



# Conception Electronique

Systemes, fonctionnalites, composants



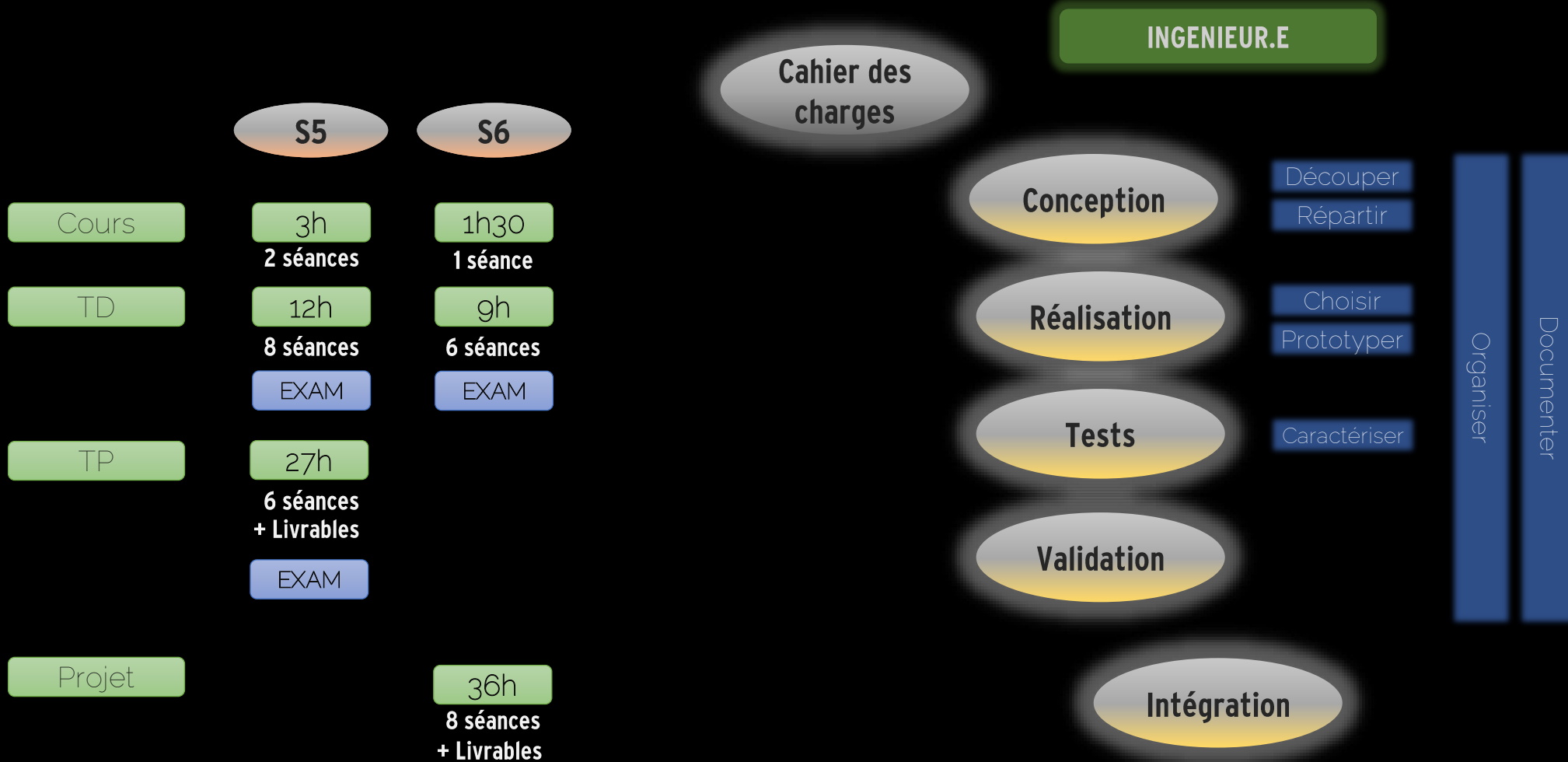


# Conception et Ingénierie

Electronique pour le Traitement de l'Information



## Déroulement



## Déroulement

	S5	S6
Cours	3h 2 séances	1h30 1 séance
TD	12h 8 séances	9h 6 séances
	EXAM	EXAM
TP	27h 6 séances + Livrables	
	EXAM	
Projet		36h 8 séances + Livrables

## TD / Etude de structures par équipe de 4-5 étudiant.es

### 4 séances / structure

#### Séance 1 Travail en groupe sur la structure

- Définition des mots-clefs
- Fonctionnement des composants
- Découpage en fonction
- Fonctions de transfert

x 2

#### Séance 2 Préparation présentation

#### Séance 3 Présentation / 10 min

- Globale / Composants / Fonctions

#### Séance 4 Retour sur les notions principales



## Structures

- E1 Détection de luminosité
- C1 Capteur de force et conditionnement
- C2 Capteur de température
- P1 Photodétection / montage simple
- P2 Photodétection / montage transimpédance
- F2 Filtres universels
- F3 Filtres à capacité commutée
- S3 Mise en forme d'un signal sonore
- L4 Driver de LED
- N2 Num / Gradateur d'intensité
- N3 Num / Contrôle de vitesse d'un moteur
- N4 Num / Pilotage d'une barrette CCD

## TD / Etude de structures par équipe de 4-5 étudiant.es

### 4 séances / structure

#### Séance 1 Travail en groupe sur la structure

- Définition des mots-clefs
- Fonctionnement des composants
- Découpage en fonction
- Fonctions de transfert

x 2

#### Séance 2 Préparation présentation

#### Séance 3 Présentation / 10 min

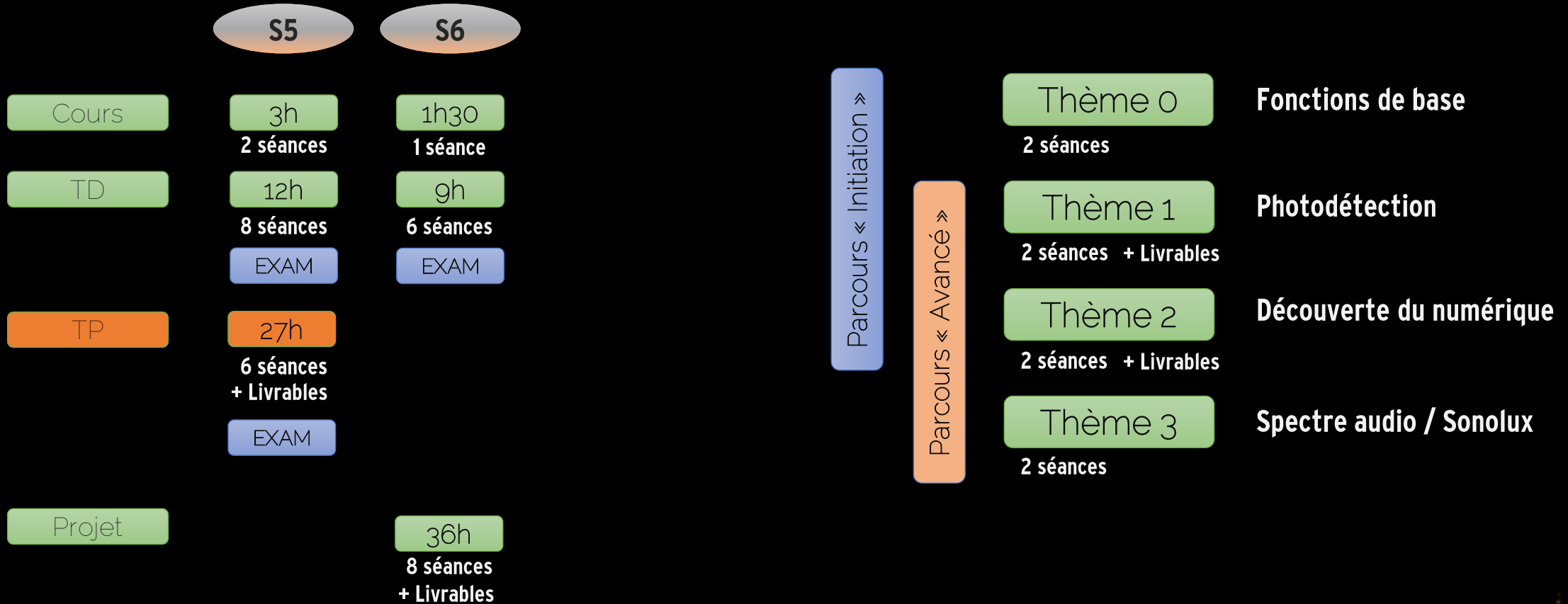
- Globale / Composants / Fonctions

#### Séance 4 Retour sur les notions principales



## Déroulement

## TP / 2 parcours



Modalités  
Ressources  
Supports TD/TP

Accueil	Sites	Année	Thèmes	Réalisations	La MInE
		Première année		Optique Semestre 5	
		Deuxième année		Electronique S5	
		Troisième année – M2		Optique Semestre 6	
		Tous les TPs (Paris-Saclay)		Electronique S6	
				Autres	Mosaïque d'INformatique

➔ <http://lense.institutoptique.fr/ceti/>

Traitement de l'Information

Responsable IUT Lang C LA: Sylvie LEBRUN  
Responsable Pédagogique LENSE: Fabienne BERNARD  
Responsable IUT Electronique S6 M: Julien VILLEMEJANE

<http://lense.institutoptique.fr/>

Lang C  
CETI  
I6TI  
PROTIS

CONCEPTION ELECTRONIQUE

Objectifs pédagogiques

- Comprendre les principes de base de la conception électronique.
- Maîtriser les outils de conception (EDA).
- Concevoir et réaliser un circuit électronique.

Contenus

- Introduction à la conception électronique.
- Les outils de conception (EDA).
- Le processus de conception (de la spécification à la réalisation).
- Les aspects pratiques de la conception (réalisation, mesure, débogage).

TD 1 / MAÎTRISER LES BASES DE L'ÉLECTRONIQUE

Objectifs pédagogiques

- À la fin de cette séance, les étudiants seront capables de :
  - analyser les schémas électroniques de l'électronique analogique :
  - calculer / simuler / peaufiner :
  - diagnostiquer / réviser :
- analyser et appliquer les lois fondamentales de l'électronique :
- la loi de Kirchhoff / l'association de résistances / Millman
- analyser et analyser la réponse temporelle d'un réseau simple
- analyser et appliquer un protocole expérimental de mesure pour :
- la caractérisation temporelle d'un dipôle
- la caractérisation dynamique d'un système linéaire du premier ordre

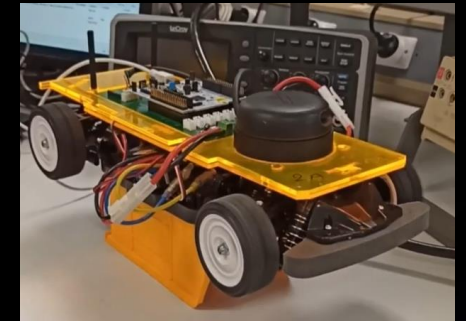
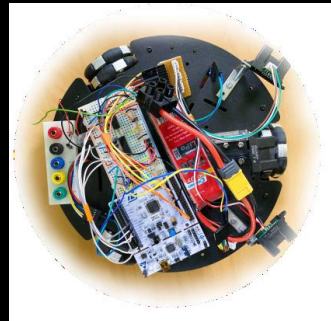
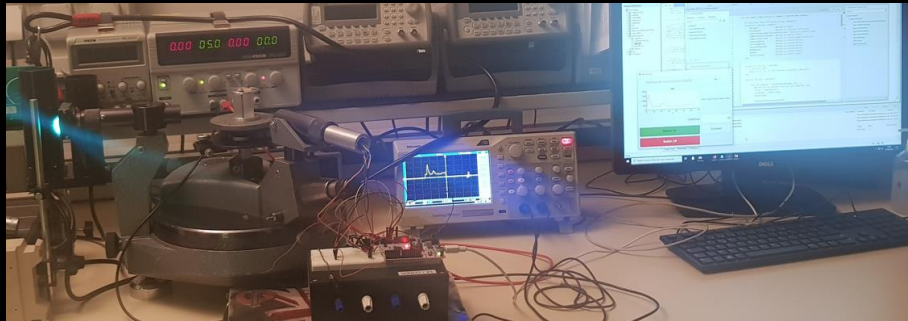
Références

[1] F. Delcourt, Regards l'électronique analogique et numérique, 2011.



Ingénieur•e = constructeur•trice de systèmes

qui s'appuie sur des principes physiques  
pour les concevoir







# Systemes et fonctionnalités

Définition, représentation, découpage fonctionnel

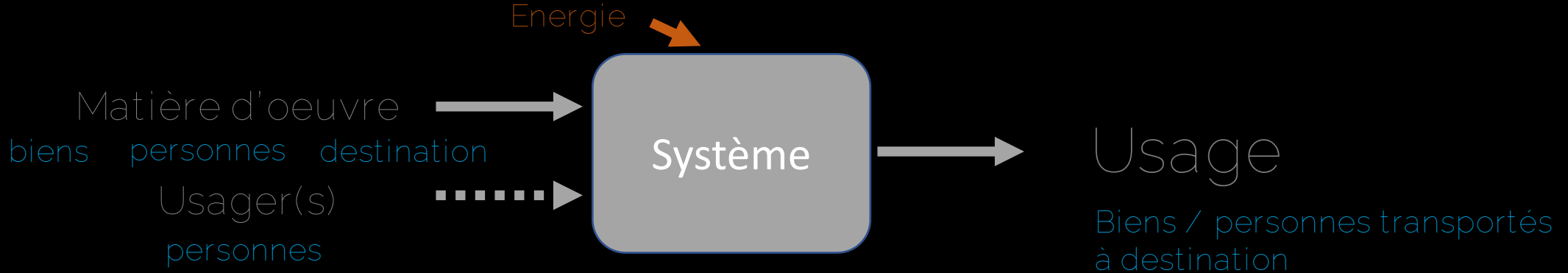


**Système** = Appareillage ou dispositif  
formé de divers éléments  
et assurant une fonction déterminée  
*Système de fermeture, Système optique.*



# Systeme

Représentation



Fonction principale + Contraintes / Performances

Véhicule

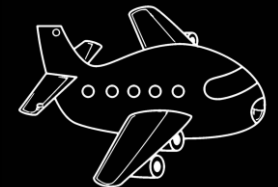
Transporter des biens ou/et des personnes à  
une destination précise



Vélo

Camion

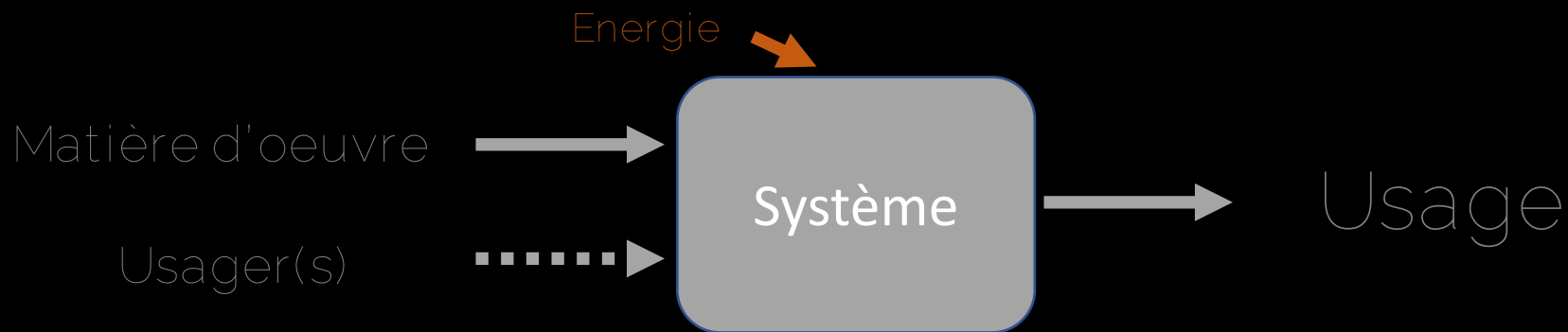
Avion



Voiture

Bateau





Fonction principale + Contraintes / Performances

**Cahier des charges**



INSTITUT  
d'OPTIQUE  
GRADUATE



**LEnSE**

Laboratoire  
d'Enseignement  
Expérimental

<http://lense.institutoptique.fr>

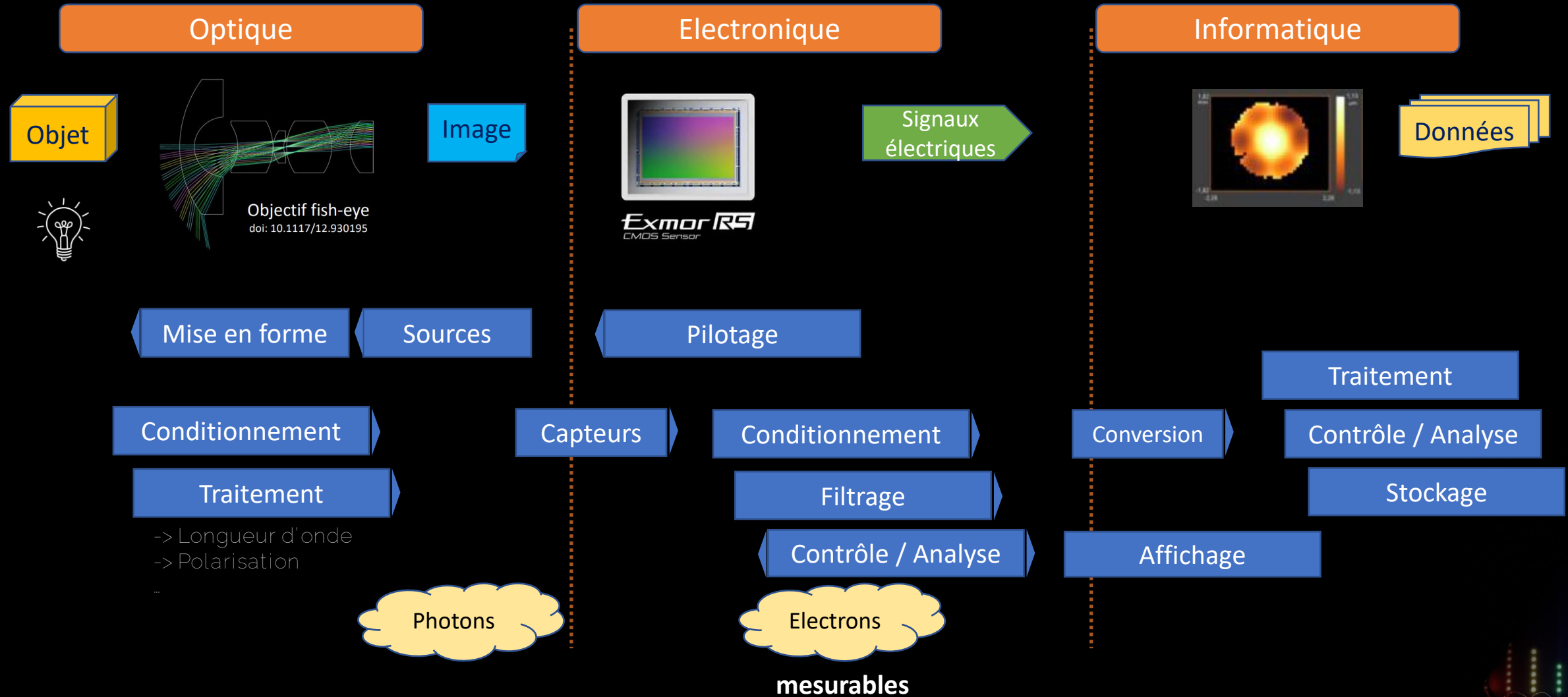
# Photonique et système imageant

De l'objet à son analyse



# Photonique et système imageant

Assemblage de fonctions



INSTITUT  
d'OPTIQUE  
GRADUATE



**LEnSE**

Laboratoire  
d'Enseignement  
Expérimental

<http://lense.institutoptique.fr>

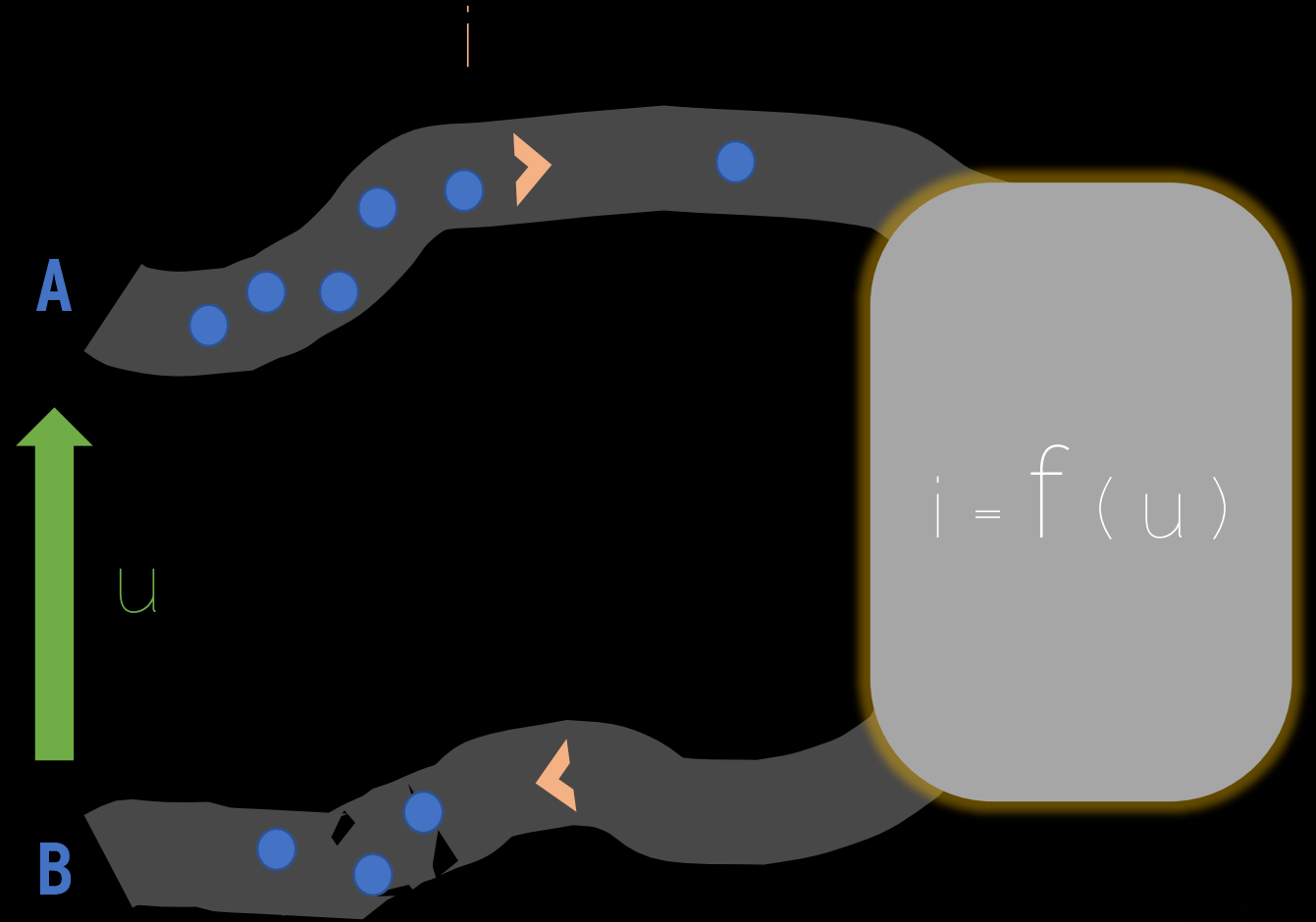
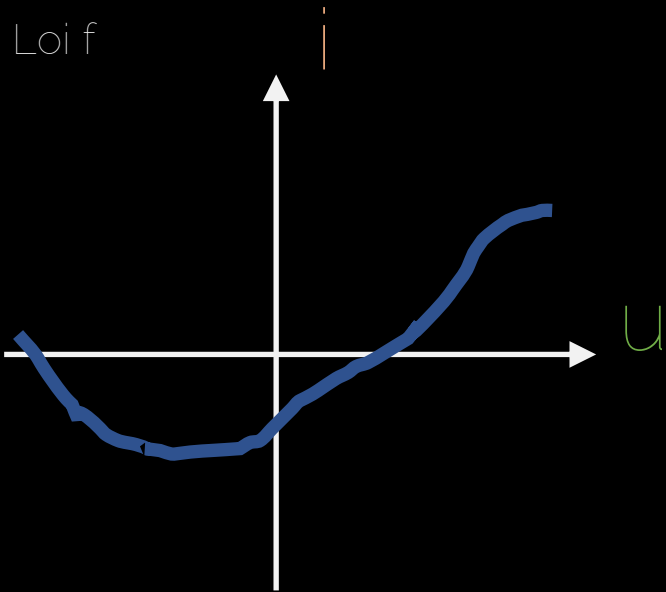
# Electrons, dipôles et circuits



# Fonctionnalités électroniques

Dipôles, composants, circuits

Dipôle



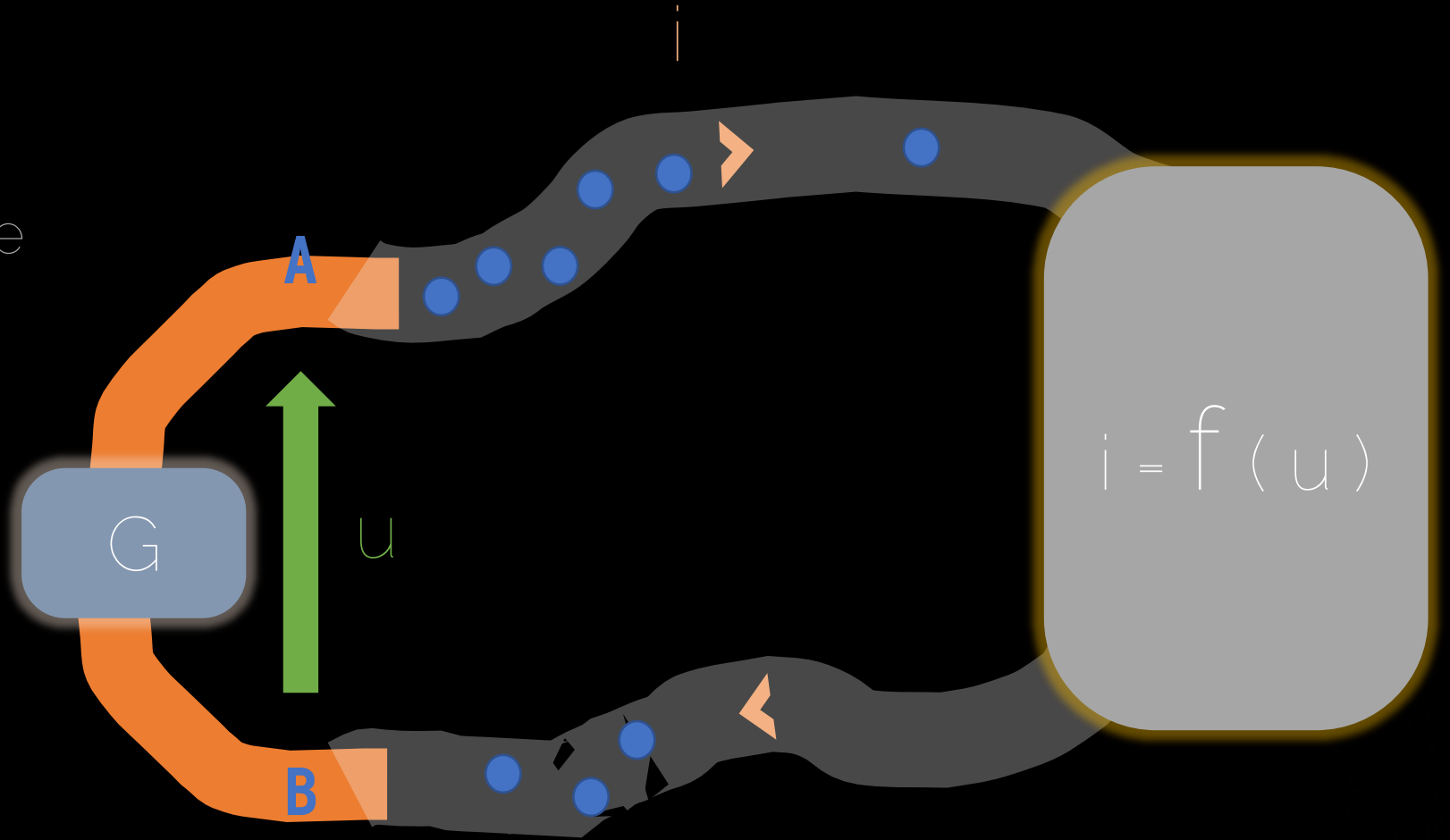
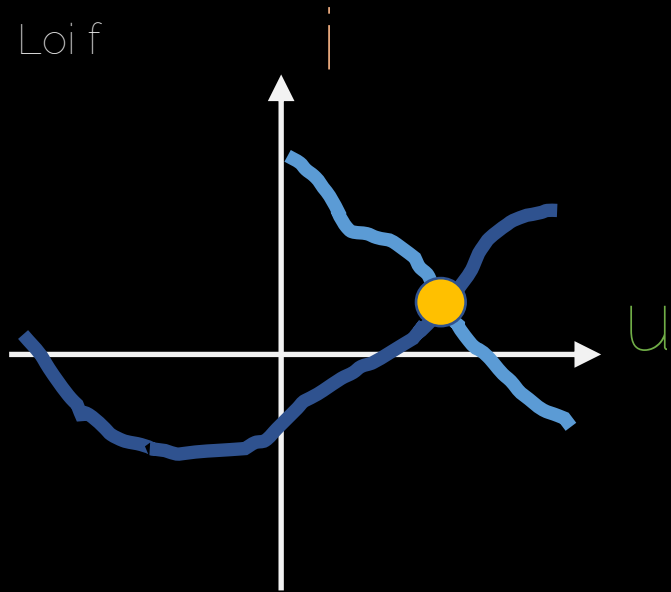


