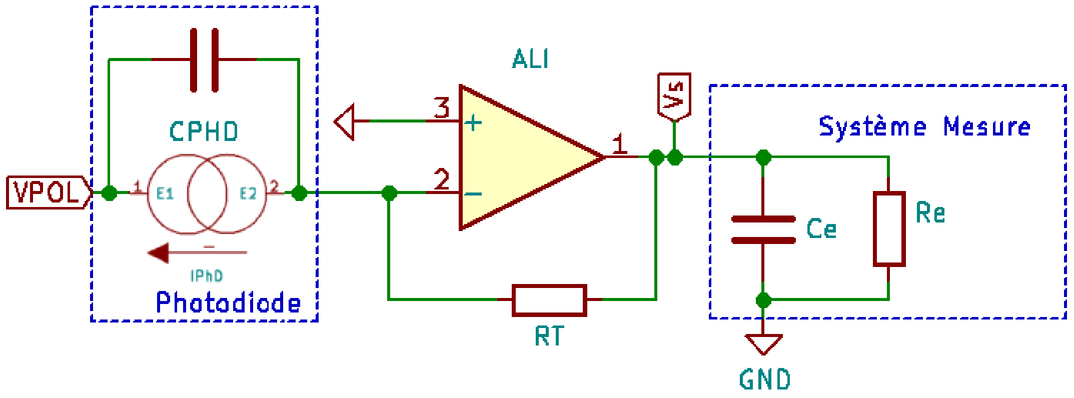


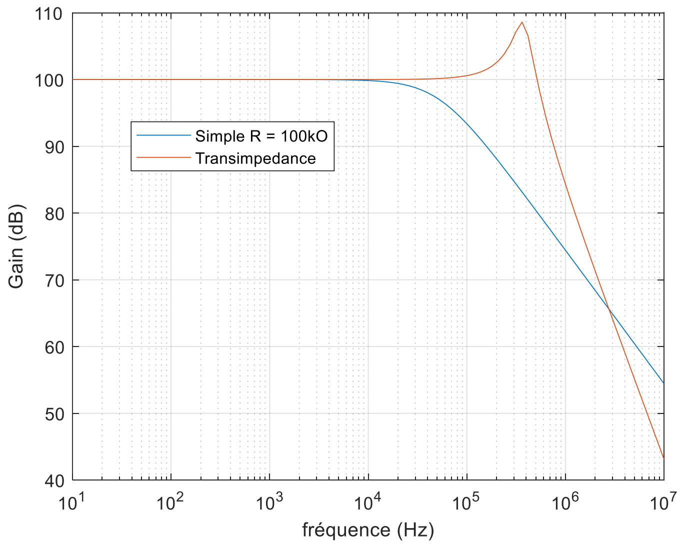
$$\frac{V_S}{i_{PHD}} = \frac{-A(j\omega) \cdot R_F}{1 + A(j\omega) + jR_F C_{PHD}\omega}$$

$$\frac{V_S}{i_{PHD}} = \frac{-A_0 \cdot R_F}{(1 + jR_F C_{PHD}\omega) \cdot (1 + j\omega/\omega_0) + A_0}$$

M4 – Transmettre l'information

- Récepteur transimpédance





$$\frac{V_S}{I_{Phd}} = \frac{R_T \cdot A_0}{\left(1+\frac{j\cdot\omega}{\omega_0}\right)\cdot\left(1+\frac{j\cdot\omega}{\omega_c}\right)+A_0}$$

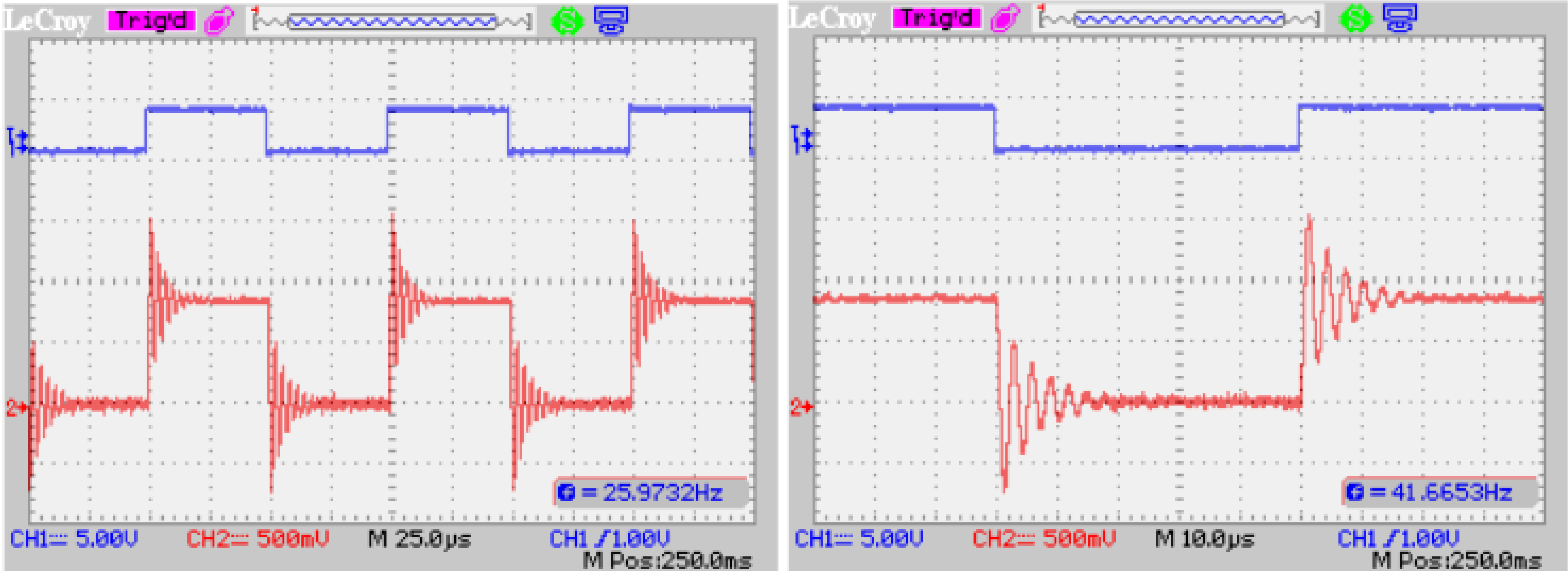
En utilisant le modèle du premier ordre pour l'amplificateur intégré (A_0, w_0)