# Fonctionnalités électroniques

Dipôles, composants, circuits

Dipôle

Loi f



**POINT DE FONCTIONNEMENT**  
***CIRCUIT FERME***

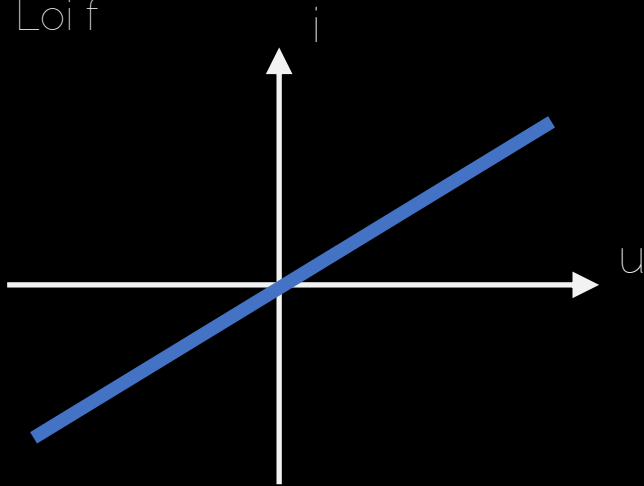


Dipôles « standard »

**LINEAIRES**

Résistance

Loi f



$$u = R \cdot i$$

$$Z_R = R$$

Condensateur

$$i = C \cdot du / dt$$

$$Z_C = 1 / jC\omega$$

Inductance

$$u = L \cdot di / dt$$

$$Z_L = jL\omega$$

$$i = f(u, t)$$

$$i = f(u, \omega)$$

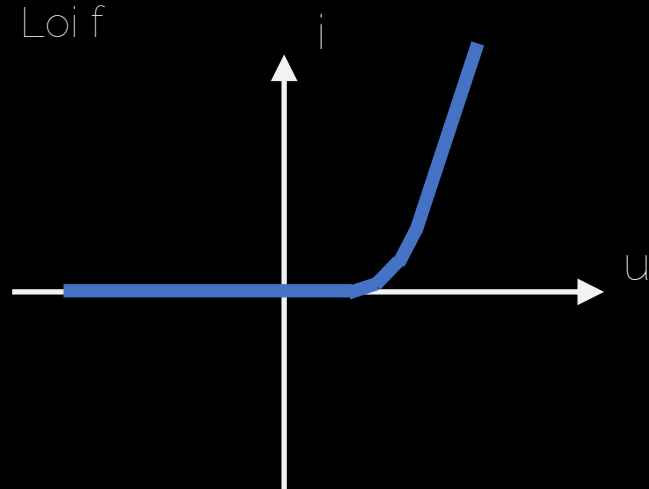


Dipôles « standard »

**NON - LINEAIRES**

Diode

Loi f



$$i = f(u, t)$$

$$I = f(U, \omega)$$



# Fonctionnalités électroniques

Dipôles, composants, circuits

Dipôles « standard »

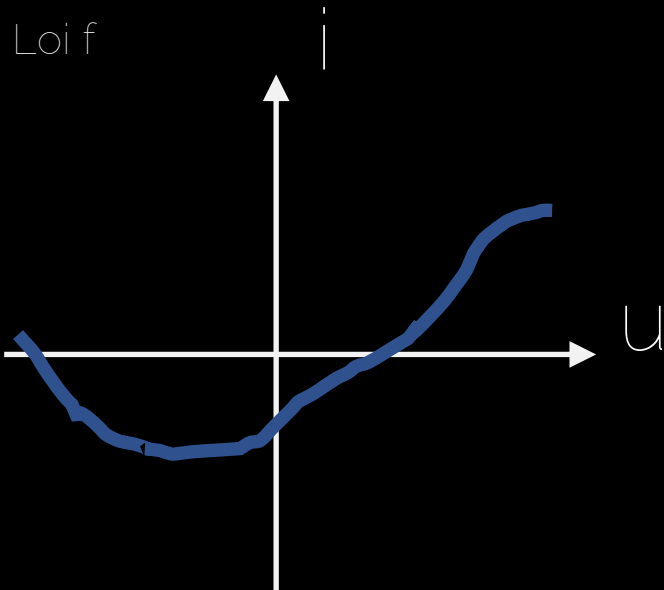
## LINEAIRES

Résistance  
Condensateur  
Inductance

## NON-LINEAIRES

Diode

## GENERATEURS

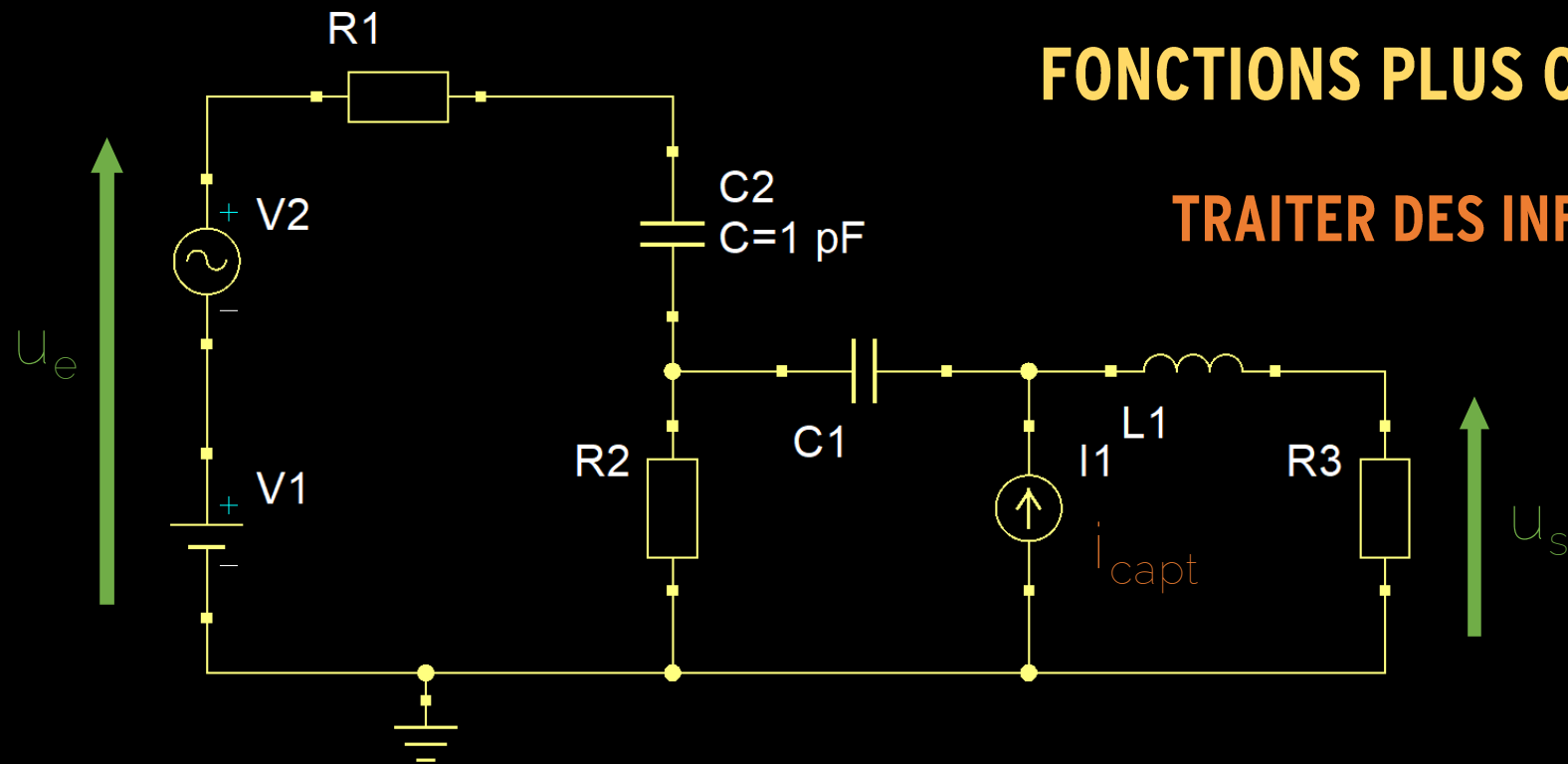


$$i = f(u, t)$$

$$I = f(U, \omega)$$



Circuits = association de dipôles



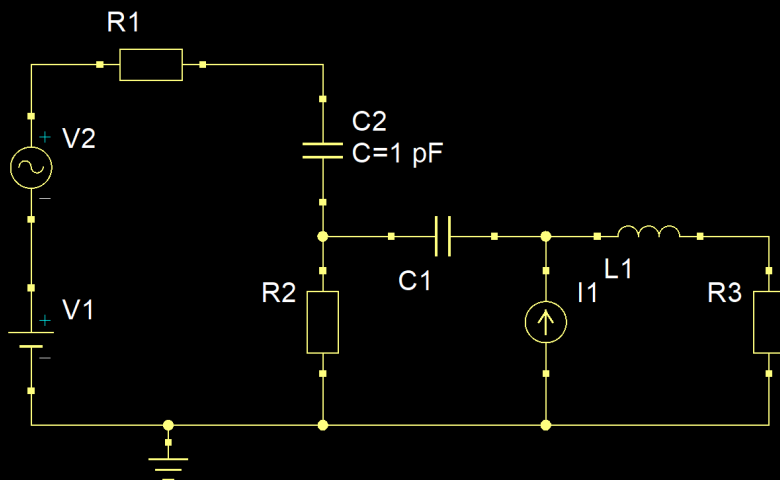
**FONCTIONS PLUS COMPLEXES**

**TRAITER DES INFORMATIONS ELECTRIQUES**



Circuits = association de dipôles

## FONCTIONS PLUS COMPLEXES



**LOI DES NŒUDS (courants)**

**LOI DES MAILLES (ddp)**

**LOI D'OHM (courant/ddp)**

**THEOREME DE SUPERPOSITION  
(circuits linéaires)**

**THEOREME DE MILLMANN  
(simplification loi des nœuds)**



Circuits = association de dipôles

Pour tout le reste...

## DOCUMENTATION TECHNIQUE

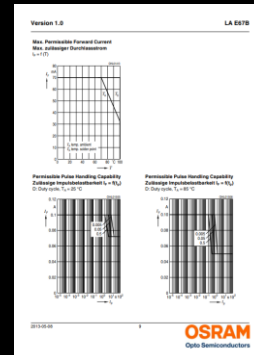


Version 1.0 LA E670

Maximale Leistung  
Ausgangswerte

Parameter	Symbol	Value	Unit
Maximale Leistung	$P_{max}$	100	W
Maximale Stromstärke	$I_{max}$	100	mA
Maximale Spannung	$U_{max}$	100	V
Maximale Temperatur	$T_{max}$	100	°C
Maximale Leistungsdichte	$P_{max, D}$	100	W/cm²
Maximale Leistungsdichte bei 25°C	$P_{max, D, 25}$	100	W/cm²
Maximale Leistungsdichte bei 100°C	$P_{max, D, 100}$	100	W/cm²
Maximale Leistungsdichte bei 150°C	$P_{max, D, 150}$	100	W/cm²
Maximale Leistungsdichte bei 200°C	$P_{max, D, 200}$	100	W/cm²
Maximale Leistungsdichte bei 250°C	$P_{max, D, 250}$	100	W/cm²
Maximale Leistungsdichte bei 300°C	$P_{max, D, 300}$	100	W/cm²
Maximale Leistungsdichte bei 350°C	$P_{max, D, 350}$	100	W/cm²
Maximale Leistungsdichte bei 400°C	$P_{max, D, 400}$	100	W/cm²
Maximale Leistungsdichte bei 450°C	$P_{max, D, 450}$	100	W/cm²
Maximale Leistungsdichte bei 500°C	$P_{max, D, 500}$	100	W/cm²
Maximale Leistungsdichte bei 550°C	$P_{max, D, 550}$	100	W/cm²
Maximale Leistungsdichte bei 600°C	$P_{max, D, 600}$	100	W/cm²
Maximale Leistungsdichte bei 650°C	$P_{max, D, 650}$	100	W/cm²
Maximale Leistungsdichte bei 700°C	$P_{max, D, 700}$	100	W/cm²
Maximale Leistungsdichte bei 750°C	$P_{max, D, 750}$	100	W/cm²
Maximale Leistungsdichte bei 800°C	$P_{max, D, 800}$	100	W/cm²
Maximale Leistungsdichte bei 850°C	$P_{max, D, 850}$	100	W/cm²
Maximale Leistungsdichte bei 900°C	$P_{max, D, 900}$	100	W/cm²
Maximale Leistungsdichte bei 950°C	$P_{max, D, 950}$	100	W/cm²
Maximale Leistungsdichte bei 1000°C	$P_{max, D, 1000}$	100	W/cm²

OSRAM Opto Semiconductors



LOI DES NŒUDS (courants)

LOI DES MAILLES (ddp)

LOI D'OHM (courant/ddp)

THEOREME DE SUPERPOSITION  
(circuits linéaires)

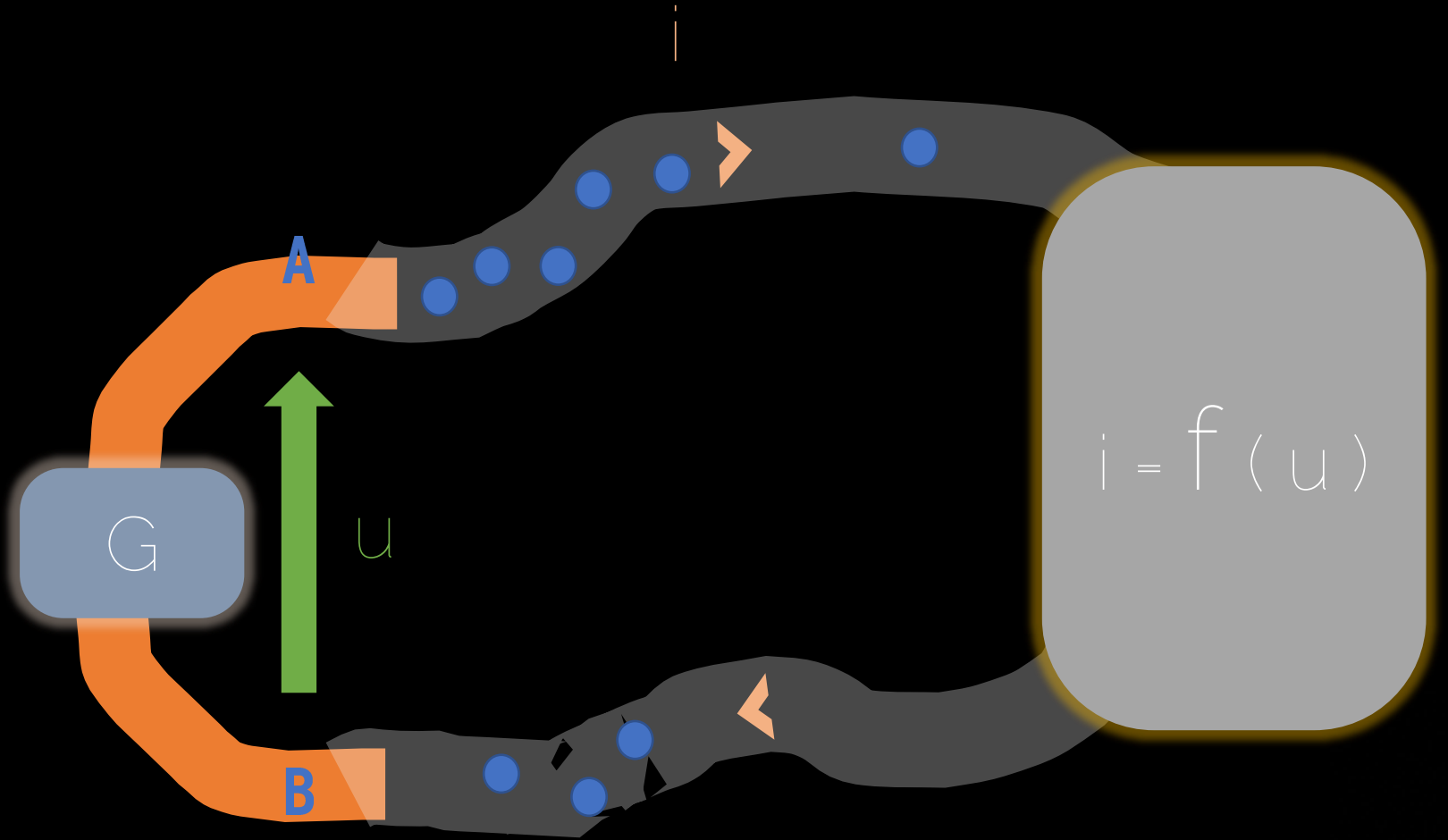
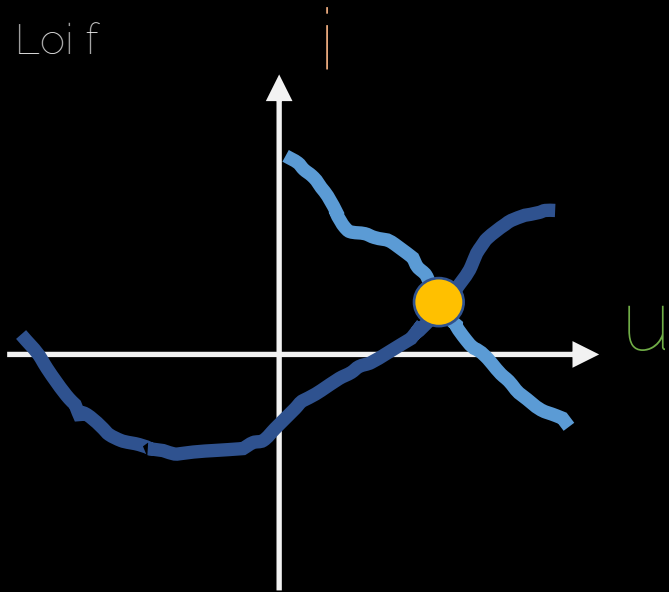
THEOREME DE MILLMANN

(simplification loi des nœuds)



# Fonctionnalités électroniques

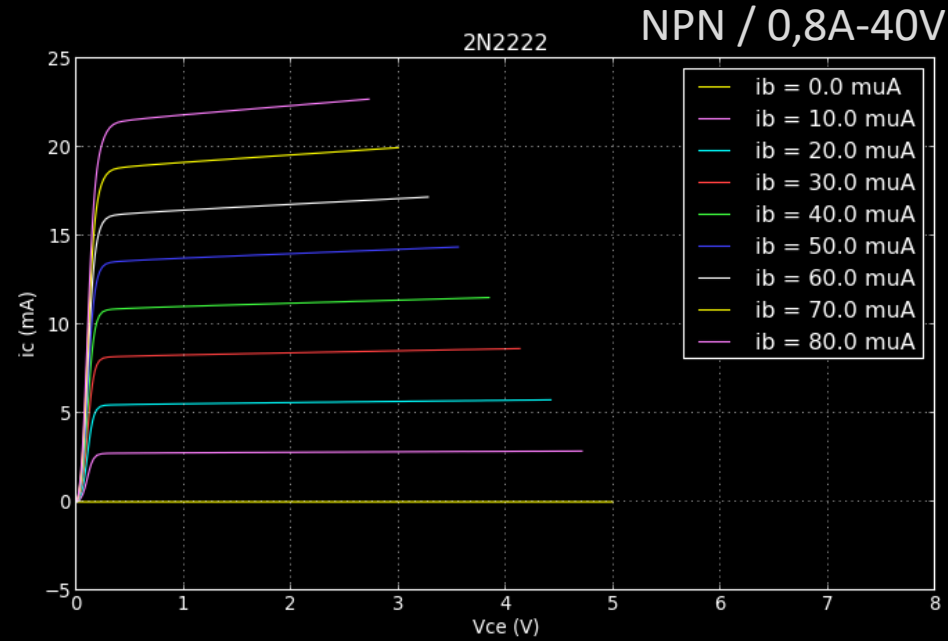
Dipôles, composants, circuits





# Fonctionnalités électroniques

Dipôles, composants, circuits



## IRL540 / MOS FET / 36A-100V

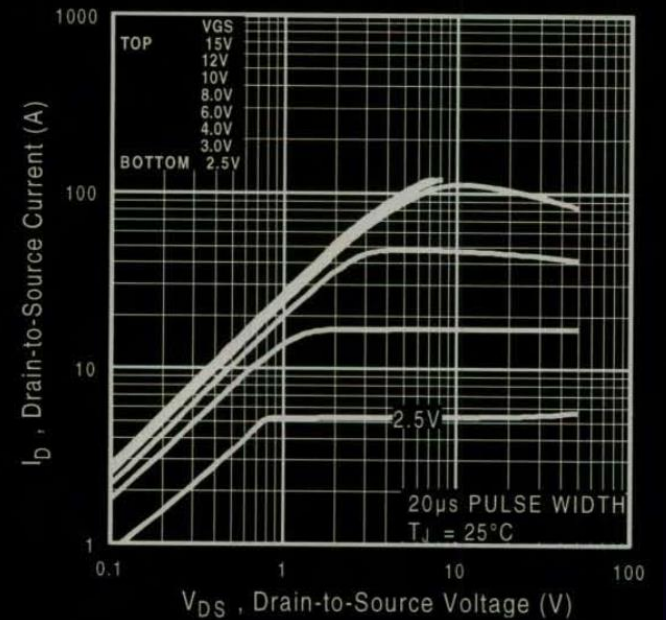


Fig 1. Typical Output Characteristics

# L'électronique, c'est simple

D'un point de vue utilisateur

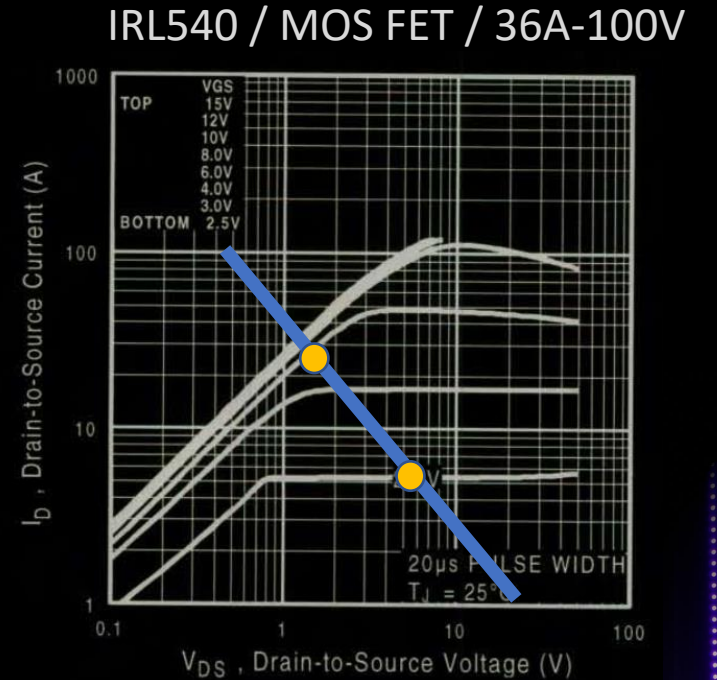
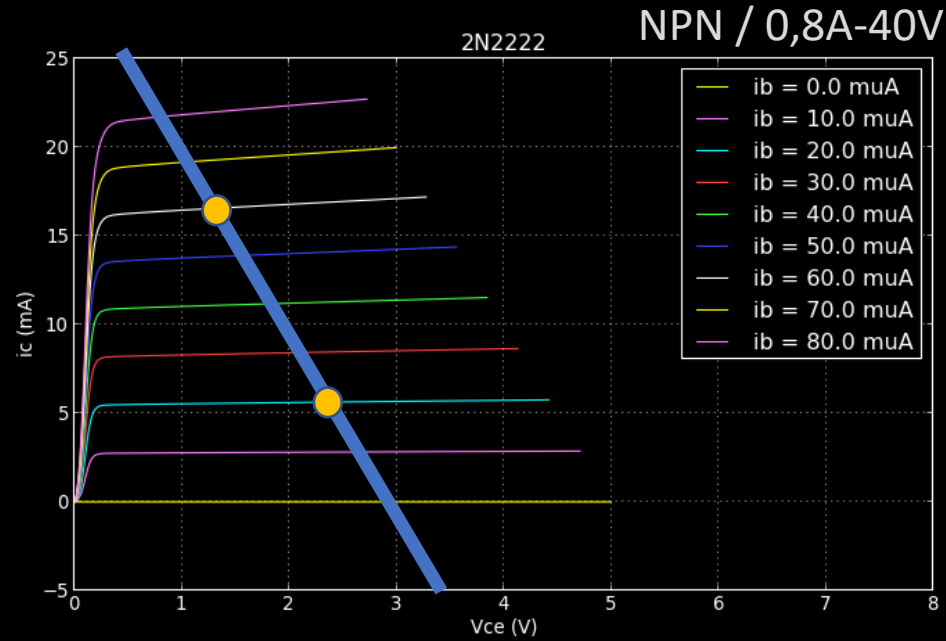
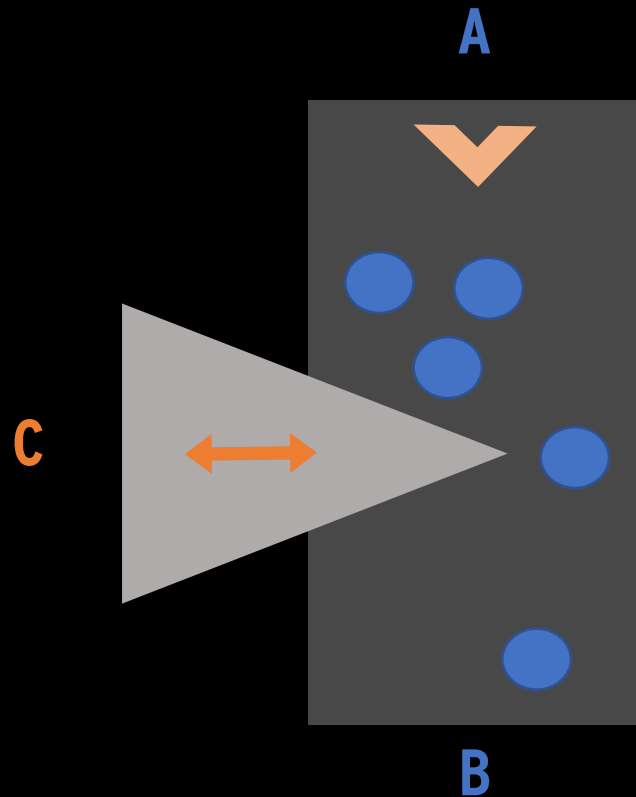
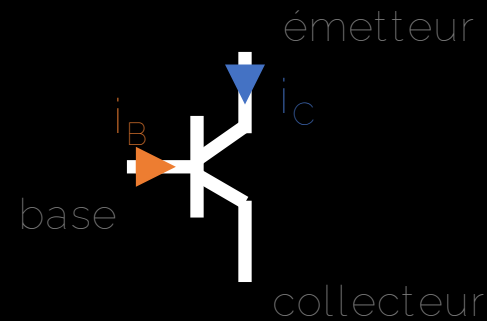


Fig 1. Typical Output Characteristics

## Transistors

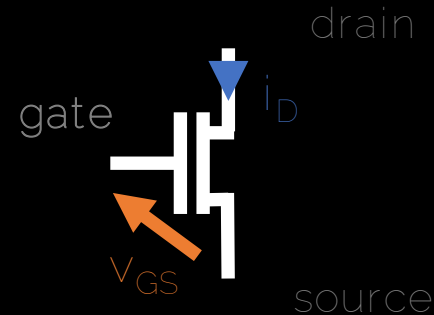


### BIPOLAIRES



$$i_C = k \cdot i_B$$

### A EFFET DE CHAMP (fet)



$$i_D = k \cdot v_{GS}$$

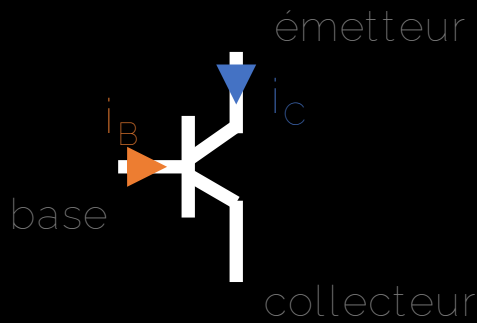


# Fonctionnalités électroniques

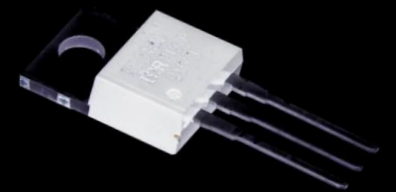
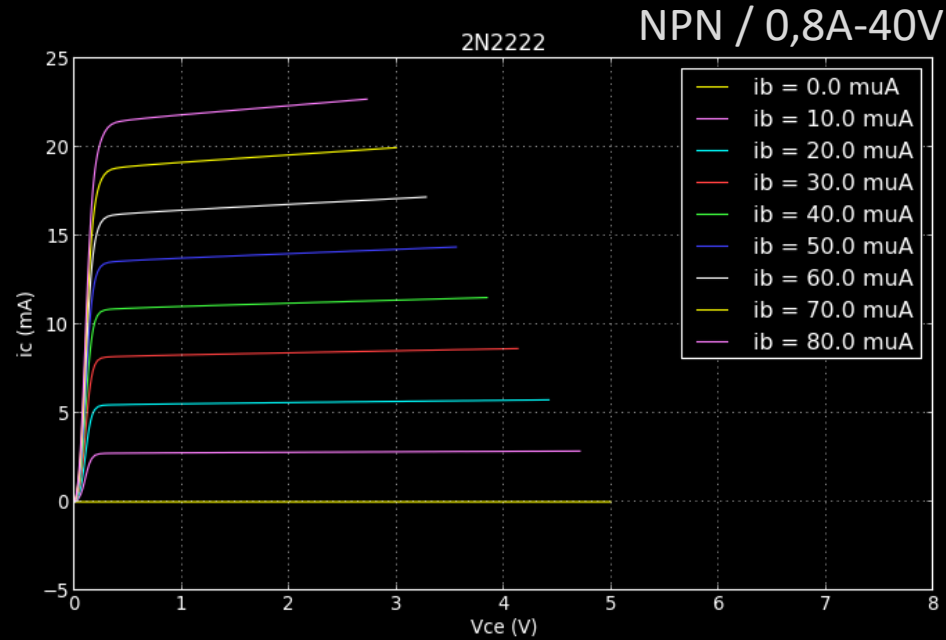
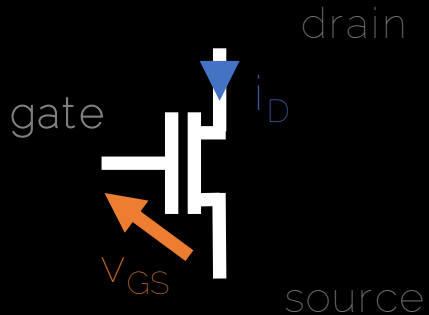
Dipôles, composants, circuits

Transistors

**BIPOLAIRES**



**A EFFET DE CHAMP (fet)**



IRL540 / MOS FET / 36A-100V

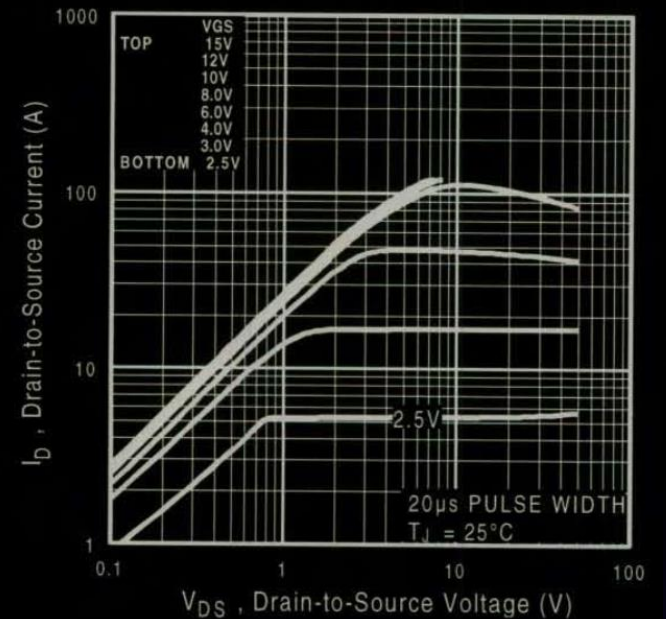


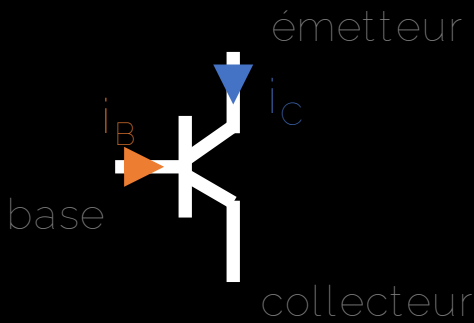
Fig 1. Typical Output Characteristics

# Fonctionnalités électroniques

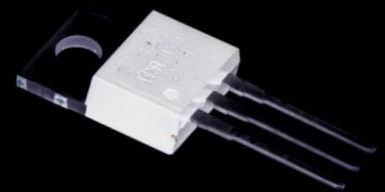
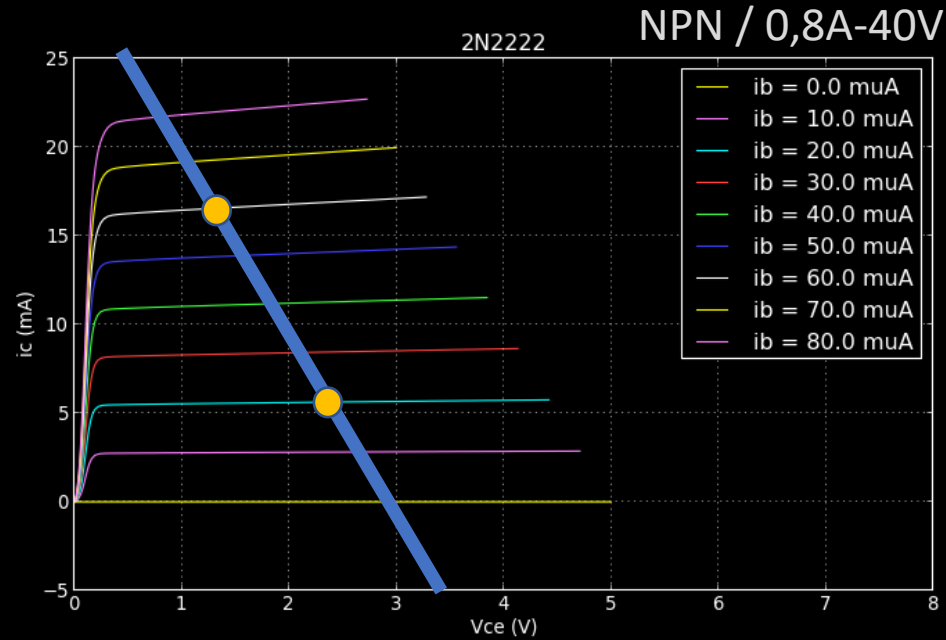
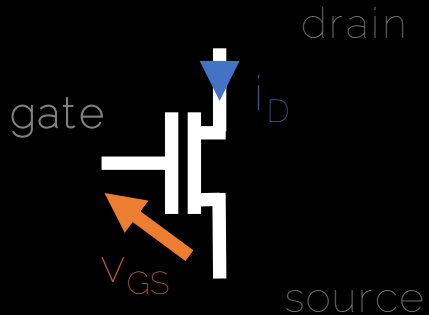
Dipôles, composants, circuits

Transistors

**BIPOLAIRES**



**A EFFET DE CHAMP (fet)**



IRL540 / MOS FET / 36A-100V

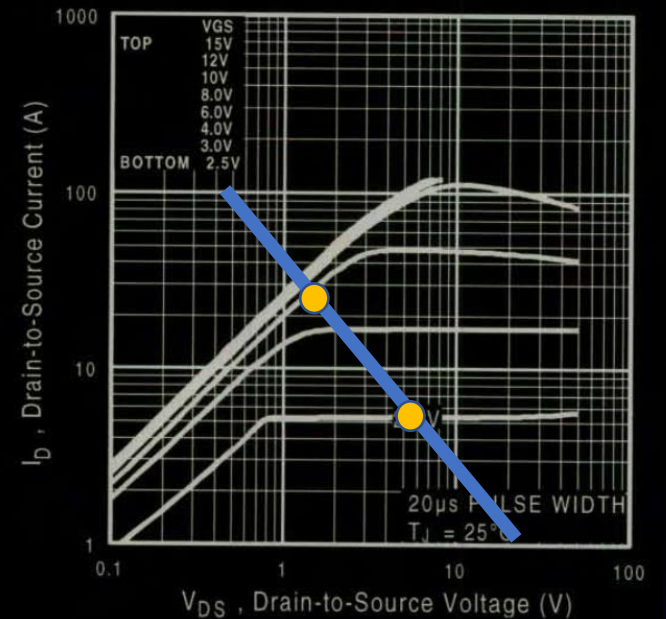
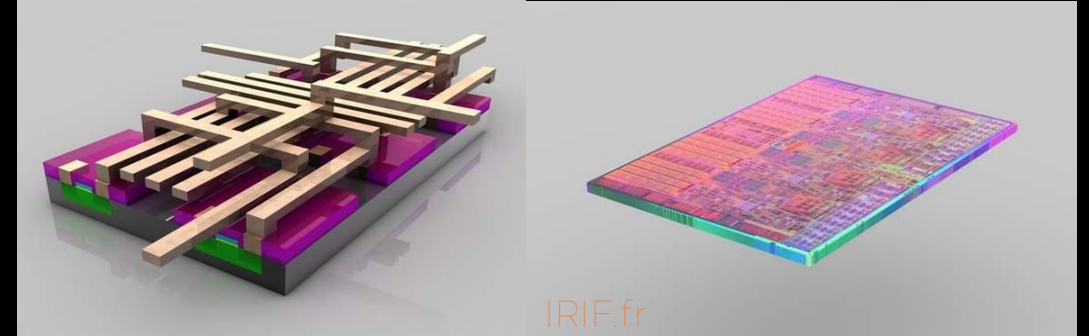
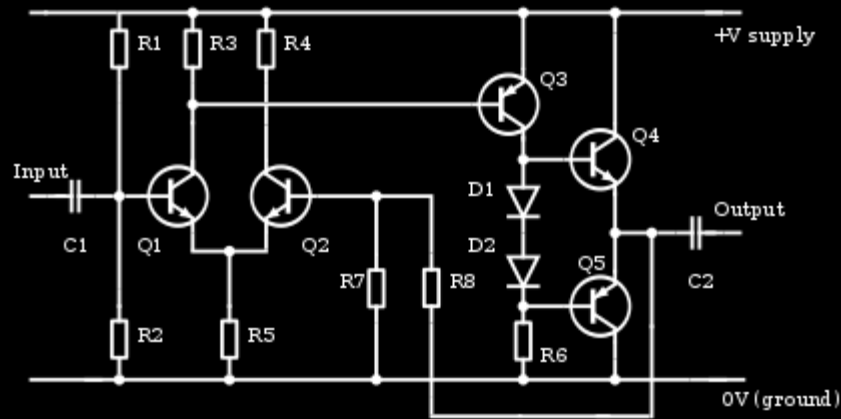


Fig 1. Typical Output Characteristics

Transistors

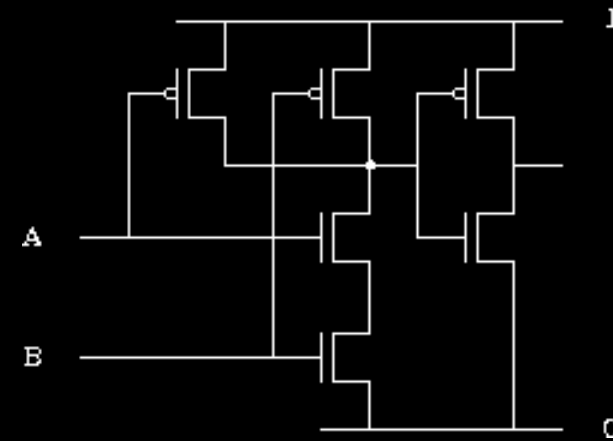


## AMPLIFICATEUR



Amplificateur intégré, composants complexes...

## SYSTÈME NUMERIQUE



Processeur, microcontrôleur...



Concevoir un système électronique

## ASSEMBLAGE DE FONCTIONS

Amplifier

Filtrer

Générer

Stocker

UTILISER

CARACTERISER

VALIDER

Documentation technique

Instrumentation

Protocoles de mesure



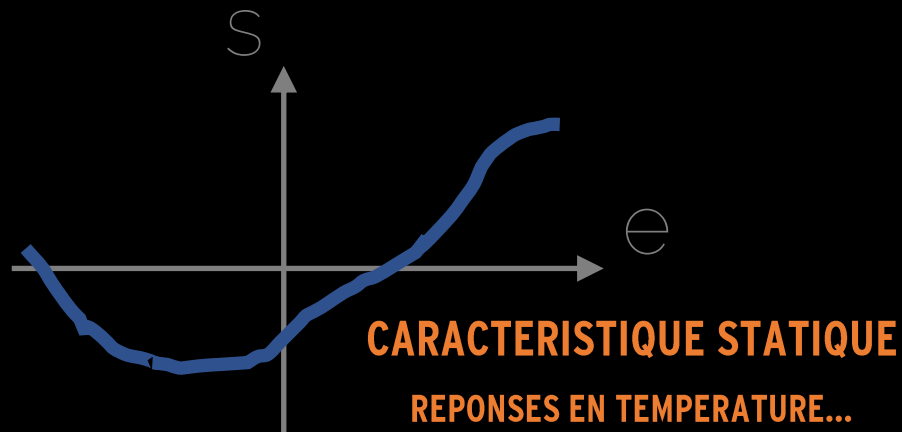
# Des fonctions différentes

Qui nécessitent des protocoles de mesure différents

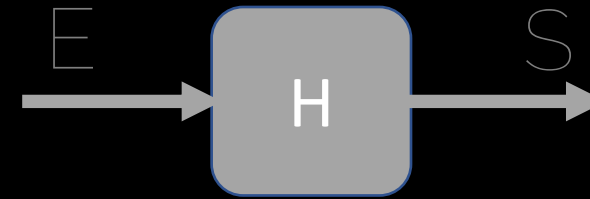
## DIPÔLES / CAPTEURS



Transforment une grandeur physique en une autre



## SYSTEMES

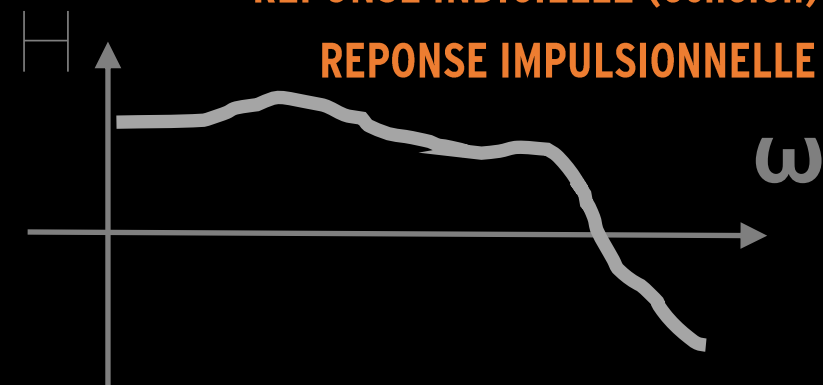


Transfèrent de l'énergie

**REPONSE HARMONIQUE (Diagramme de Bode)**

**REPONSE INDICIELLE (échelon)**

**REPONSE IMPULSIONNELLE (dirac)**





# Expériences en physique

Et modèles...

Expérience

Modèle



# Expériences en physique

Et modèles...

Expérience

Modèle  
mathématique



Expérience

Modèle  
mathématique

## Épreuve

qui a pour objet, par l'étude  
d'un phénomène naturel ou  
provoqué, de

**vérifier une hypothèse**

ou de l'induire de cette  
observation



## Expérience

### Épreuve

qui a pour objet, par l'étude  
d'un phénomène naturel ou  
provoqué, de

**vérifier une hypothèse**

ou de l'induire de cette  
observation

## Modèle mathématique

### Représentation

réalisée afin de pouvoir

**mieux étudier**

un phénomène physique



## Expérience

### Épreuve

qui a pour objet, par l'étude  
d'un phénomène naturel ou  
provoqué, de

**vérifier une hypothèse**

ou de l'induire de cette  
observation

## Modèle mathématique

### Représentation

réalisée afin de pouvoir

**mieux étudier**

un phénomène physique



Expérience



Modèle  
mathématique

Eau + huile



## Expérience



## Modèle mathématique

rouge + jaune => orange

bleu + jaune => vert

...

huile et eau ne se  
mélagent pas...

Eau + huile



## Expérience



Eau + huile



## Modèle mathématique

rouge + jaune => orange

bleu + jaune => vert

...

huile et eau ne se  
mélangent pas...

**masse volumique**





## Expérience



## Modèle mathématique

rouge + jaune => orange

bleu + jaune => vert

...

huile et eau ne se  
mélangent pas...

**masse volumique**

???

Eau + huile



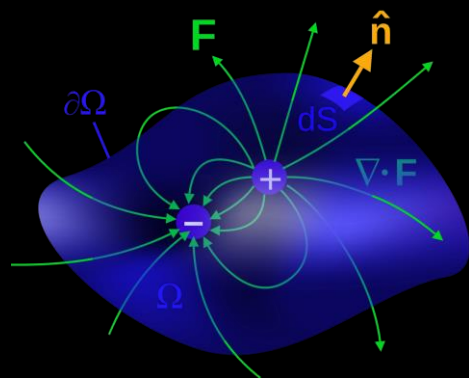
Eau + anis



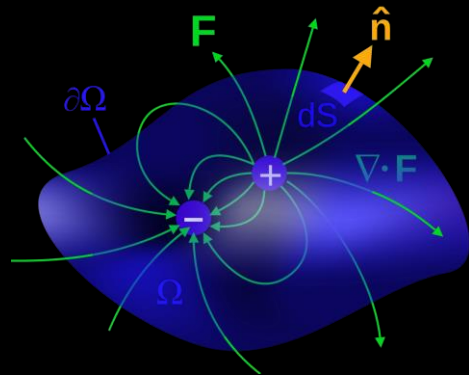
## Expérience



## Modèle mathématique



## Expérience



## Modèle mathématique

$$E = MC^2$$

$$\nabla \cdot \mathbf{E} = \frac{\rho}{\epsilon_0}$$

$$\nabla \cdot \mathbf{B} = 0$$

$$\nabla \times \mathbf{E} = -\frac{\partial \mathbf{B}}{\partial t}$$

$$\nabla \times \mathbf{B} = \mu_0 \left( \mathbf{J} + \epsilon_0 \frac{\partial \mathbf{E}}{\partial t} \right)$$



PHYSICIEN.NE

Expérience



Modèle  
mathématique

**étude du phénomène  
physique « réel »**



# Expériences en physique

Et modèles...

PHYSICIEN.NE

Expérience



Modèle  
mathématique

**étude du phénomène  
physique « réel »**

**« mise en équation » de  
l'évolution des grandeurs physiques**



PHYSICIEN.NE

Expérience



Modèle  
mathématique

**étude du phénomène  
physique « réel »**

**« mise en équation » de  
l'évolution des grandeurs physiques**

**en faisant varier un  
paramètre physique**



PHYSICIEN.NE

Expérience



Modèle  
mathématique

**étude du phénomène  
physique « réel »**

**« mise en équation » de  
l'évolution des grandeurs physiques**

**en faisant varier un  
paramètre physique**

**en fonction du  
paramètre**



PHYSICIEN.NE

Expérience



Modèle  
mathématique

**étude du phénomène  
physique « réel »**

**« mise en équation » de  
l'évolution des grandeurs physiques**

**en faisant varier un  
paramètre physique**

**en fonction du  
paramètre**

**en généralisant**





PHYSICIEN.NE

Expérience



Modèle  
mathématique

**étude du phénomène  
physique « réel »**

**« mise en équation » de  
l'évolution des grandeurs physiques**

**en faisant varier un  
paramètre physique**

**en fonction du  
paramètre**

**dans des conditions  
particulières !**

**en généralisant**



# Expériences en physique

Et modèles...

PHYSICIEN.NE

Expérience



Modèle  
mathématique

**« mise en équation » de  
l'évolution des grandeurs physiques**

en fonction du  
paramètre

en généralisant



Expérience

**étude du phénomène  
physique « réel »**

**en faisant varier le  
même paramètre**

**dans de nouvelles  
conditions**

Modèle  
mathématique

**« mise en équation » de  
l'évolution des grandeurs physiques**

**en fonction du  
paramètre**

**en généralisant**



PHYSICIEN.NE

Expérience



Modèle  
mathématique

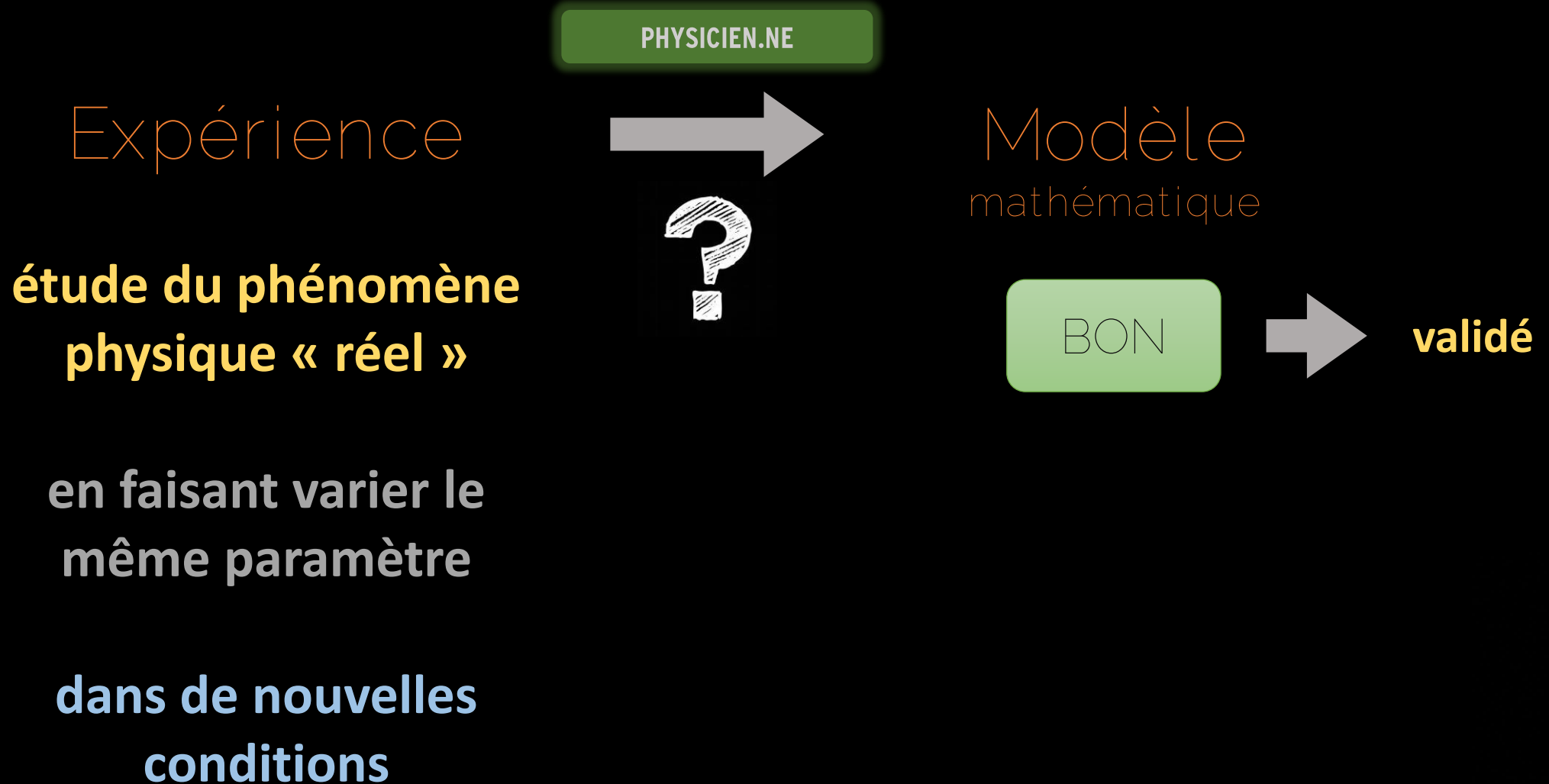


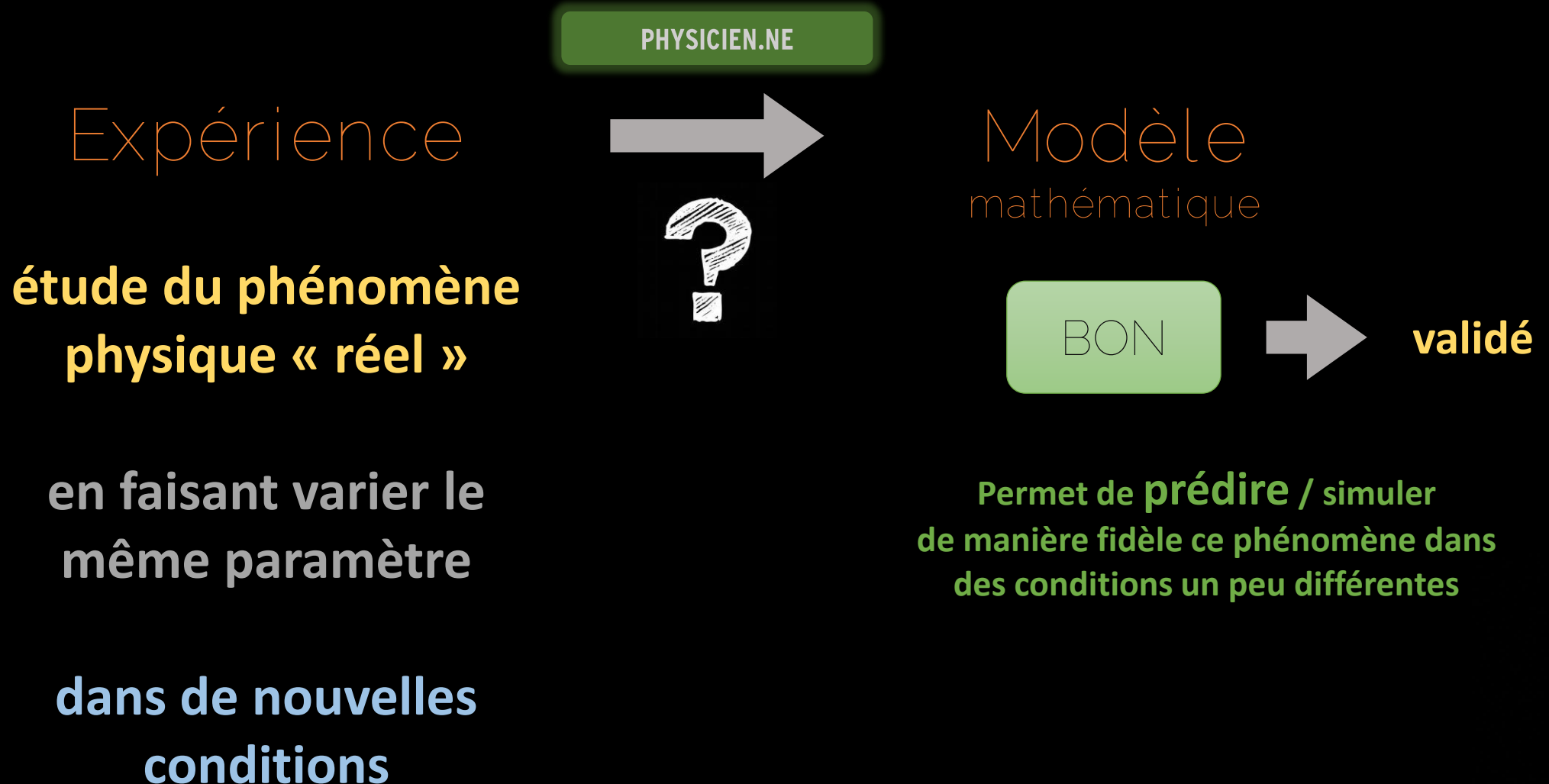
**étude du phénomène  
physique « réel »**