Gain-peaking : $f_T = \sqrt{f_C \cdot GBP}$ avec $f_C = \frac{1}{2\cdot\pi\cdot R_{PhD}\cdot C_{PhD}}$

M4 – Transmettre l'information

- Récepteur transimpédance

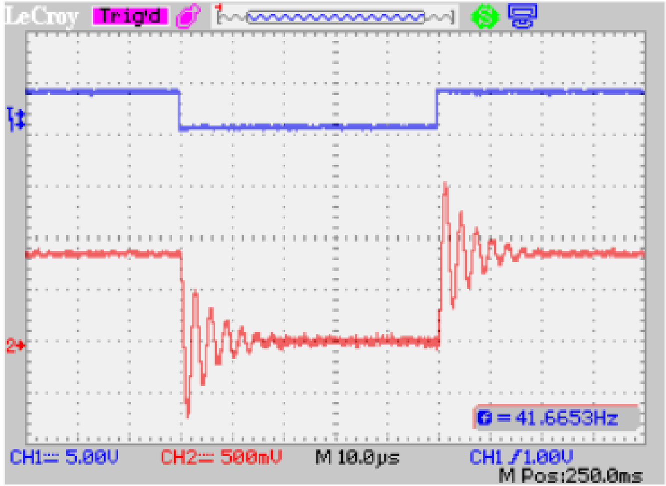
Signal carré à 10kHz / GBF : offset +4.8V / Amp = 3.3V



M4 – Transmettre l'information

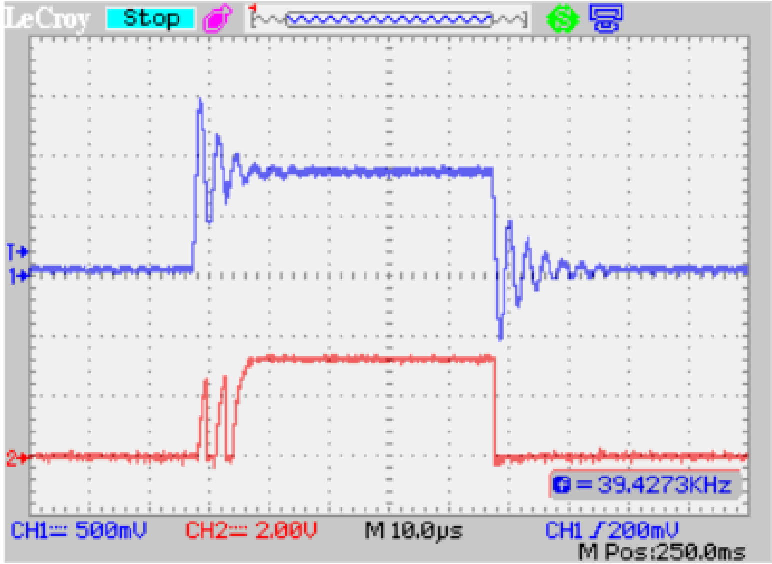
- Récepteur transimpédance

Signal carré à 10kHz / GBF : offset +4.8V / Amp = 3.3V



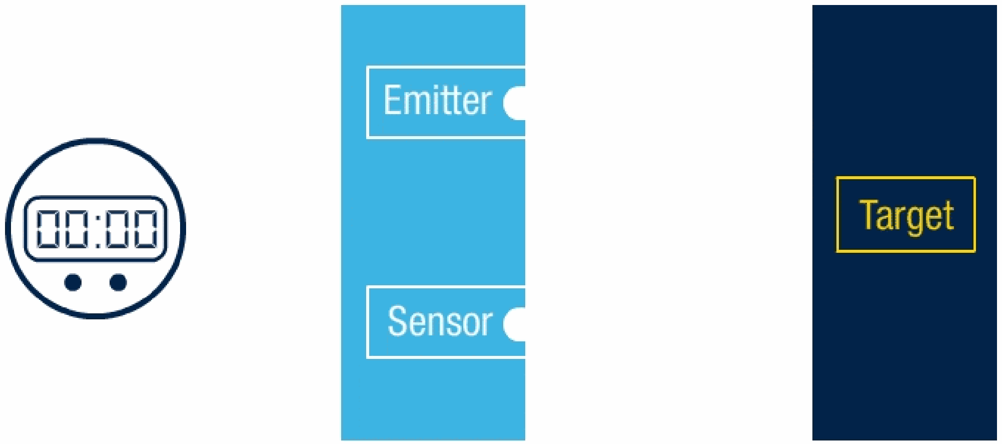
Signal numérique comparé (LM311)

Signal carré à 10kHz / GBF : offset +4.8V / Amp = 3.3V



M5 – Détecter un obstacle

- Capteurs TOF – Time of Flight



INSTITUT d'OPTIQUE GRADUATE SCHOOL ParisTech | LEnsE Laboratoire d'Enseignement Expérimental

https://www.st.com/en/imaging-and-photonics-solutions/time-of-flight-sensors.html