**en faisant varier le  
même paramètre**

**dans de nouvelles  
conditions**







PHYSICIEN.NE

Expérience



Modèle  
mathématique



**étude du phénomène  
physique « réel »**

**en faisant varier le  
même paramètre**

**dans de nouvelles  
conditions**



MAUVAIS



INSTITUT  
d'OPTIQUE  
GRADUATE



**LEnSE**

Laboratoire  
d'Enseignement  
Expérimental

<http://lense.institutoptique.fr>

**CéTI**

# Modèles en électronique

pour l'étude et la validation de fonctions

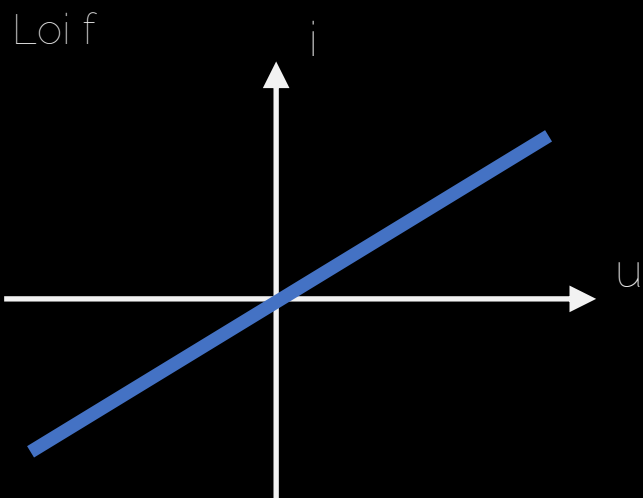
Julien VILLEMEJANE





## Dipôles « standard »

### Résistance



$$u = R \cdot i$$

$$Z_R = R$$

### Condensateur

$$i = C \cdot du / dt$$

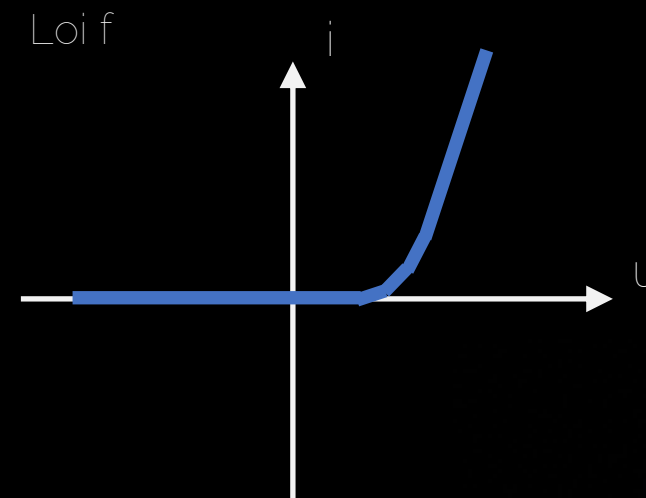
$$Z_C = 1 / jC\omega$$

### Inductance

$$u = L \cdot di / dt$$

$$Z_L = jL\omega$$

### Diode



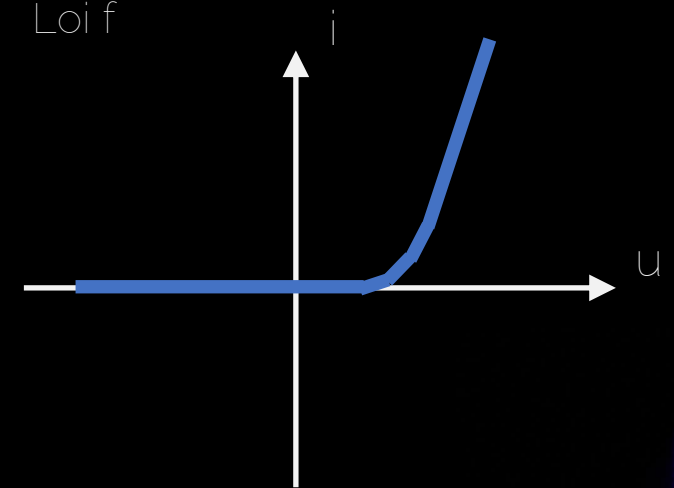
$$i = I_0 [ \exp(u / n \cdot V_0) - 1 ]$$



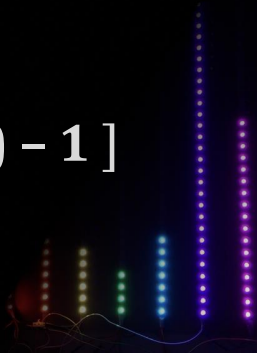
Dipôles « standard »

## Diode

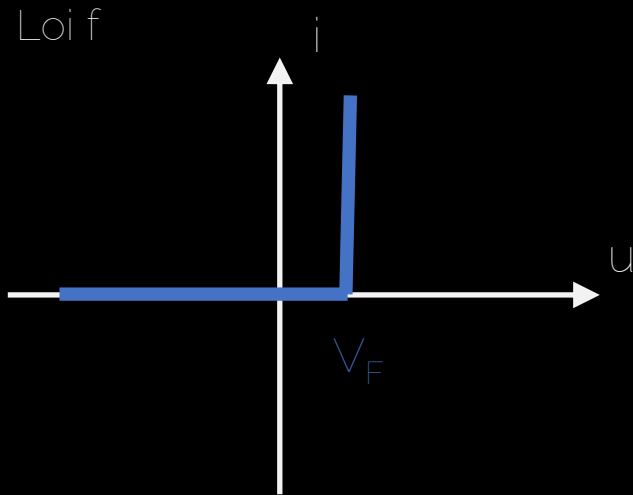
Loi f



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

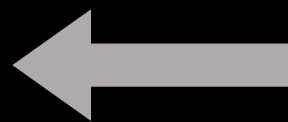


## Dipôles « standard »

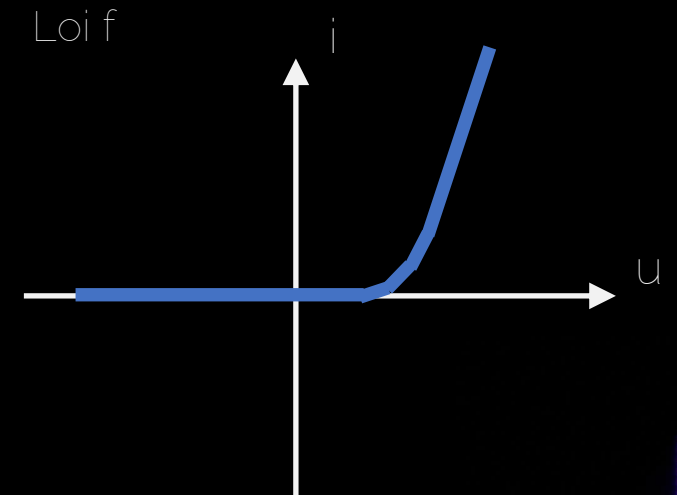


$$i > 0 \text{ si } u > V_F \\ \text{sinon } i = 0$$

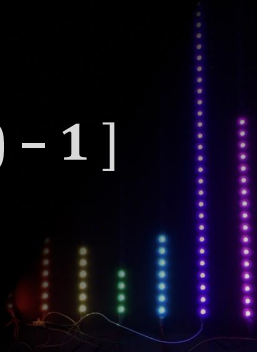
selon les cas  
simplification  
possible



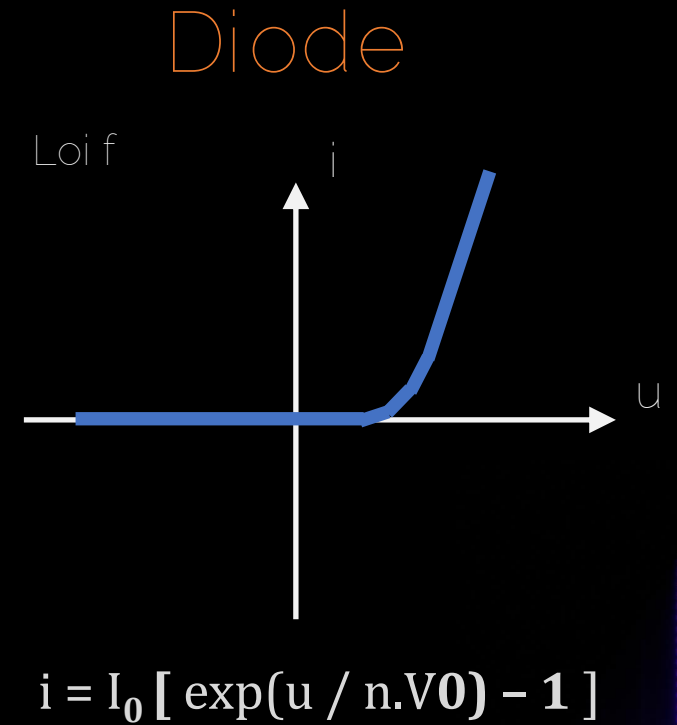
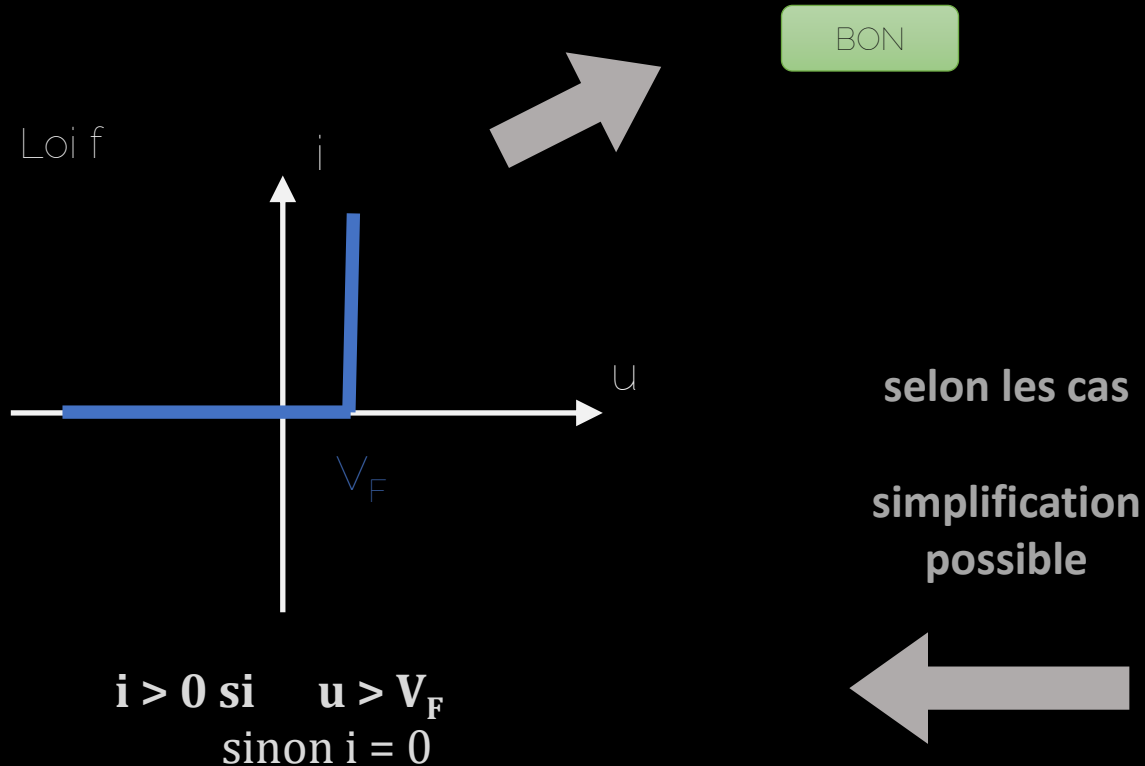
## Diode



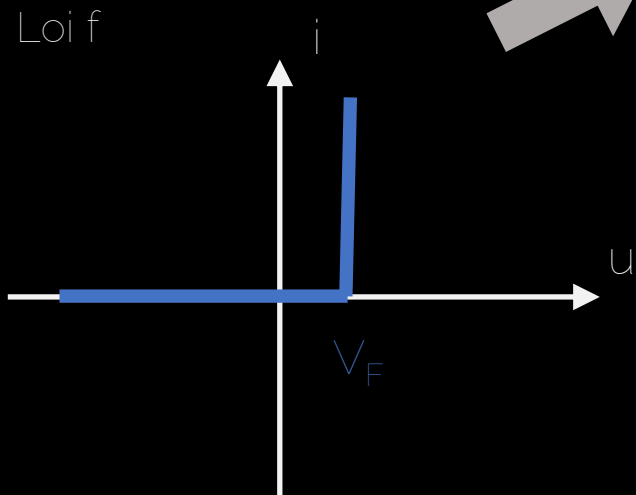
$$i = I_0 [ \exp(u / n.V_0) - 1 ]$$



## Dipôles « standard »



Dipôles « standard »



$$i > 0 \text{ si } u > V_F \\ \text{sinon } i = 0$$

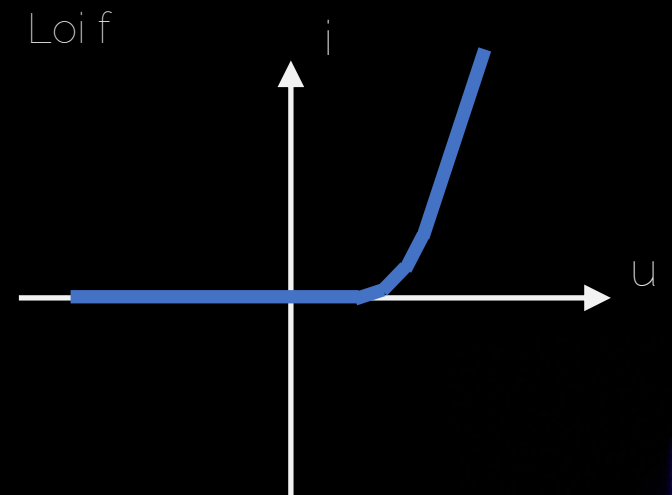
MAUVAIS



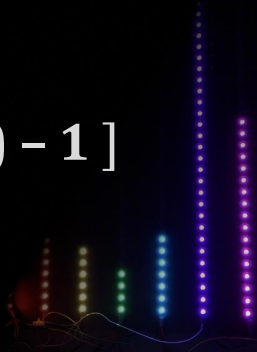
selon les cas

simplification  
possible

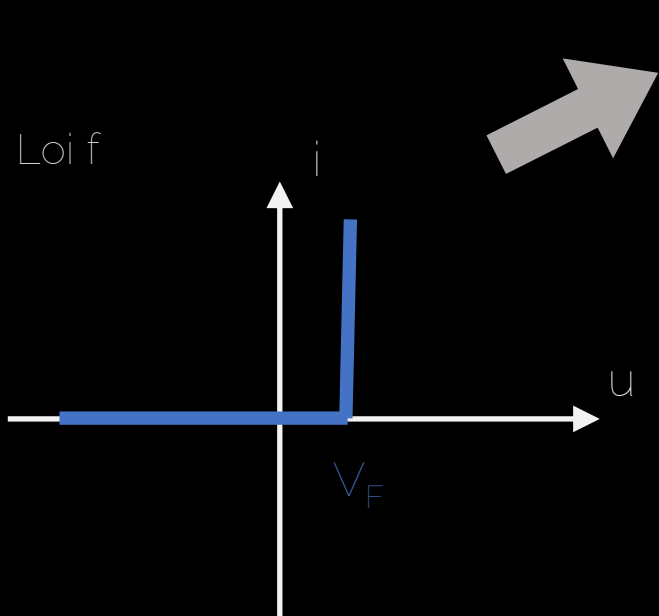
Diode



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



Dipôles « standard »



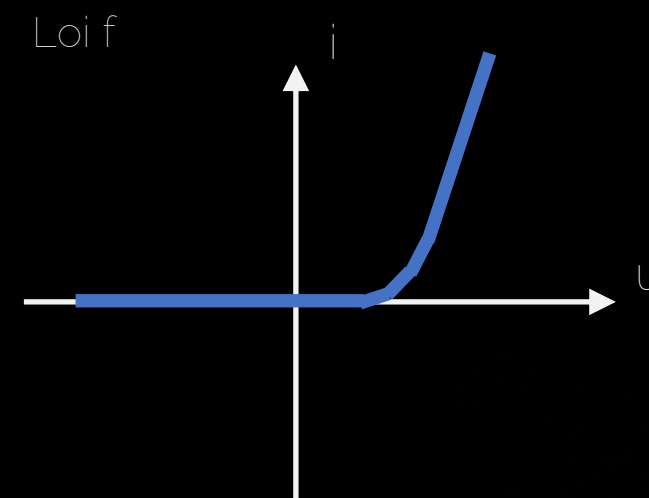
$$i > 0 \text{ si } u > V_F$$

$$\text{sinon } i = 0$$

MAUVAIS



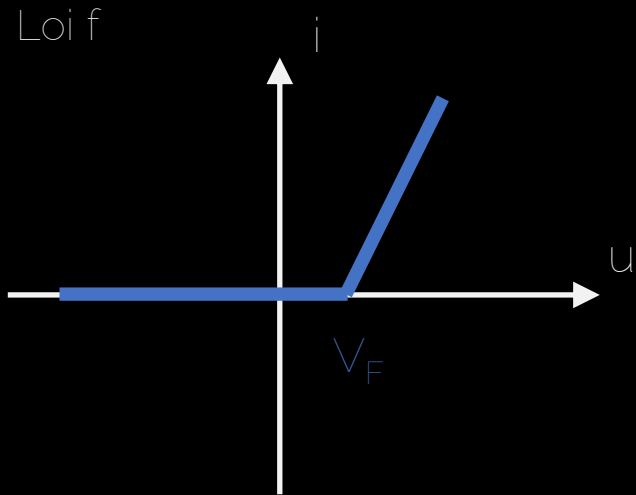
Diode



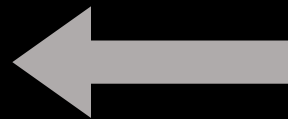
$$i = I_0 [ \exp(u / n.V_0) - 1 ]$$



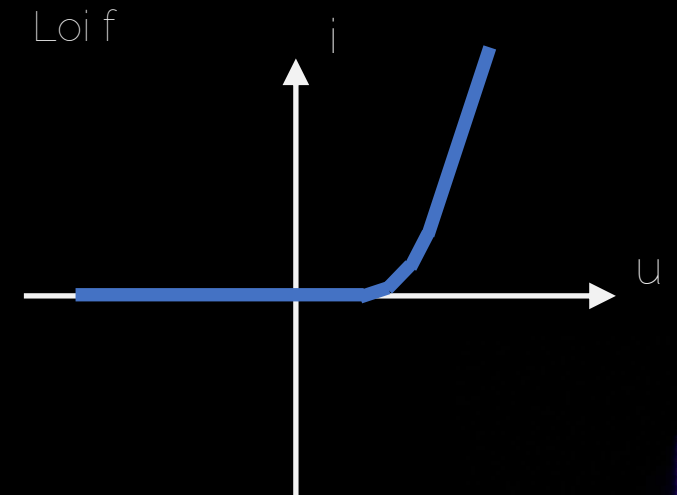
Dipôles « standard »



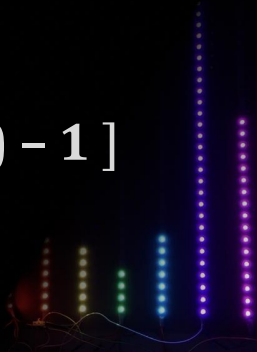
$$i = (u - V_F) / R \quad \text{si } u > V_F$$
$$\text{sinon } i = 0$$



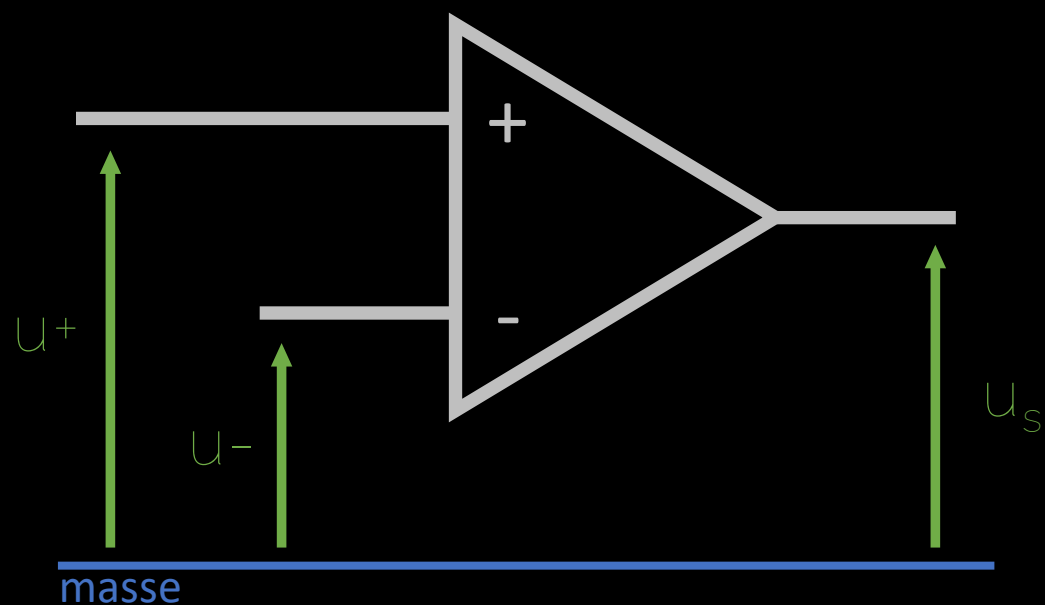
Diode



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



## Amplificateur linéaire intégré

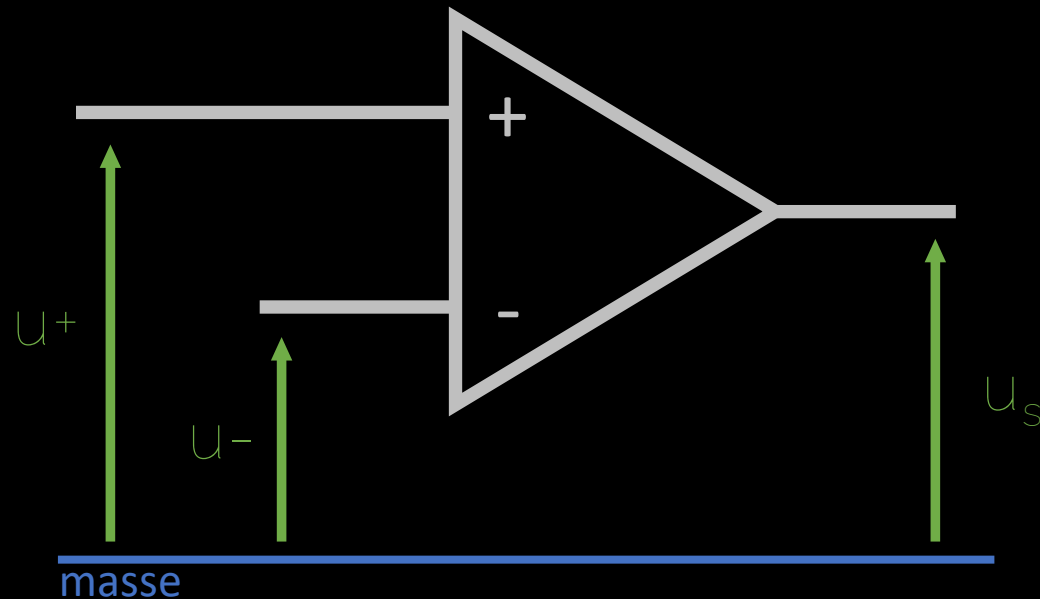




Amplificateur linéaire intégré

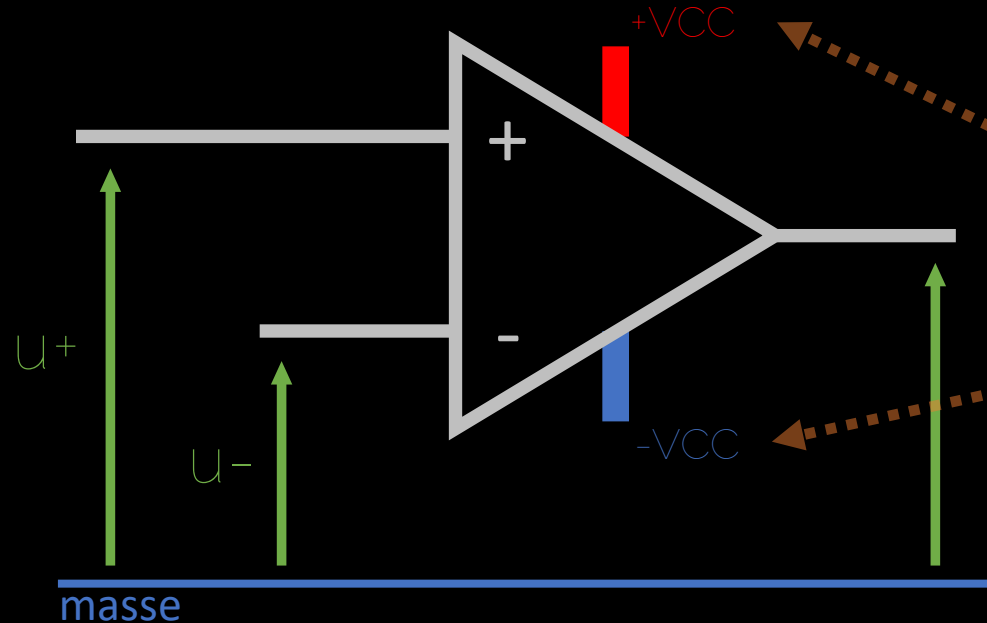
**ALI AOP AmpliOp**

$$u_s = A \cdot (u^+ - u^-)$$



## Amplificateur linéaire intégré

**ALI AOP AmpliOp**



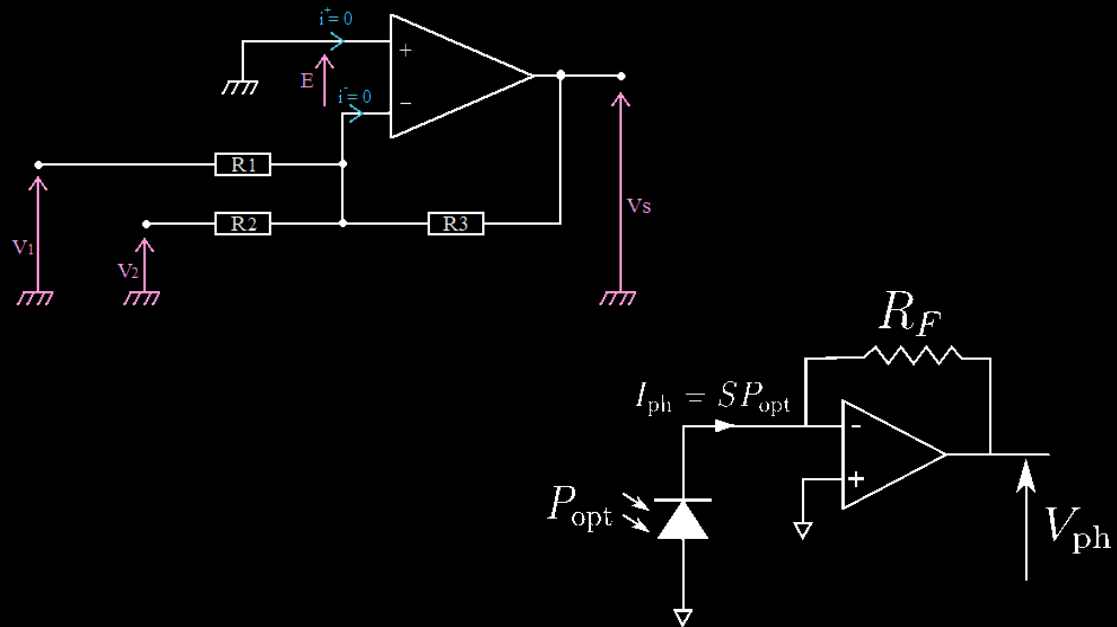
$$u_s = A \cdot (u_+ - u_-)$$

**Composant actif**  
nécessitant une source  
d'énergie externe

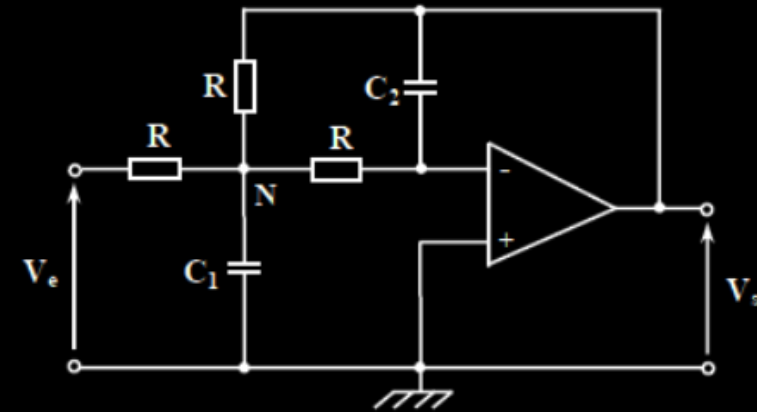


## Amplificateur linéaire intégré

### AMPLIFICATEUR

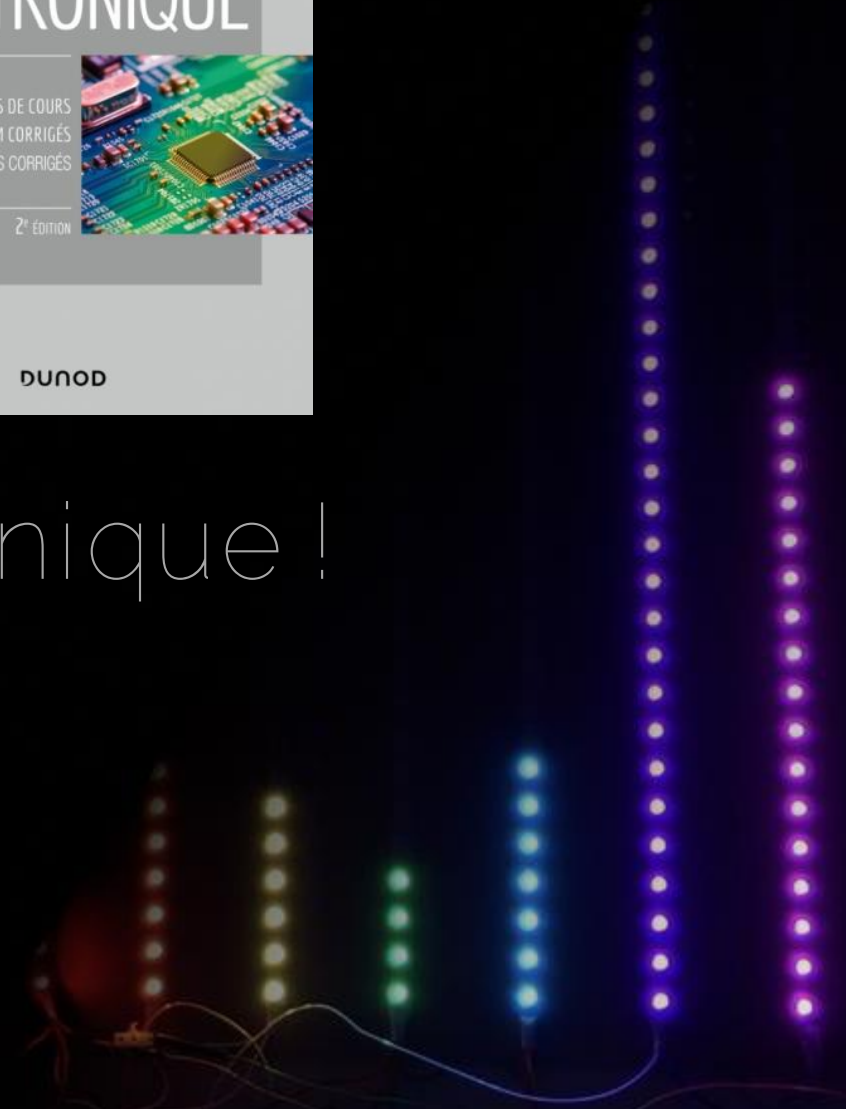


### FILTRE ACTIF





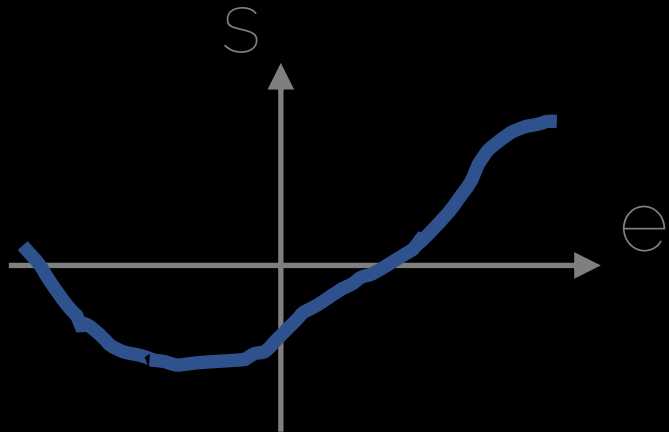
Vous savez tout sur l'électronique !  
Ou presque...



## Capteurs



Transforment une grandeur  
physique en une autre



# Modèles en électronique

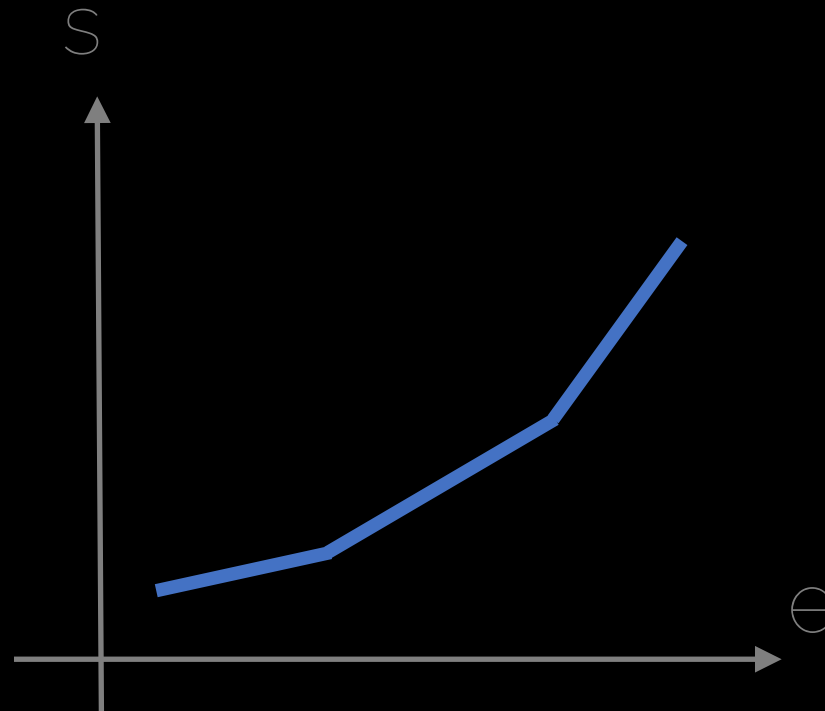
pour l'étude et la validation de fonctions

## Capteurs



Transforment une grandeur  
physique en une autre

➤ la grandeur physique observée



# Modèles en électronique

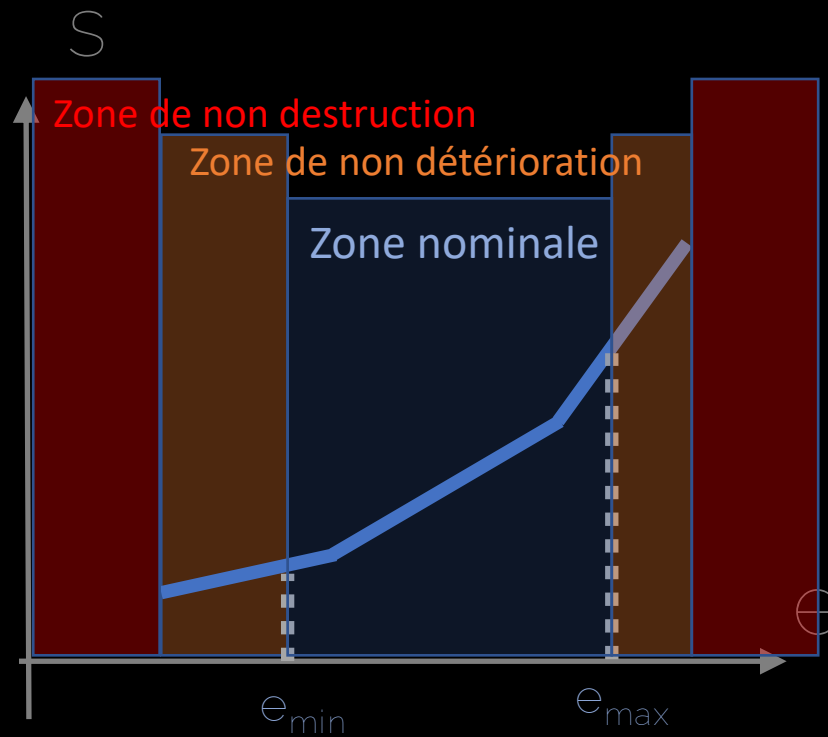
pour l'étude et la validation de fonctions

## Capteurs



Transforment une grandeur physique en une autre

- la grandeur physique observée
- son étendue de mesure



# Modèles en électronique

pour l'étude et la validation de fonctions

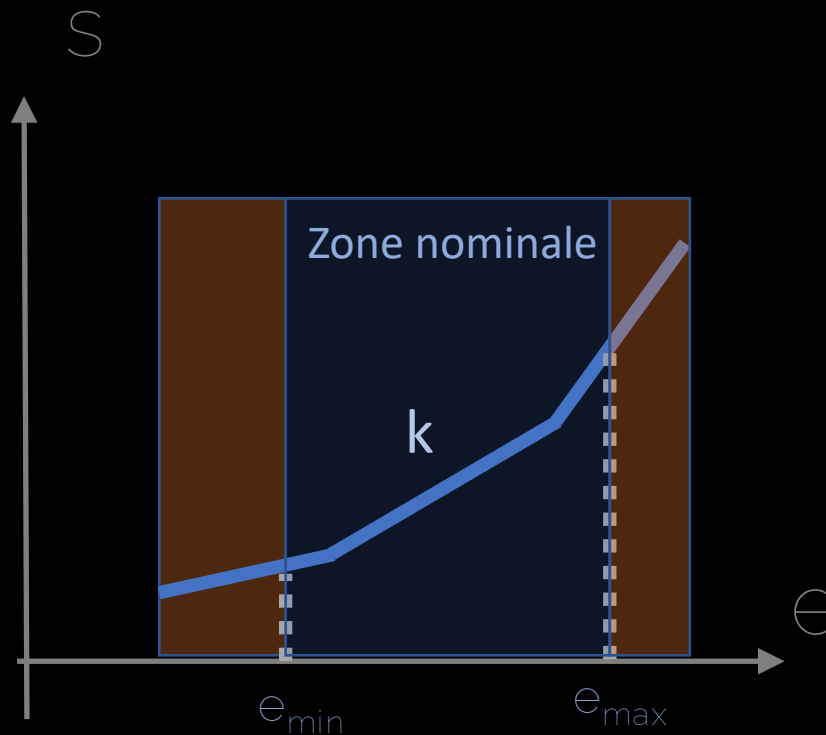
## Capteurs



Transforment une grandeur physique en une autre

- la grandeur physique observée
- son étendue de mesure
- sa sensibilité

$$s = k(e) \cdot e$$





# Modèles en électronique

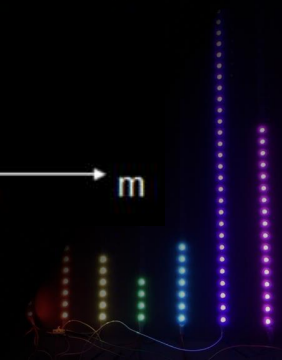
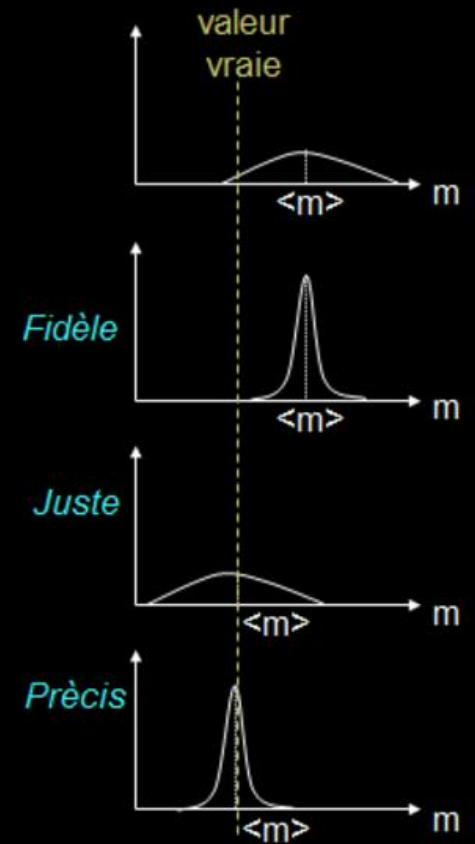
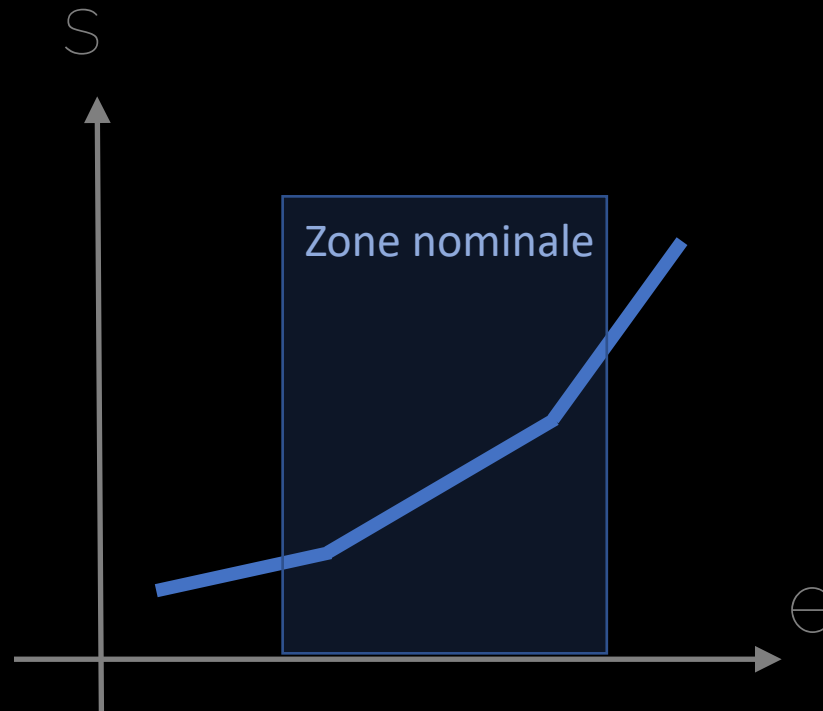
pour l'étude et la validation de fonctions

## Capteurs



Transforment une grandeur physique en une autre

- la grandeur physique observée
- son étendue de mesure
- sa sensibilité
- sa précision



# Modèles en électronique

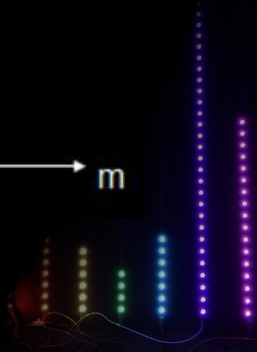
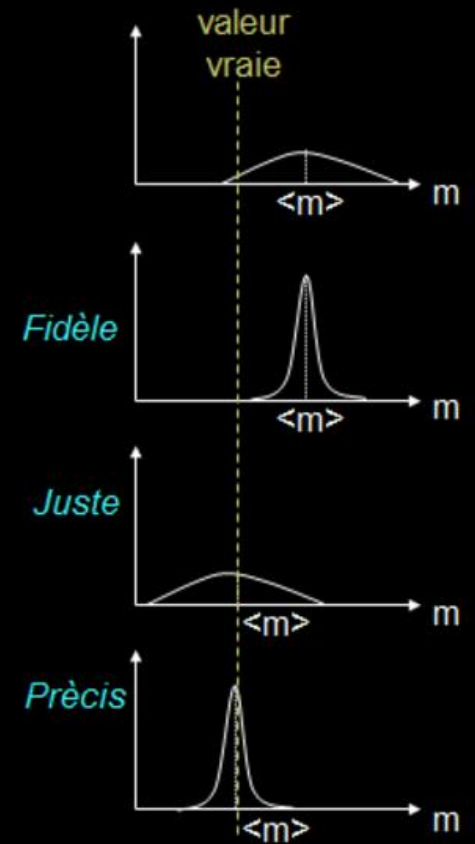
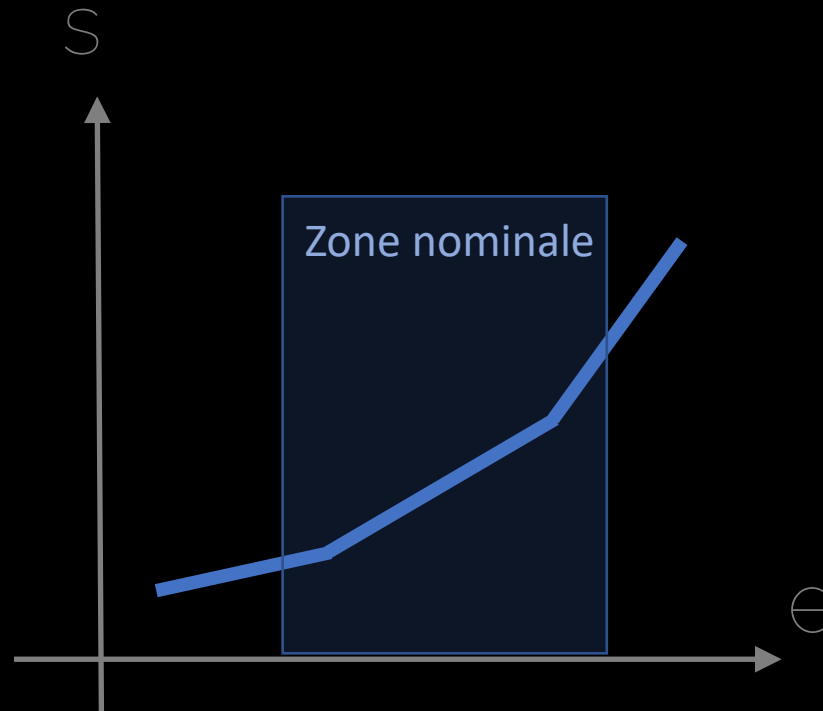
pour l'étude et la validation de fonctions

## Capteurs



Transforment une grandeur physique en une autre

- la grandeur physique observée
- son étendue de mesure
- sa sensibilité
- sa précision
- sa linéarité

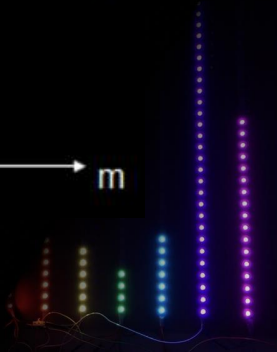
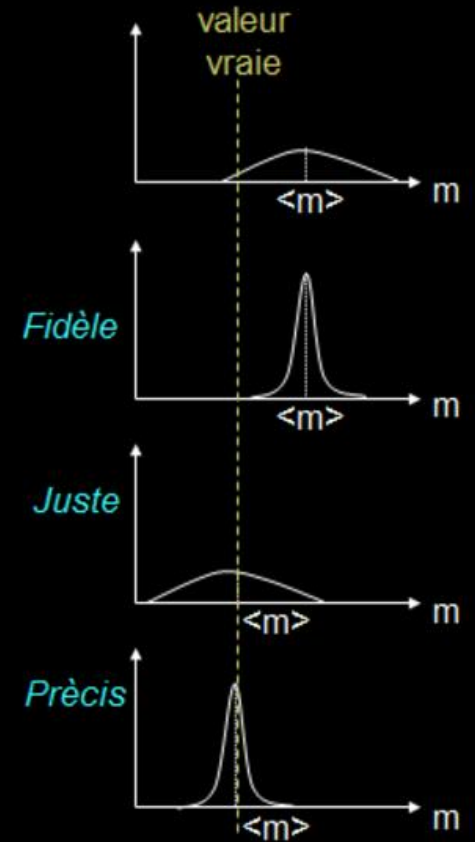
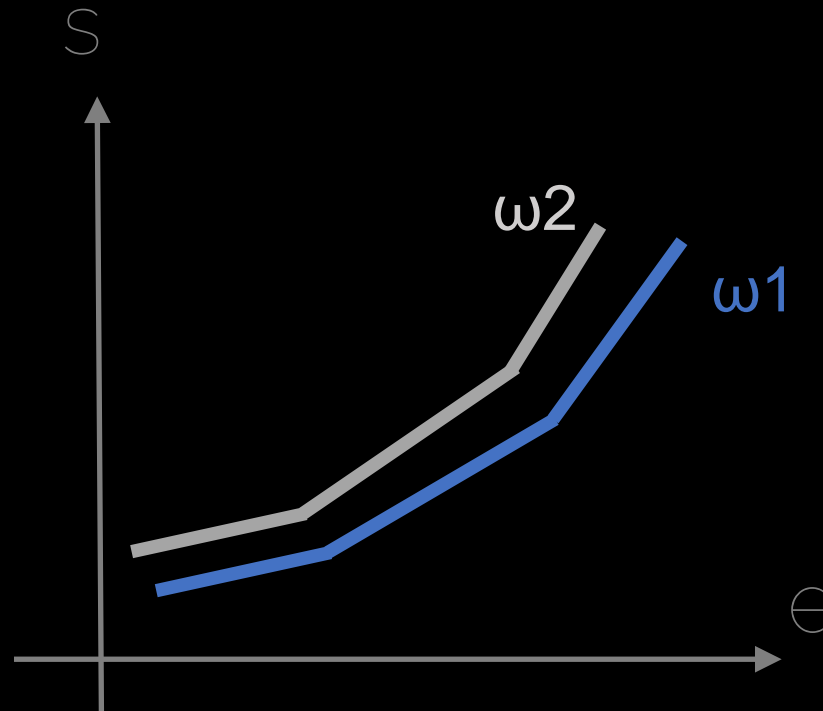


## Capteurs

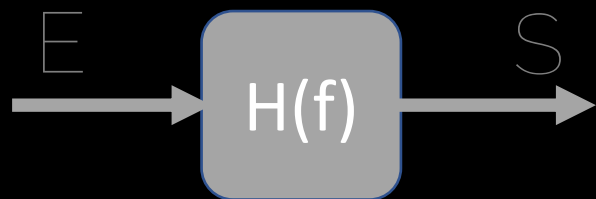


Transforment une grandeur physique en une autre

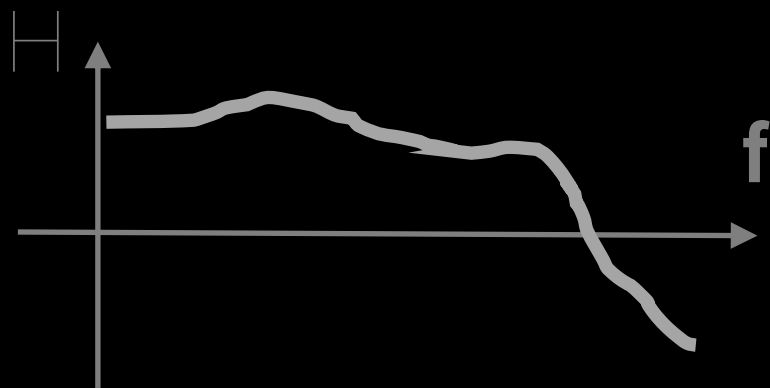
- la grandeur physique observée
- son étendue de mesure
- sa sensibilité
- sa précision
- sa linéarité
- sa bande passante



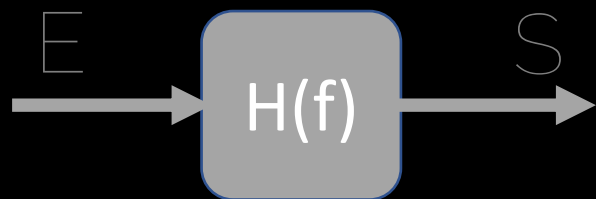
Systèmes



Transfert de l'énergie

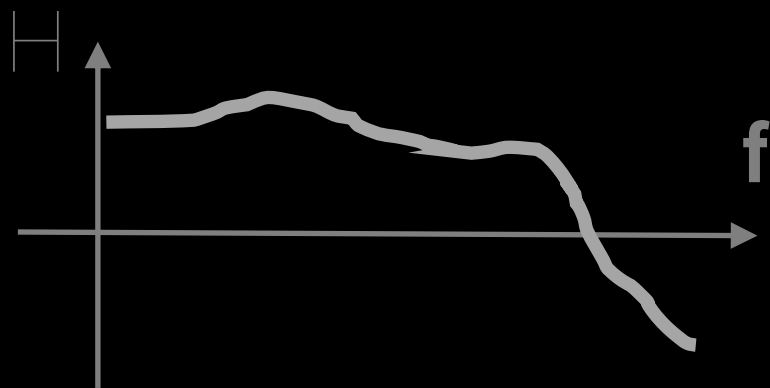


Systèmes

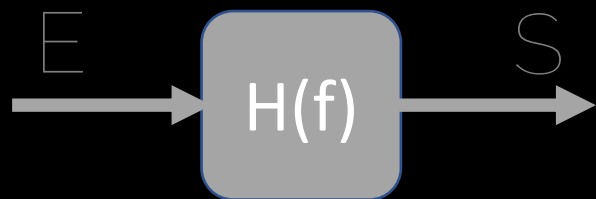


Transfert de l'énergie

## REPONSE HARMONIQUE (Diagramme de Bode)

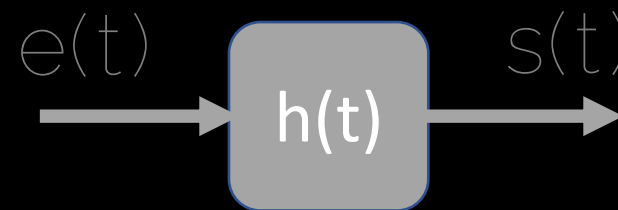
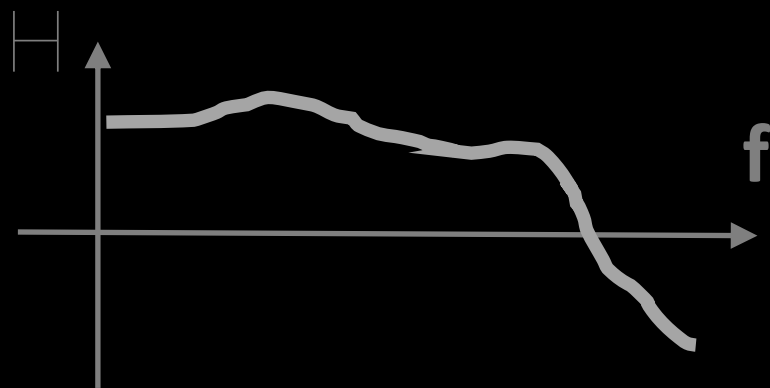


## Systèmes



Transfert de l'énergie

**REPONSE HARMONIQUE (Diagramme de Bode)**



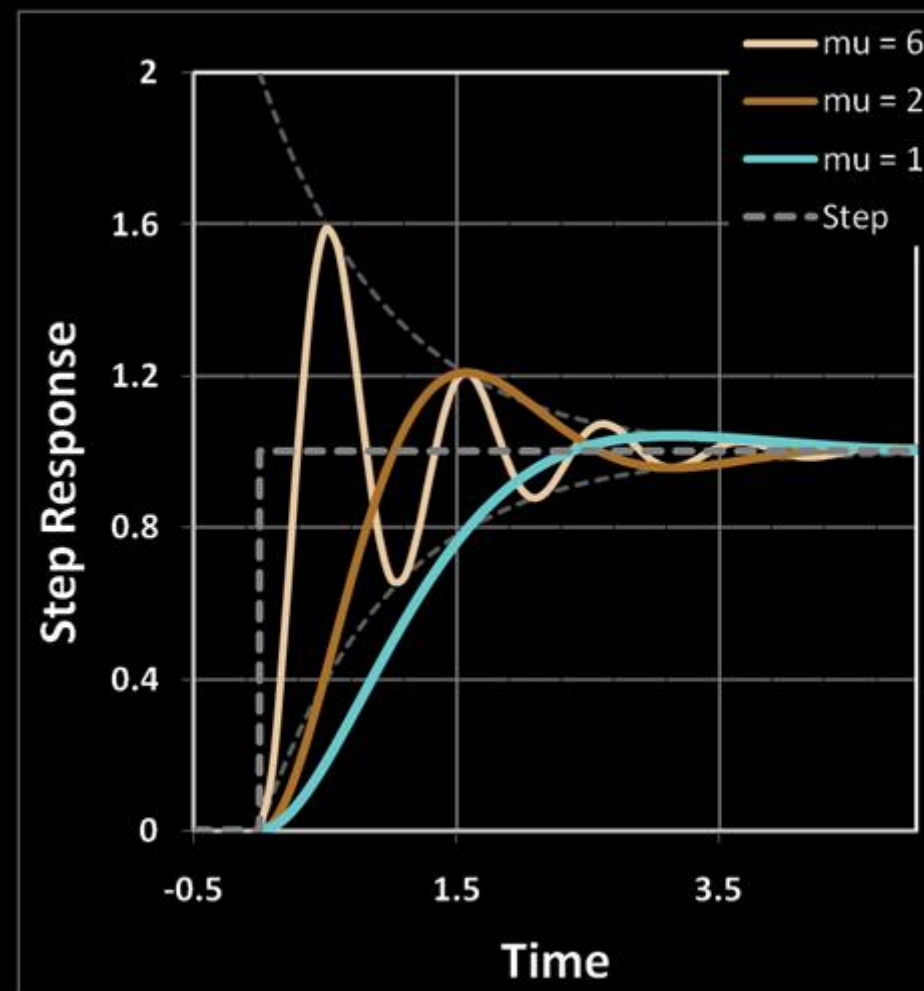
**REPONSE IMPULSIONNELLE (dirac)**

**REPONSE INDICIELLE (échelon)**



Systèmes

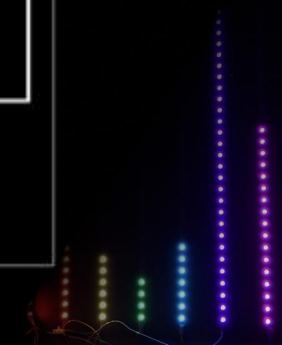
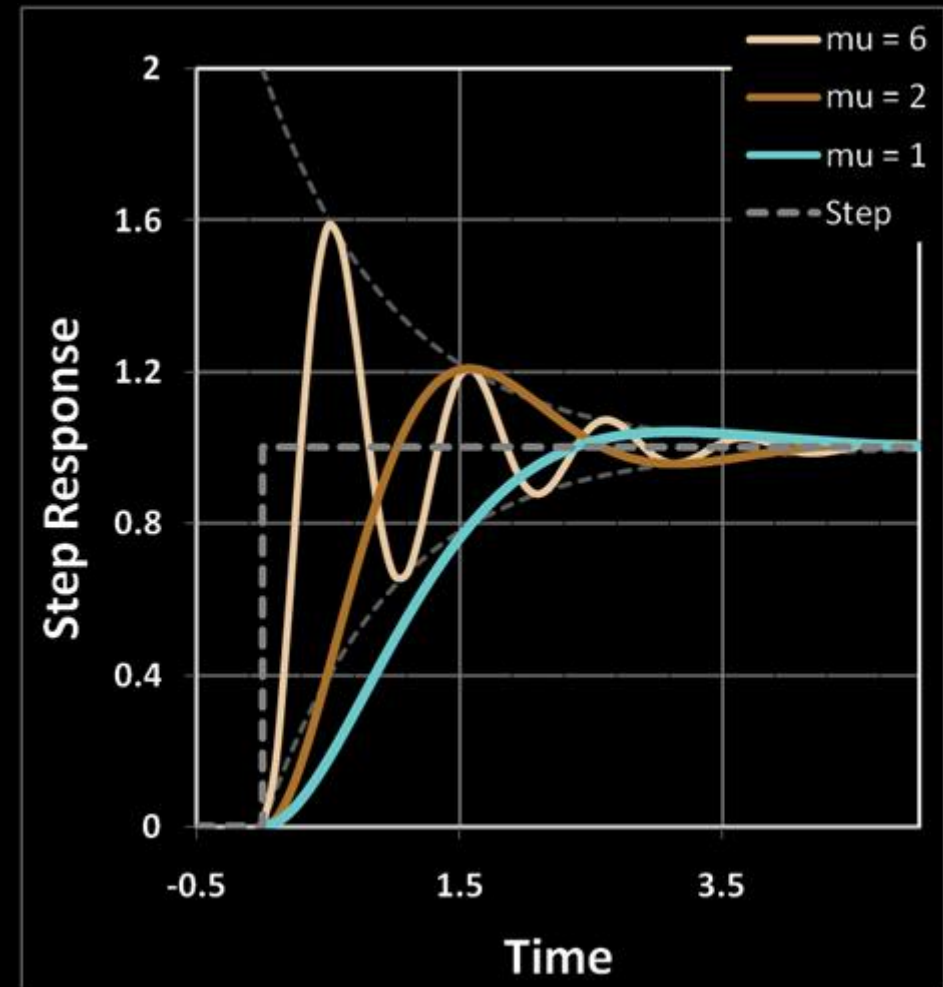
## REPONSE A CERTAINS SIGNAUX



Systèmes

**REPONSE A CERTAINS SIGNAUX**

**COMPORTEMENT EN FREQUENCE**





Systèmes

## COMPORTEMENT EN FREQUENCE

**PREMIER ORDRE**

**SECOND ORDRE**

**ORDRE  $\geq 3$**

**PASSE-BAS**

**PASSE-BANDE**

**PASSE-HAUT**

**COUPE-BANDE**

**GAIN**

**BANDE-PASSANTE**

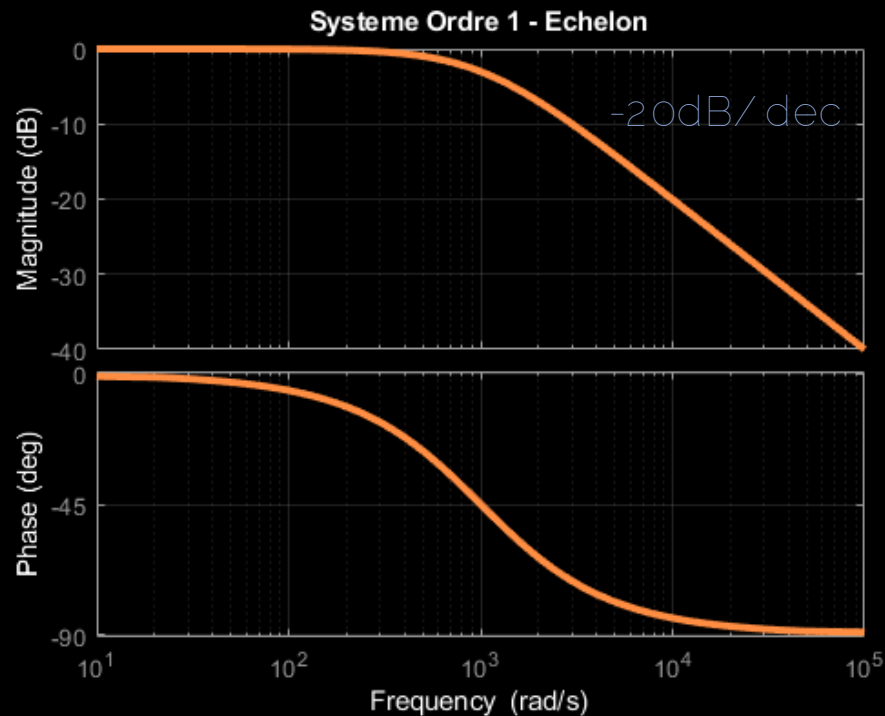
**AMORTISSEMENT**



Systèmes

## PREMIER ORDRE

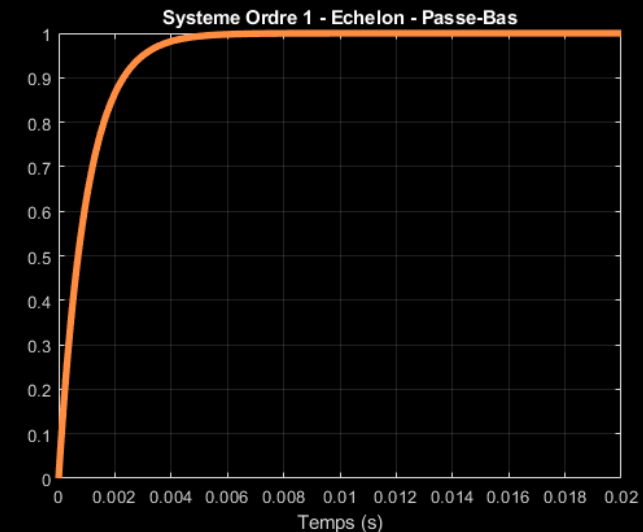
### PASSE-BAS



REPONSE HARMONIQUE (Diagramme de Bode)

$$H(j\omega) = \frac{A}{1 + j \cdot \frac{\omega}{\omega_0}}$$

### REPONSE INDICIELLE (Echelon)

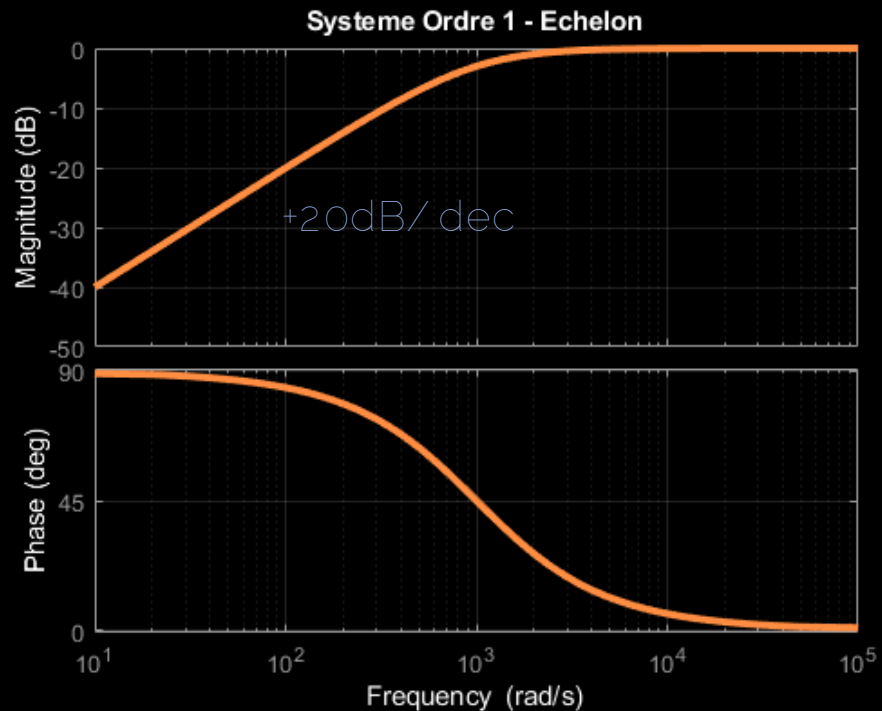


## Systèmes

## PREMIER ORDRE

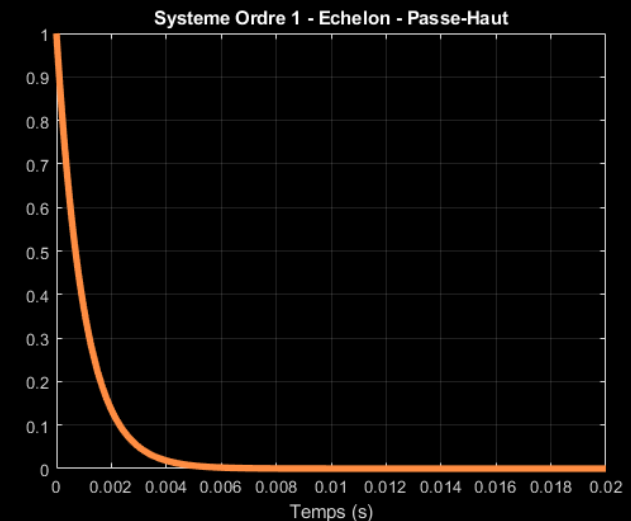
### PASSE-HAUT

$$H(j\omega) = \frac{A \cdot j \frac{\omega}{\omega_0}}{1 + j \cdot \frac{\omega}{\omega_0}}$$



REPONSE HARMONIQUE (Diagramme de Bode)

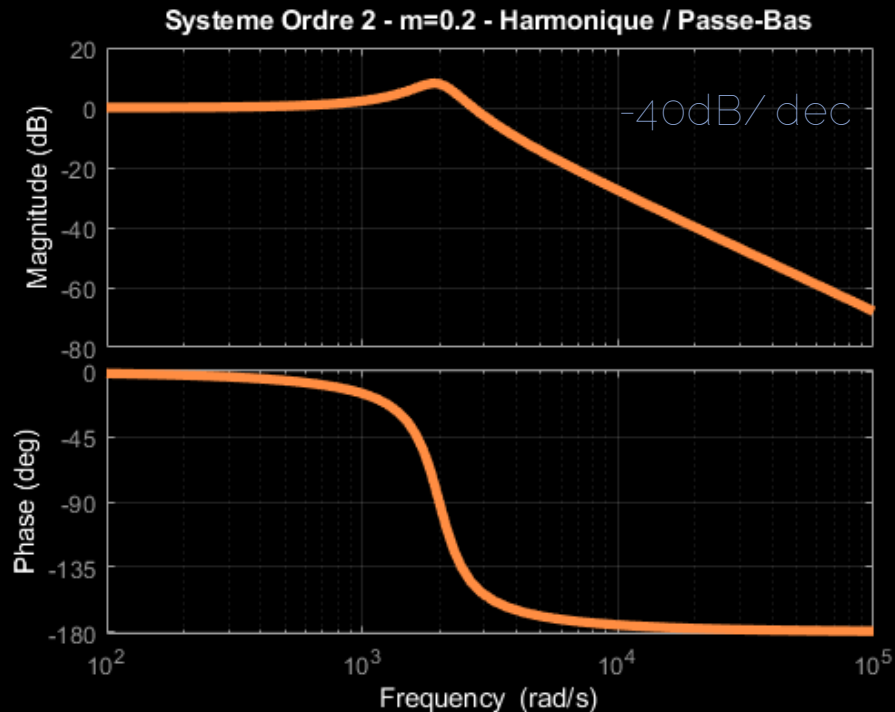
### REPONSE INDICIELLE (Echelon)



## Systèmes

## SECOND ORDRE

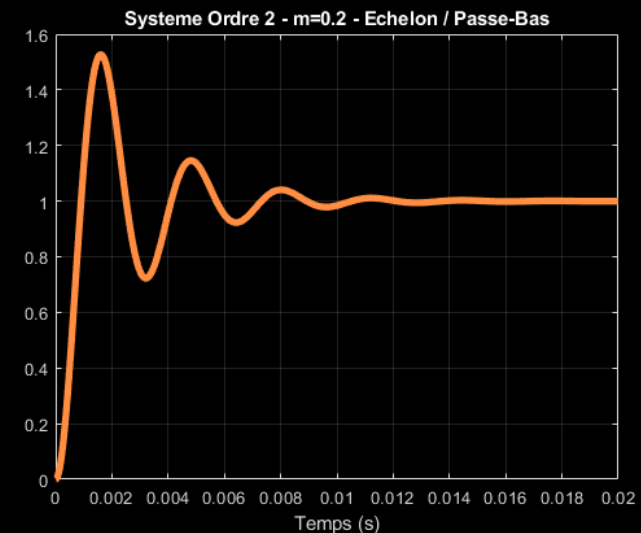
### PASSE-BAS



REPONSE HARMONIQUE (Diagramme de Bode)

$$H(j\omega) = \frac{A}{1 + 2 \cdot m \cdot j \cdot \frac{\omega}{\omega_0} + j^2 \cdot \frac{\omega^2}{\omega_0^2}}$$

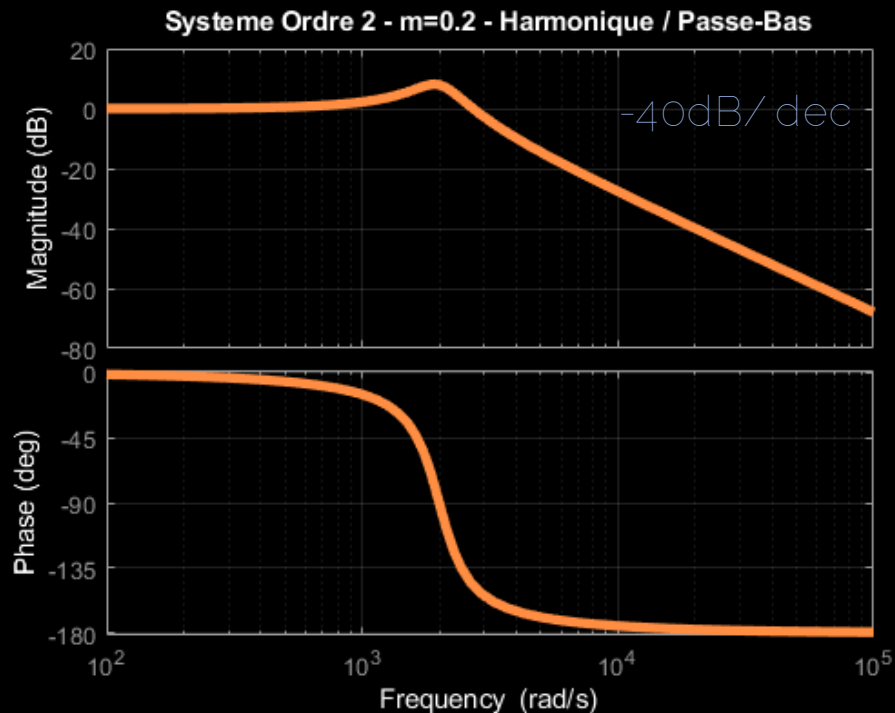
### REPONSE INDICIELLE (Echelon)



## Systèmes

## SECOND ORDRE

### PASSE-BAS

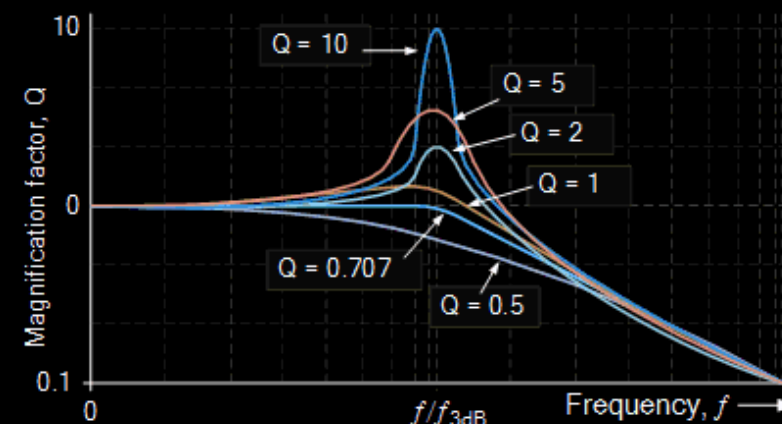


REPONSE HARMONIQUE (Diagramme de Bode)

$$H(j\omega) = \frac{A}{1 + 2 \cdot m \cdot j \cdot \frac{\omega}{\omega_0} + j^2 \cdot \frac{\omega^2}{\omega_0^2}}$$

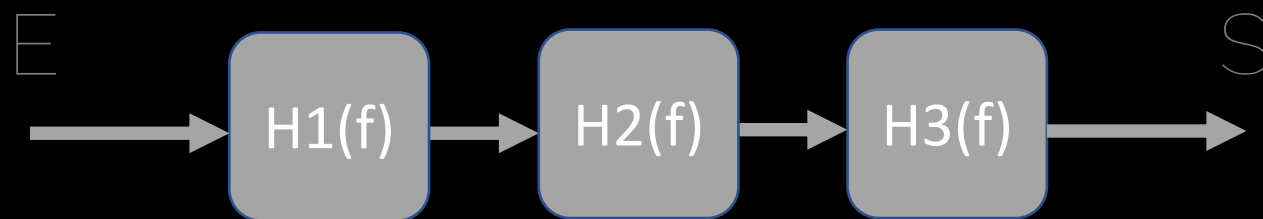
amortissement (m) ou qualité (Q)

$$2 \cdot m = 1/Q$$



Systemes

## Nième ORDRE



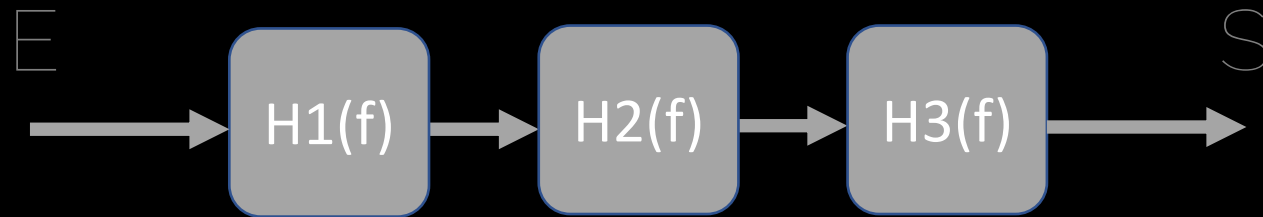
$$H(f) = H_1(f) \cdot H_2(f) \cdot H_3(f)$$

**MISE EN CASCADE  
DE SYSTEMES  
DU PREMIER ORDRE ET  
DU SECOND ORDRE**



Systèmes

## Nième ORDRE



$$H(f) = H1(f) \cdot H2(f) \cdot H3(f)$$

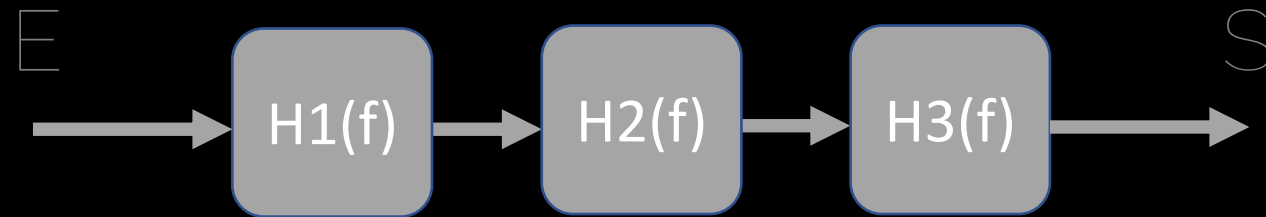


$$G = 20 \cdot \log_{10}(H)$$



Systèmes

## Nième ORDRE



$$H(f) = H_1(f) \cdot H_2(f) \cdot H_3(f)$$



$$G = 20 \cdot \log_{10}(H)$$

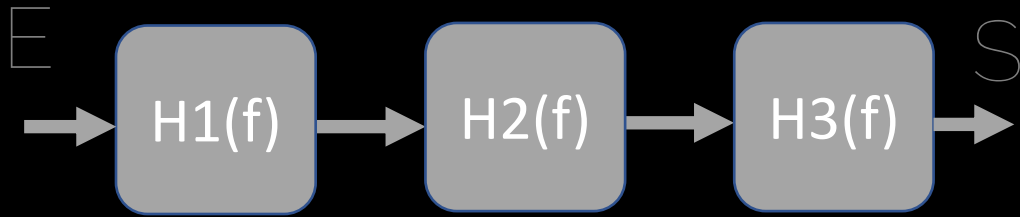
$$G = G_1 + G_2 + G_3$$





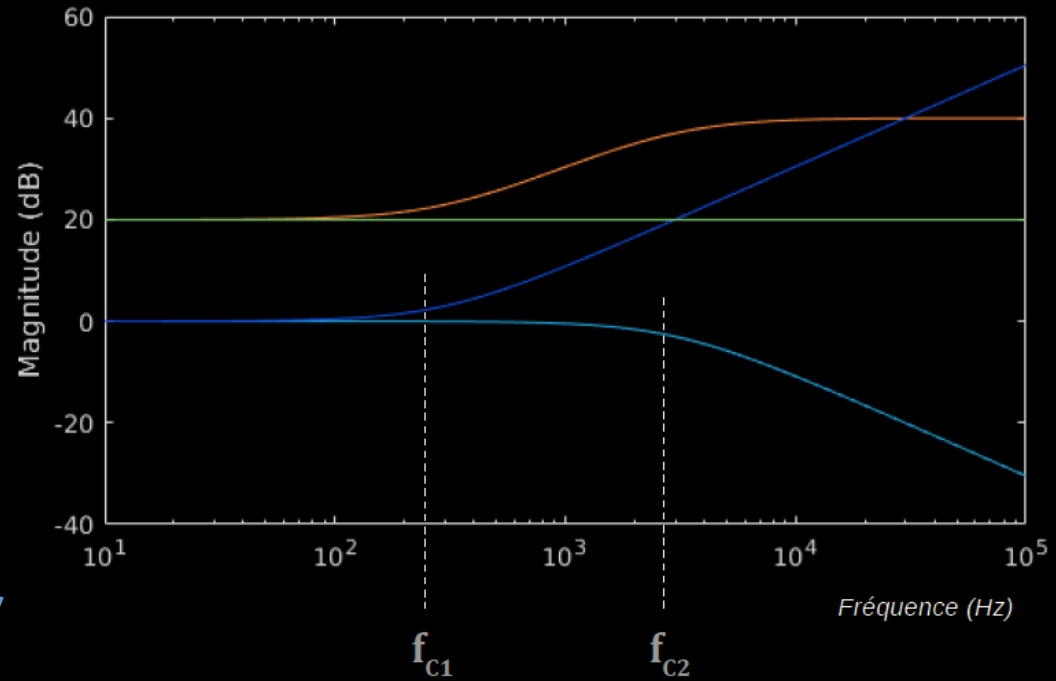
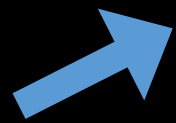
Systèmes

Nième ORDRE



$$H(f) = H_1(f) \cdot H_2(f) \cdot H_3(f)$$

$$G = G_1 + G_2 + G_3$$



*Dérivateur réel*

**SYSTÈME COMPLET**

*Gain Constant*

*Intégrateur réel*



# Expériences en physique

Et modèles...

PHYSICIEN.NE

Expérience



Modèle  
mathématique

**étude du phénomène  
physique « réel »**

**« mise en équation » de  
l'évolution des grandeurs physiques**

systemes



modèles  
déjà connus

ELECTRONICIEN.NE





# Photons vs électrons

Emission et détection

Julien VILLEMEJANE



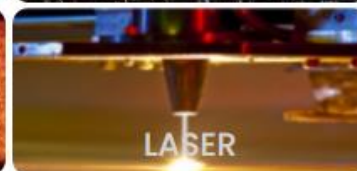
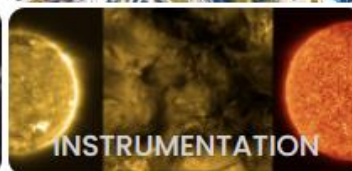
# Des électrons aux photons

Sources à LED



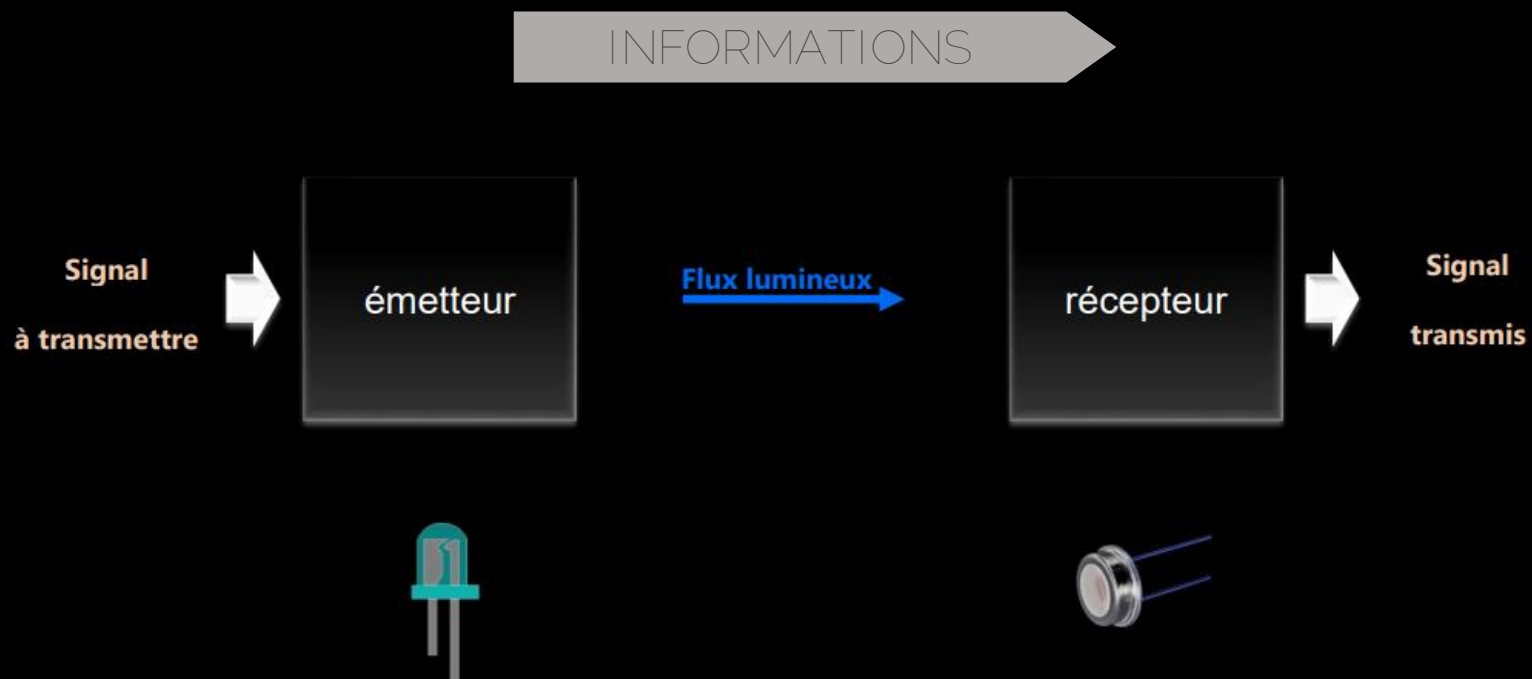
## photonique

La science des technologies de demain



# Des électrons aux photons

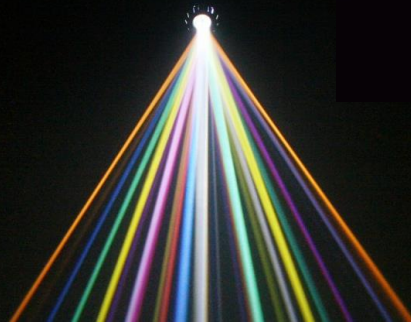
Sources à LED



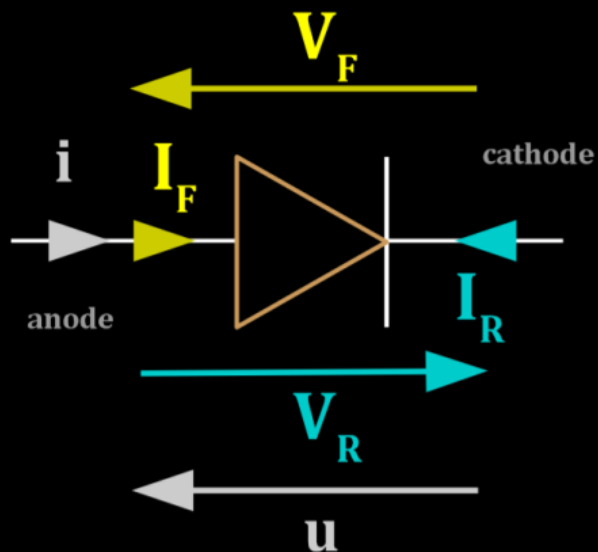
# Des électrons aux photons

Sources à LED

## Sources LED



## Sources LED / Paramètres électriques



$I_F$  : **courant direct**

souvent  $I_F < I_{FMAX}$

$V_F$  : **tension directe**

aussi appelée seuil

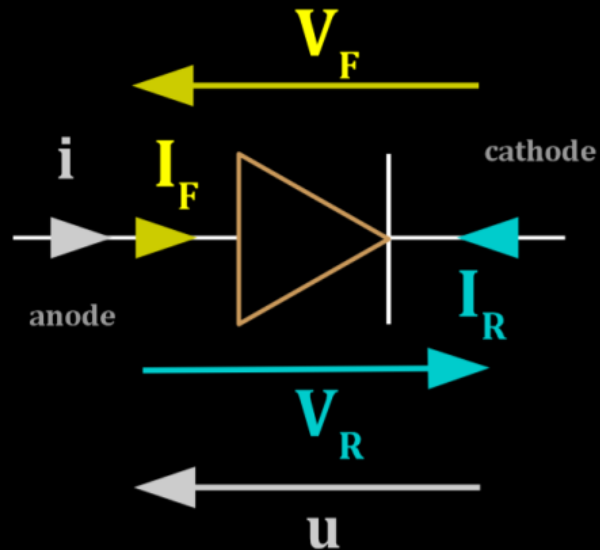
$I_R$  : **courant inverse**

$V_R$  : **tension inverse**

souvent  $V_R < V_{RMAX}$



## Sources LED / Paramètres électriques



$I_F$  : **courant direct**

souvent  $I_F < I_{FMAX}$

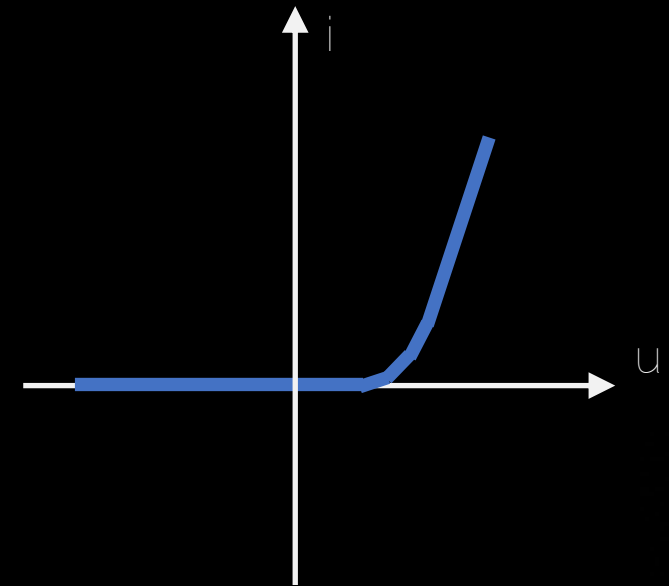
$V_F$  : **tension directe**

aussi appelée seuil

$I_R$  : **courant inverse**

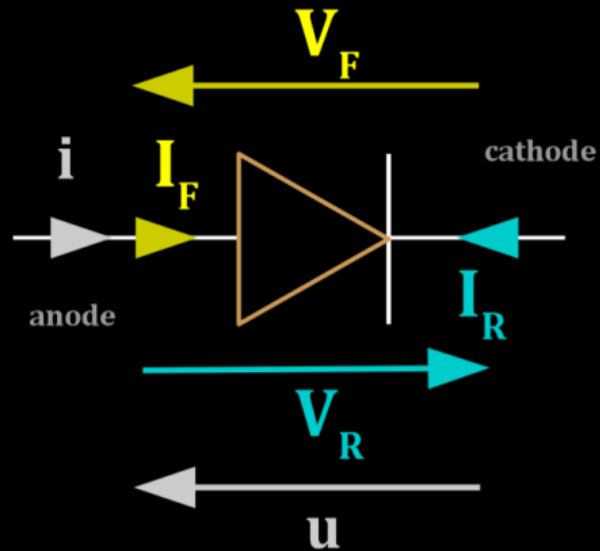
$V_R$  : **tension inverse**

souvent  $V_R < V_{RMAX}$





## Sources LED / Paramètres électriques



$I_F$  : **courant direct**

souvent  $I_F < I_{FMAX}$

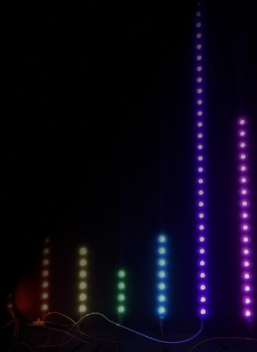
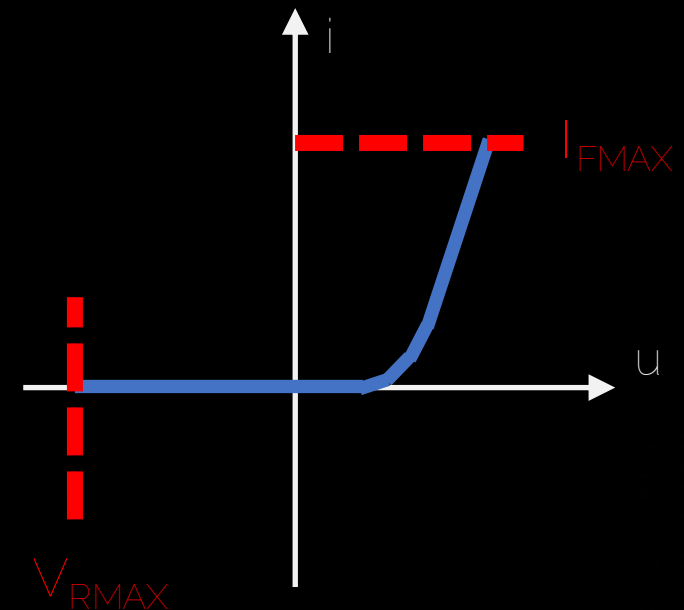
$V_F$  : **tension directe**

aussi appelée seuil

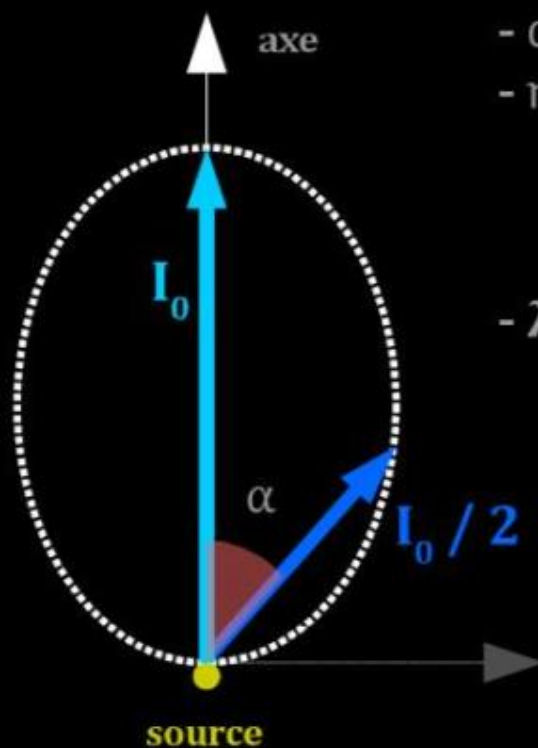
$I_R$  : **courant inverse**

$V_R$  : **tension inverse**

souvent  $V_R < V_{RMAX}$



### Sources LED / Paramètres optiques



-  $I_0$  : intensité lumineuse sur l'axe

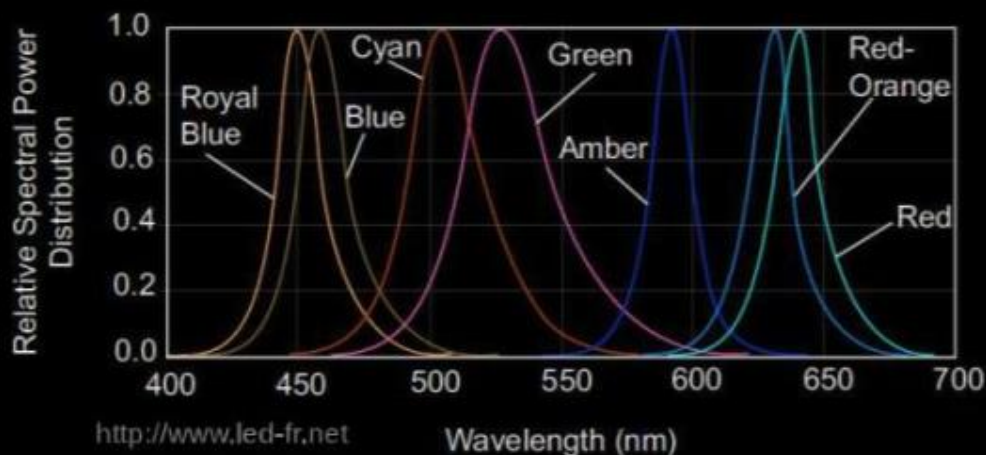
-  $\alpha$  : demi-angle (directivité)

-  $\eta$  : rendement de conversion

$$\eta = \frac{\text{Nb photons émis}}{\text{Nb électrons}}$$

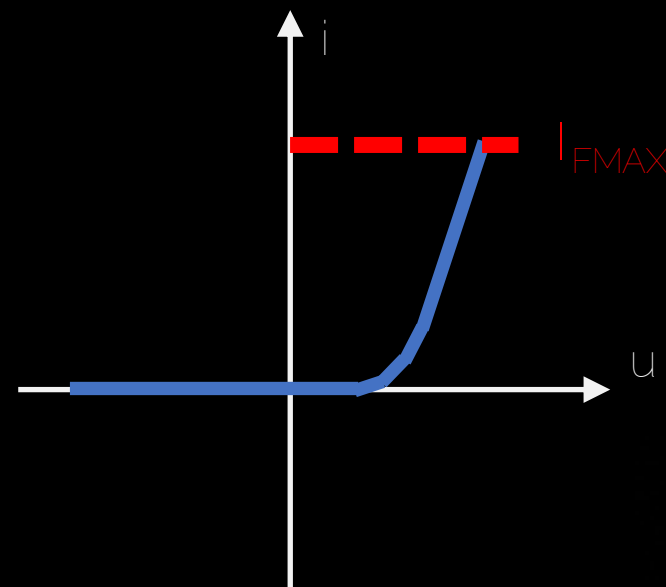
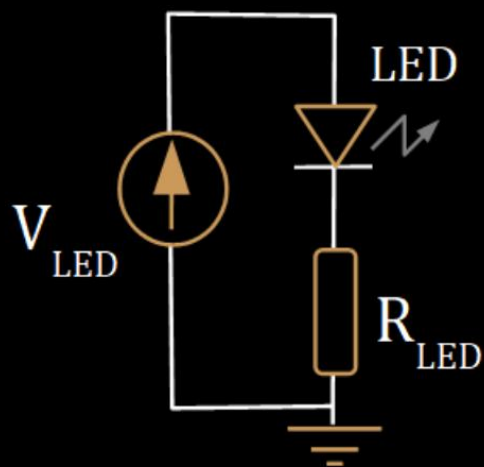
-  $\lambda$  : longueur d'onde d'émission

$$\Phi_{led} = k \cdot iF_{led}$$



Sources LED / Emetteur

$$\Phi_{led} = k \cdot i F_{led}$$

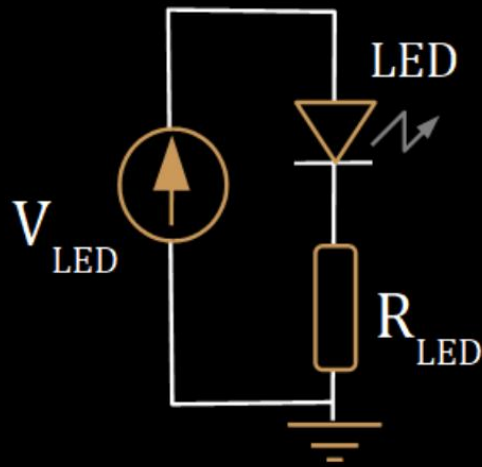


# Des électrons aux photons

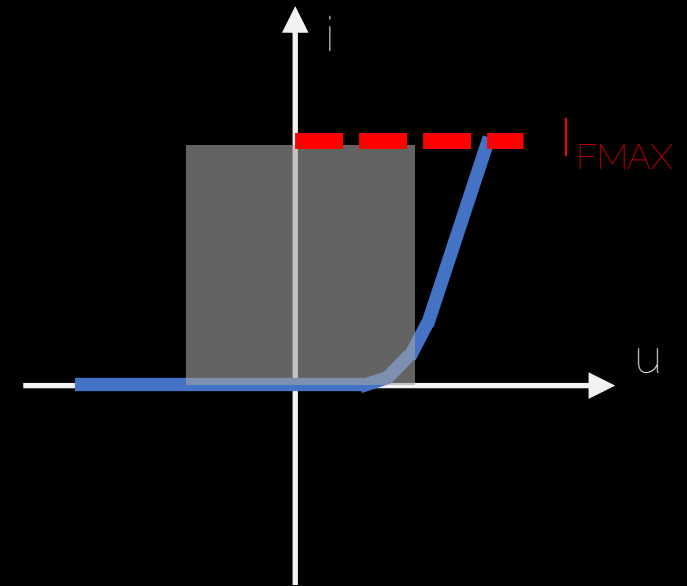
Sources à LED

Sources LED / Emetteur

$$\Phi_{led} = k \cdot i F_{led}$$



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

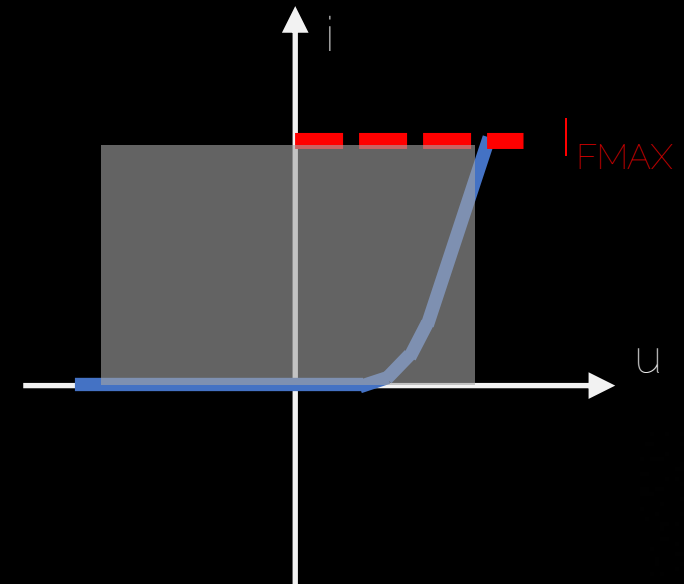
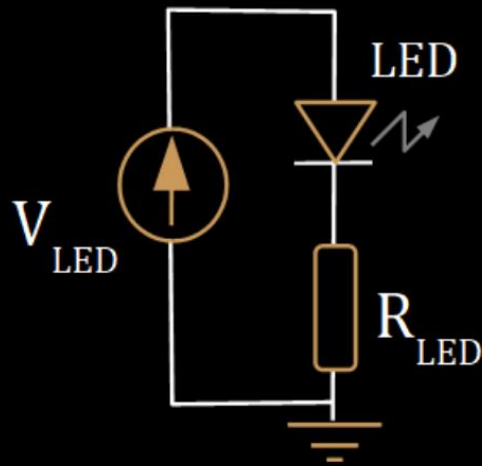


# Des électrons aux photons

Sources à LED

Sources LED / Emetteur

$$\Phi_{led} = k \cdot i F_{led}$$



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

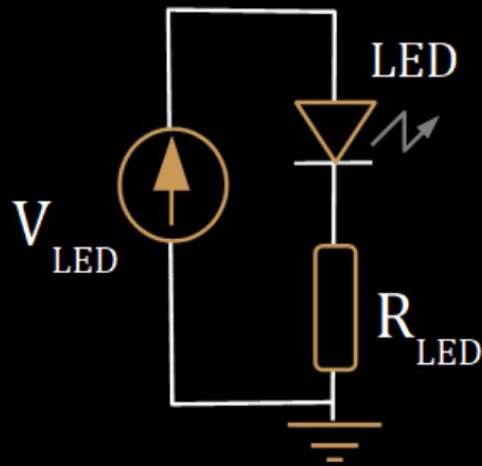


# Des électrons aux photons

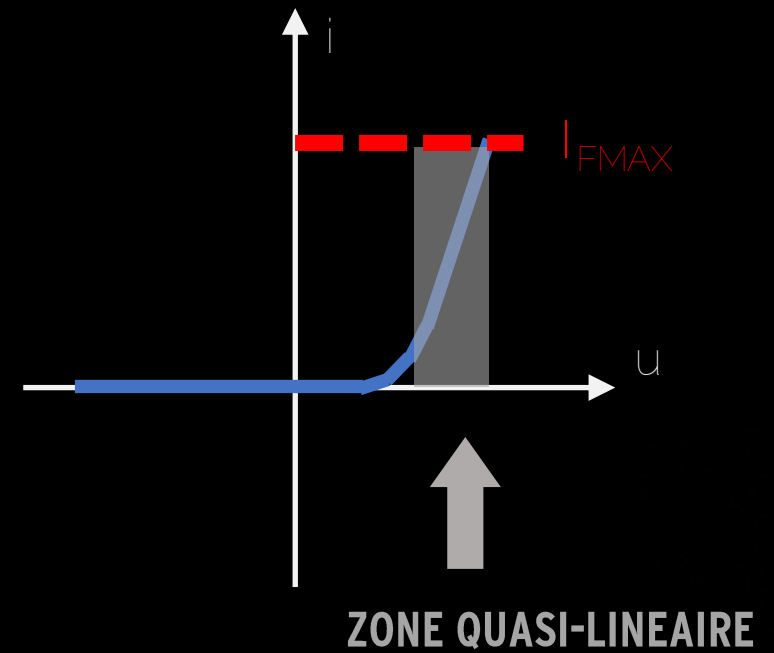
Sources à LED

Sources LED / Emetteur

$$\Phi_{led} = k \cdot i F_{led}$$



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



# Des photons aux électrons

## Photodétection

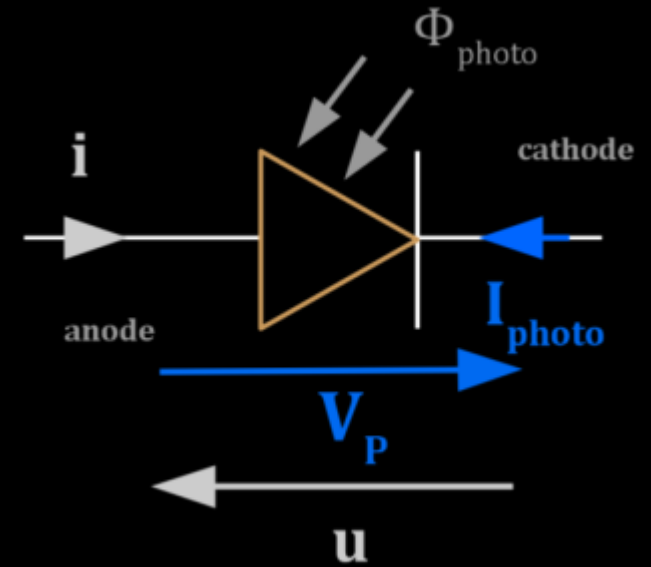
### Photodiode



# Des photons aux électrons

## Photodétection

### Photodiode

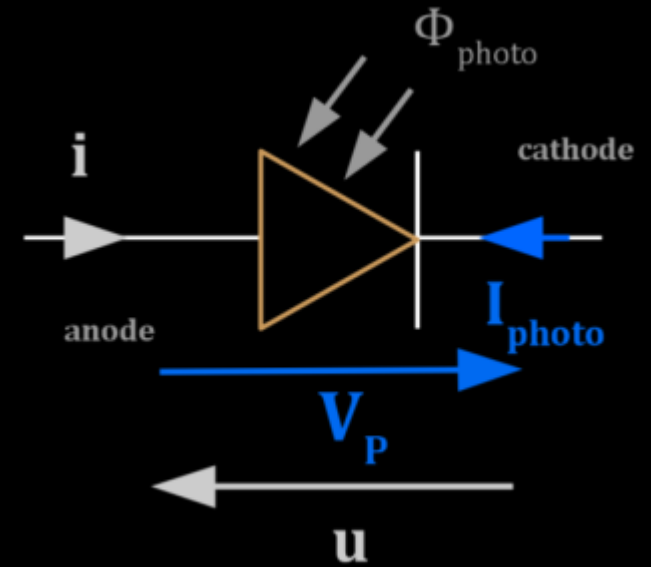
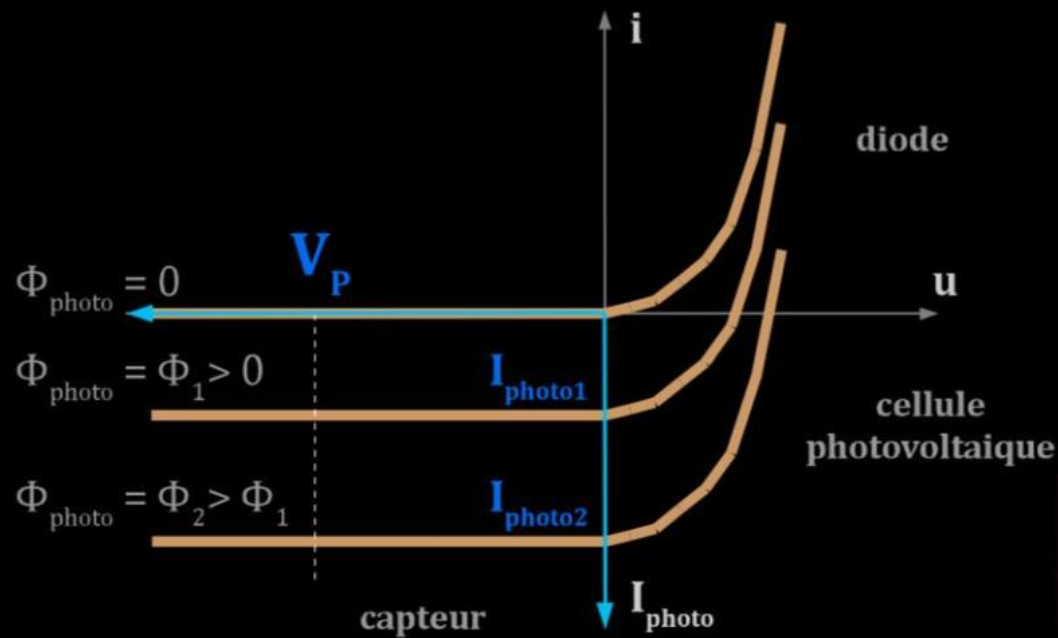




# Des photons aux électrons

## Photodétection

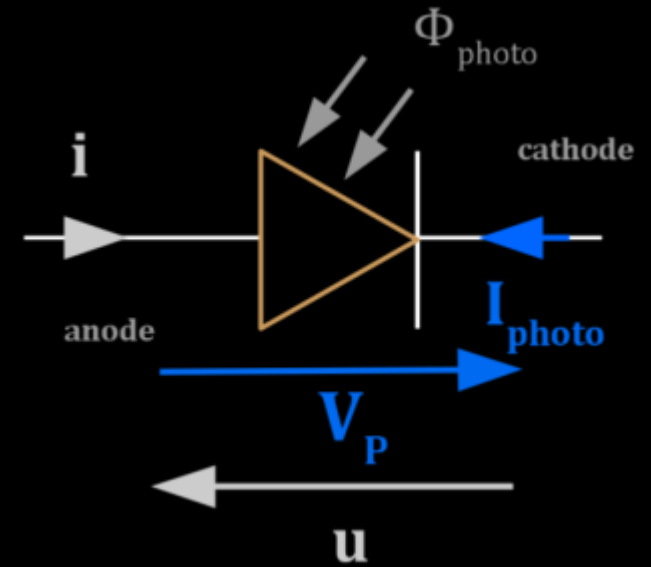
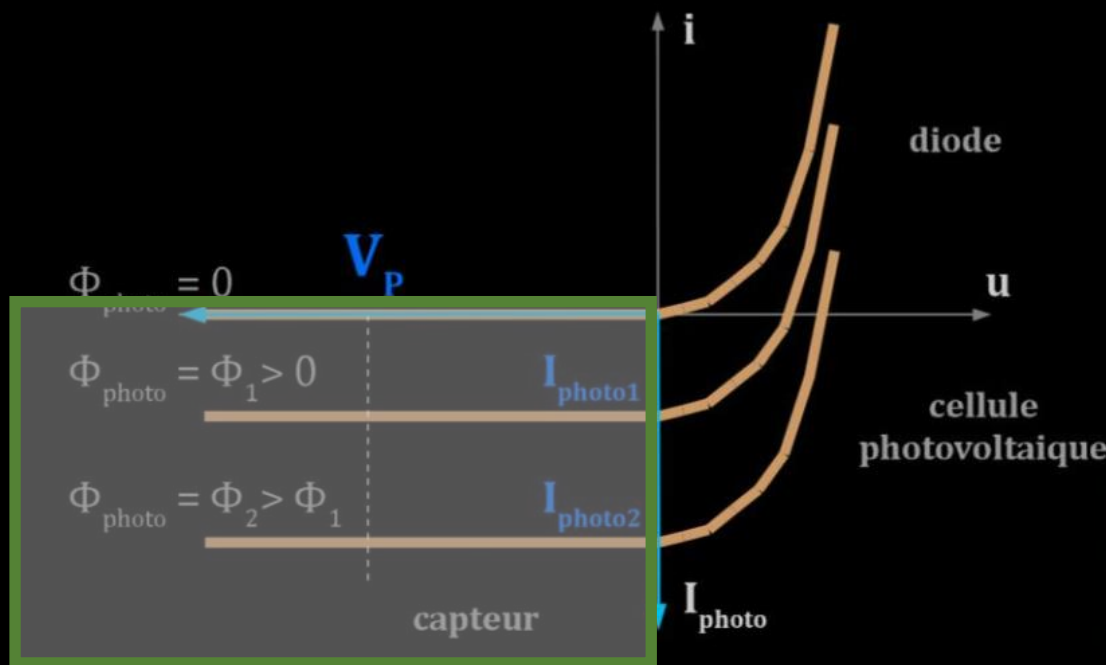
### Photodiode



# Des photons aux électrons

## Photodétection

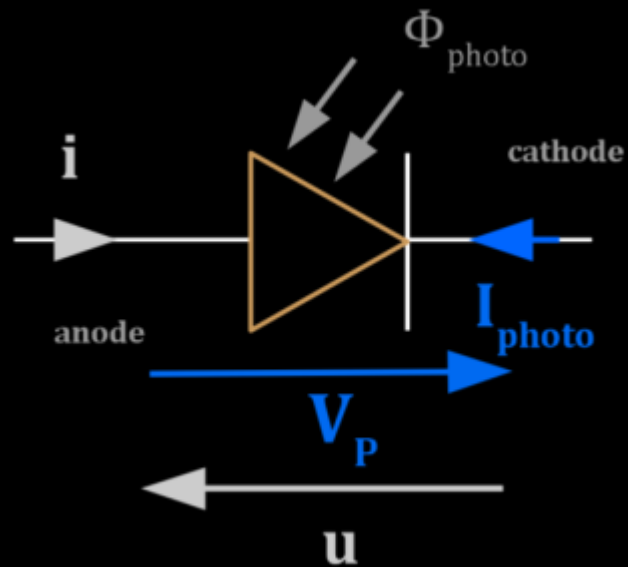
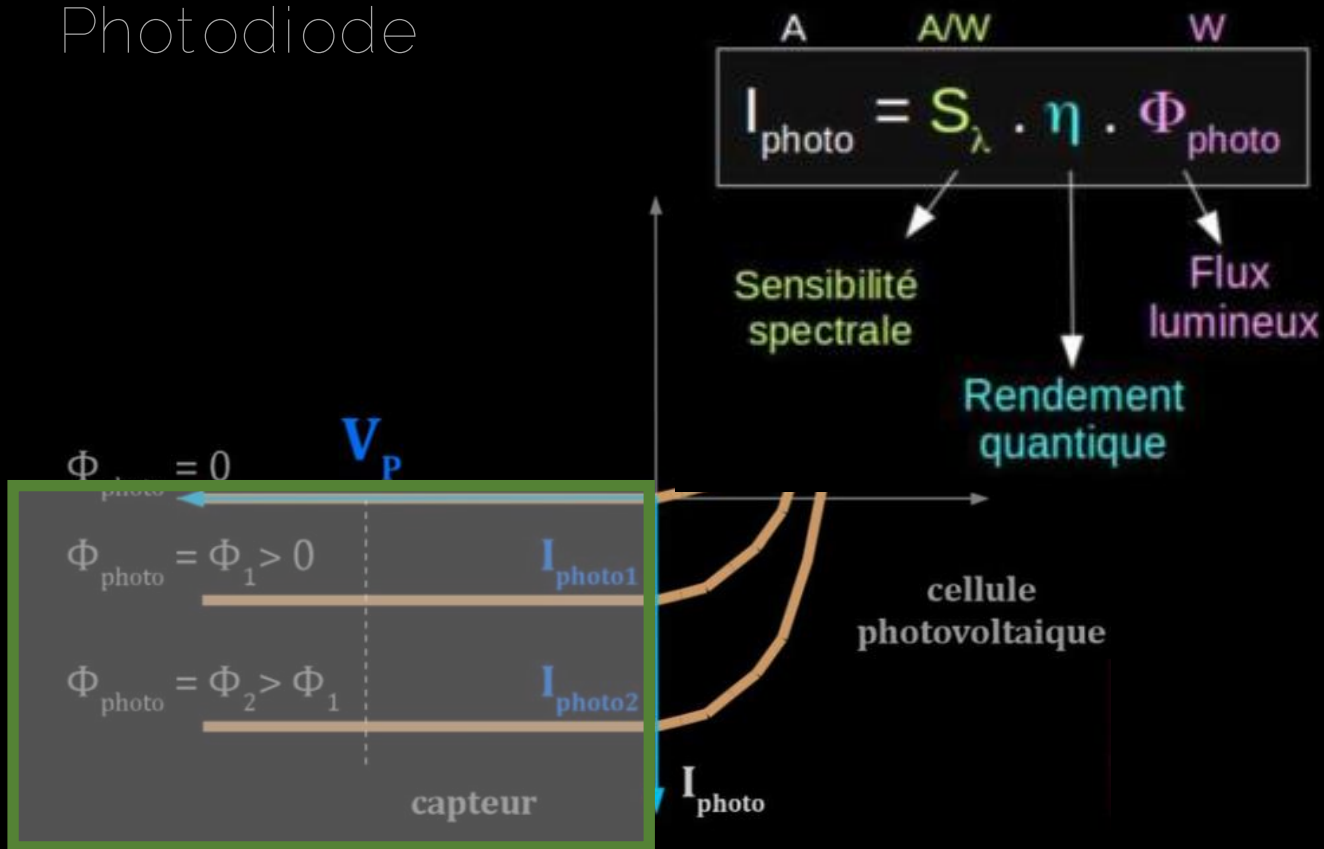
### Photodiode



# Des photons aux électrons

Photodétection

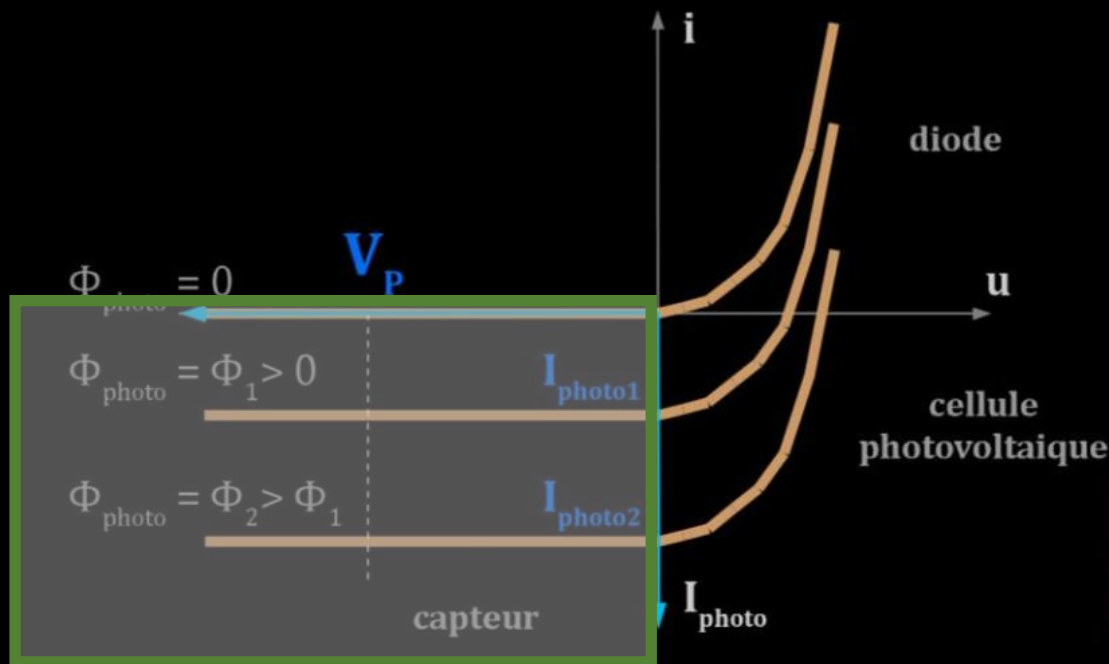
Photodiode



# Des photons aux électrons

## Photodétection

### Système de photodétection



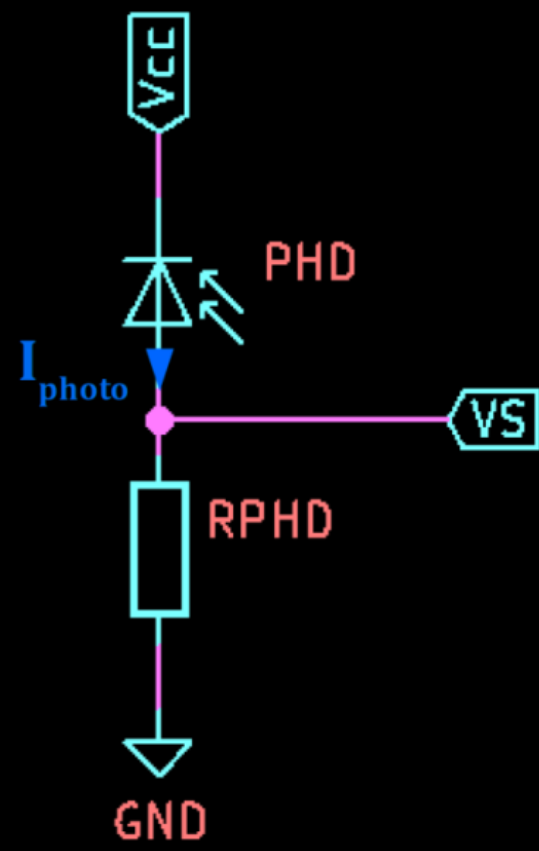
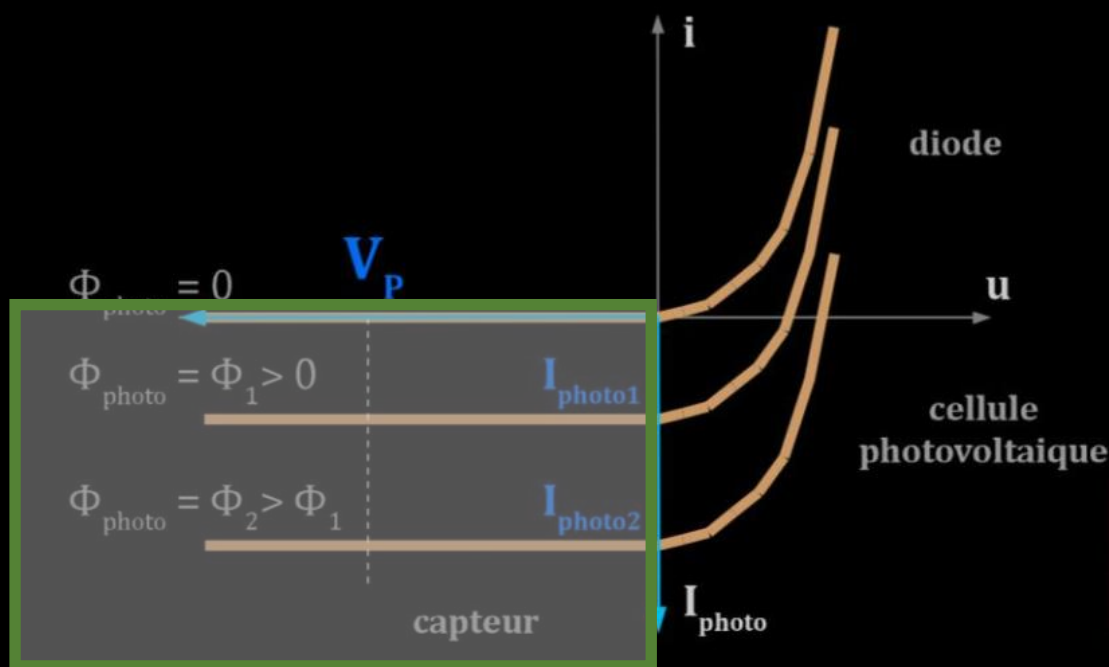
$$i_{photo} = k \cdot \Phi_{photo}$$



# Des photons aux électrons

## Photodétection

### Système de photodétection



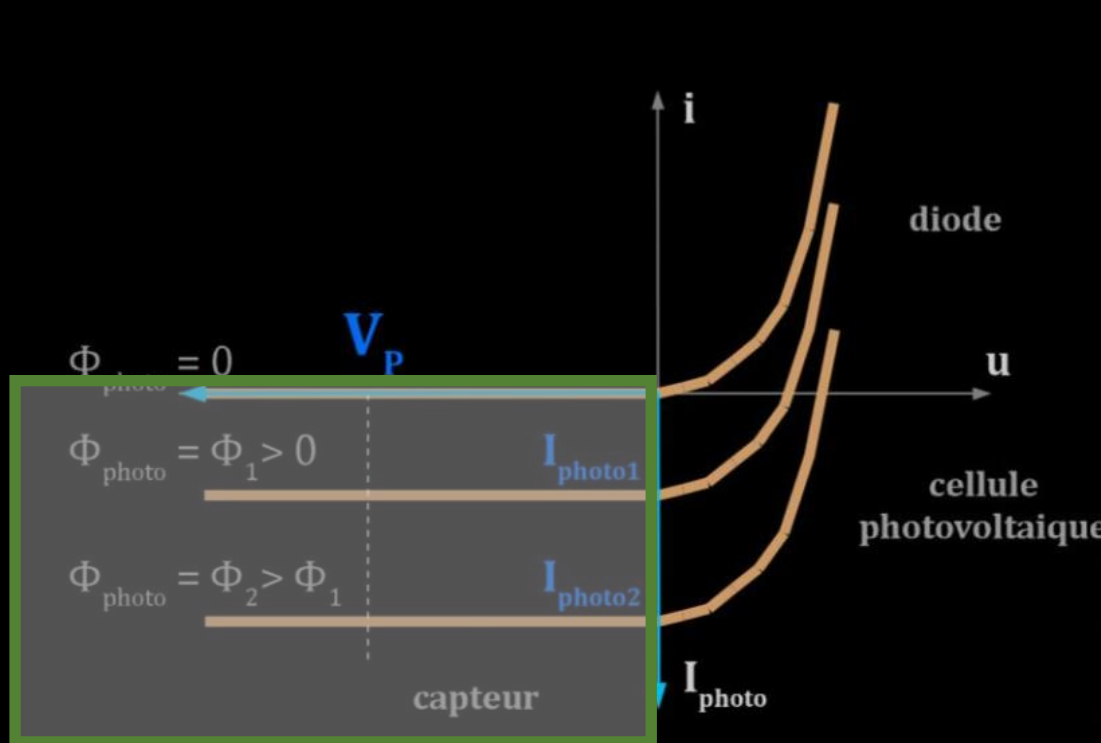
$$i_{photo} = k \cdot \Phi_{photo}$$



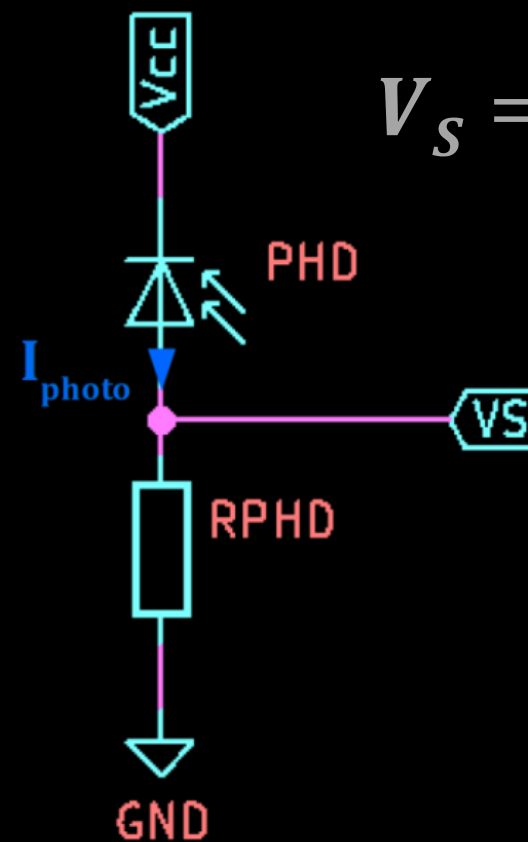
# Des photons aux électrons

## Photodétection

Système de photodétection



$$i_{photo} = k \cdot \Phi_{photo}$$



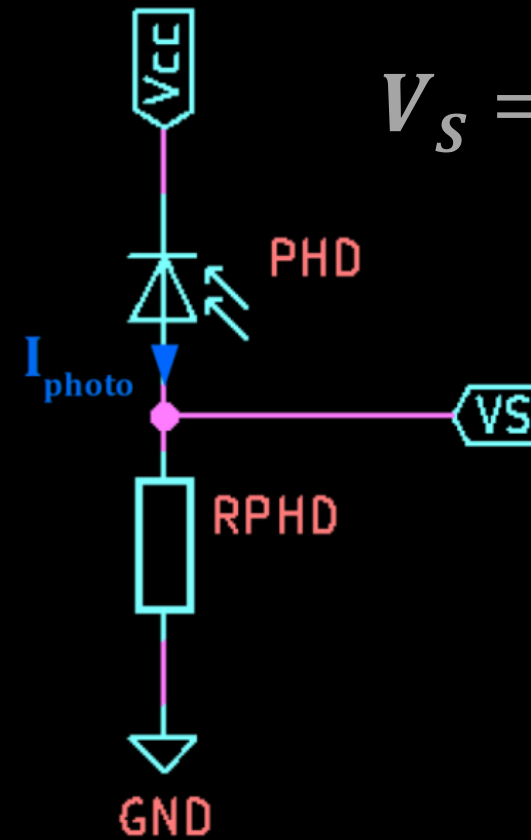
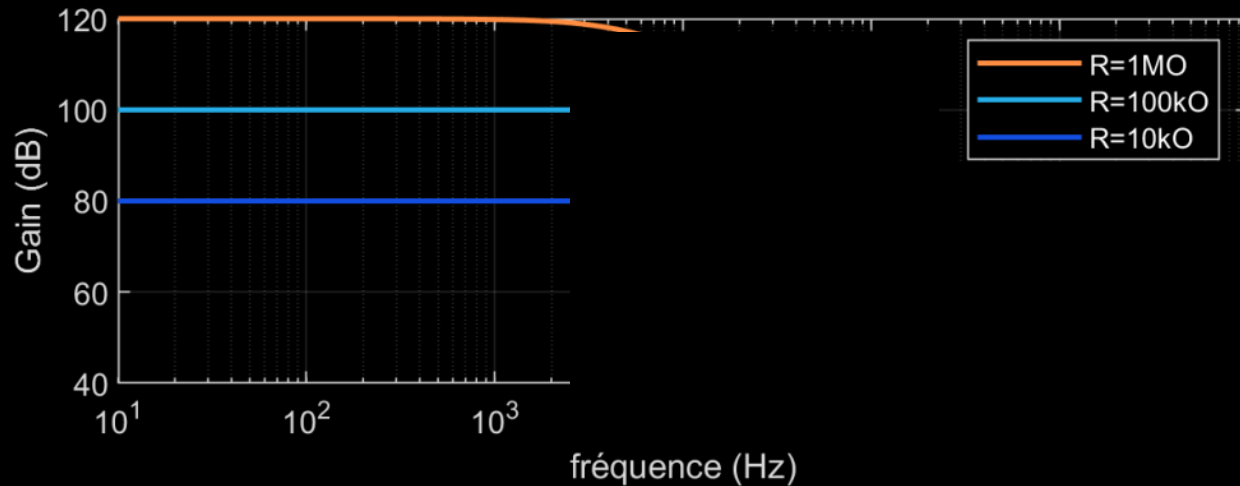
$$V_S = R_{PHD} \cdot I_{photo}$$



# Des photons aux électrons

## Photodétection

### Système de photodétection



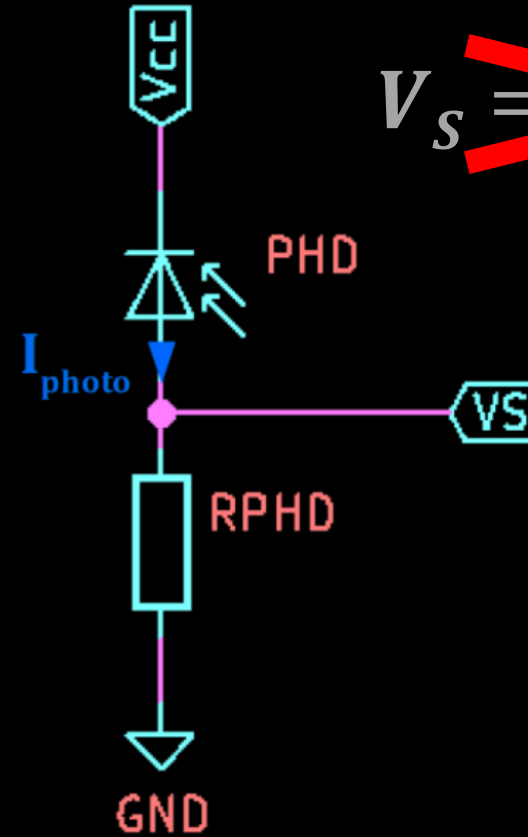
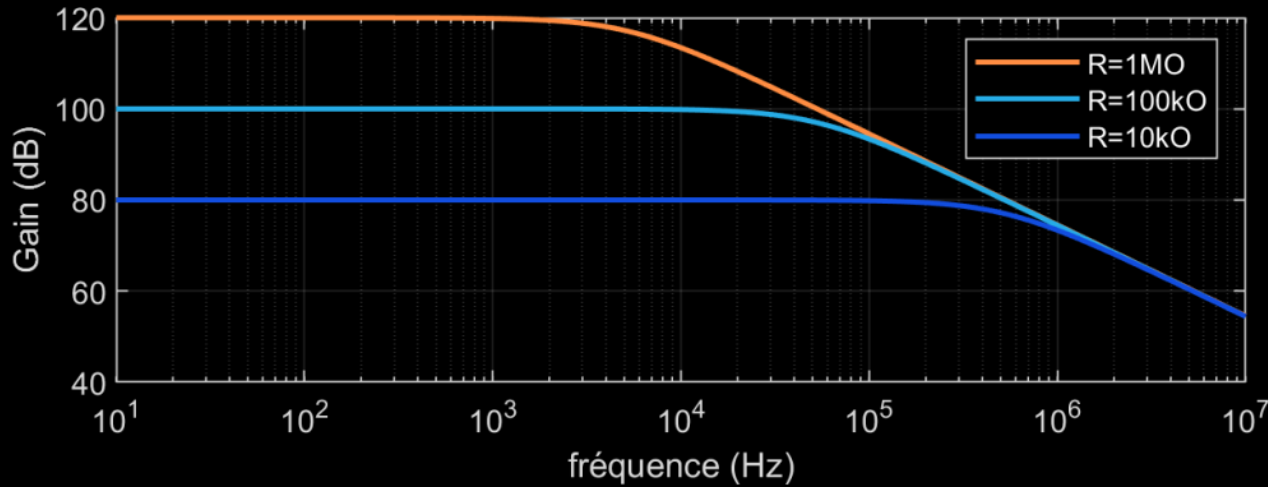
$$V_S = R_{PHD} \cdot I_{photo}$$



# Des photons aux électrons

## Photodétection

### Système de photodétection



~~$V_S = R_{PHD} \cdot I_{photo}$~~

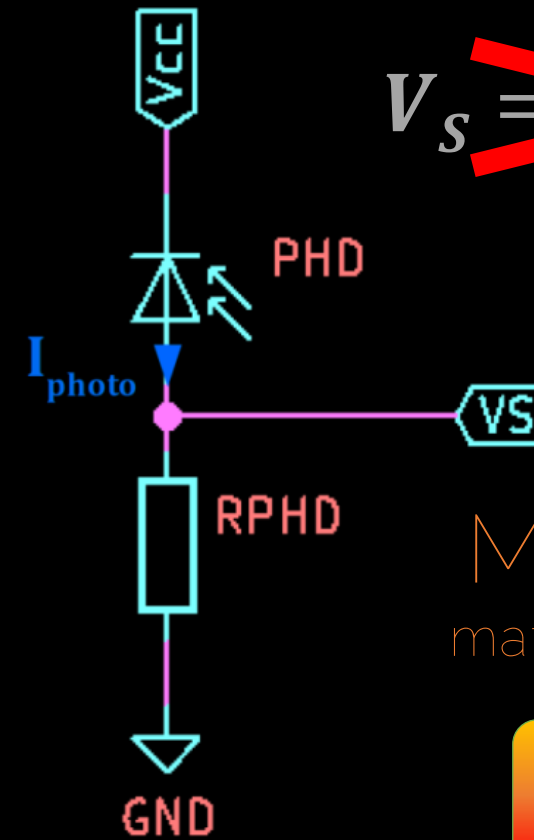
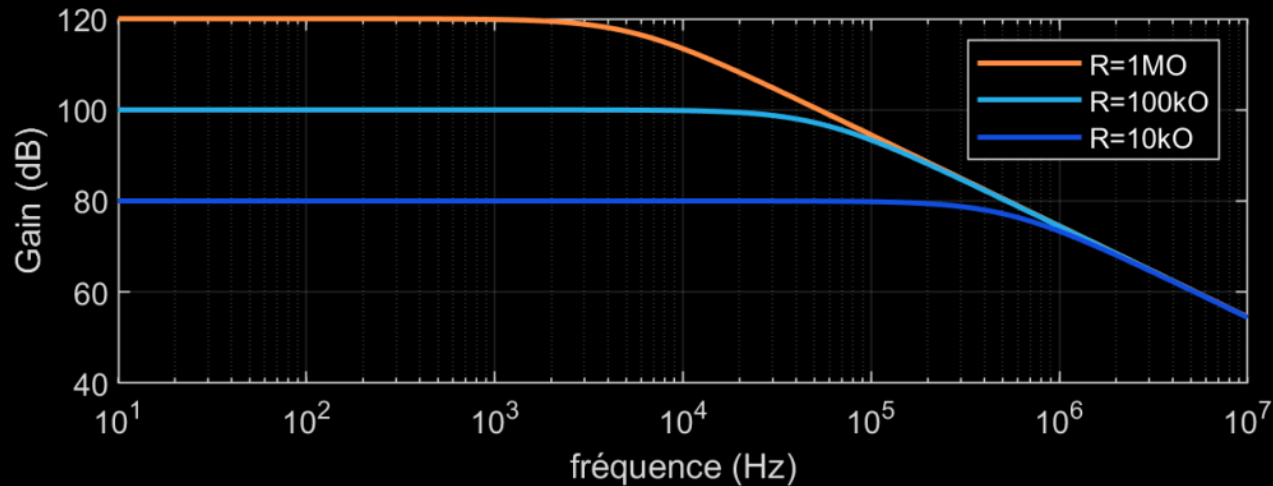




# Des photons aux électrons

## Photodétection

### Système de photodétection



~~$$V_S = R_{PHD} \cdot I_{photo}$$~~

Modèle  
mathématique

MAUVAIS

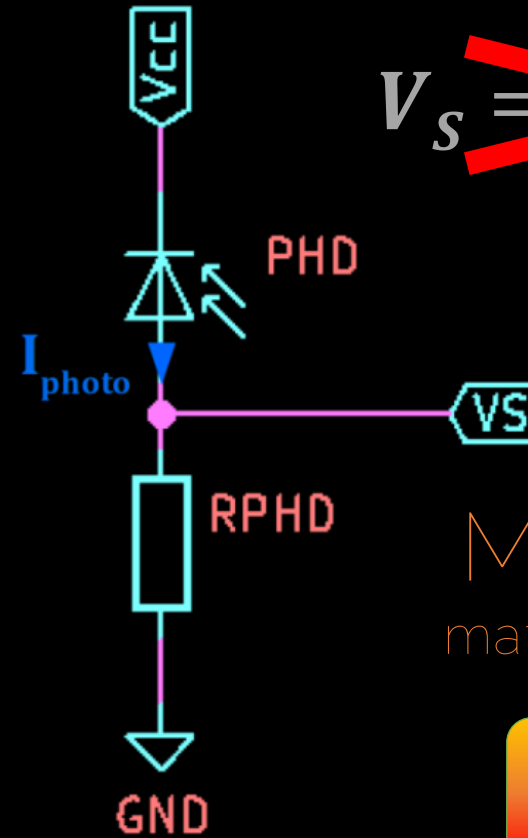
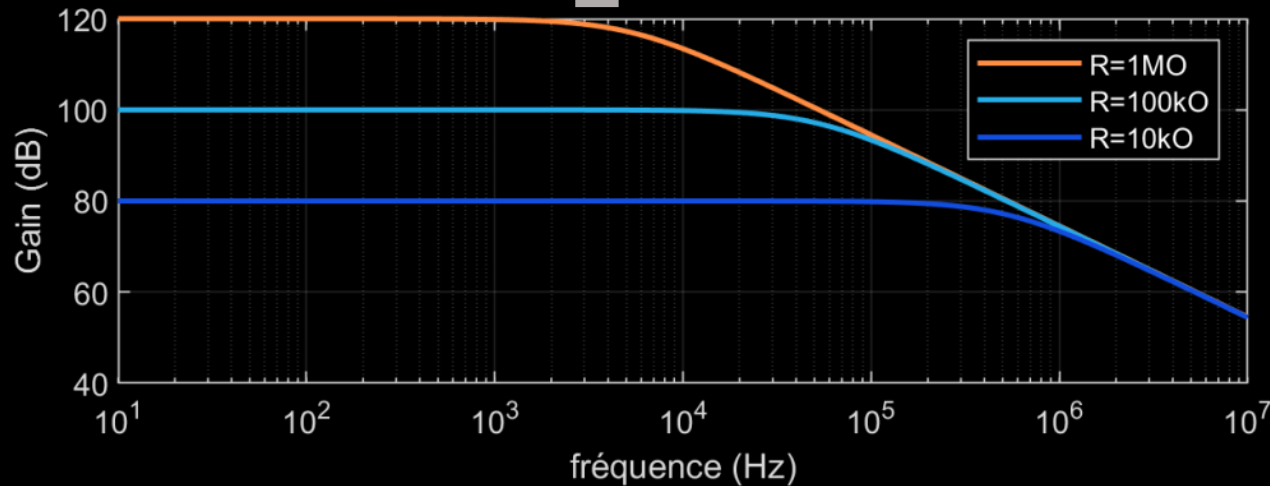


# Des photons aux électrons

## Photodétection

### Système de photodétection

$$H(j\omega) = \frac{A}{1 + j \cdot \frac{\omega}{\omega_0}}$$



~~$$V_S = R_{PHD} \cdot I_{photo}$$~~

Modèle  
mathématique

MAUVAIS





# Electronique embarquée

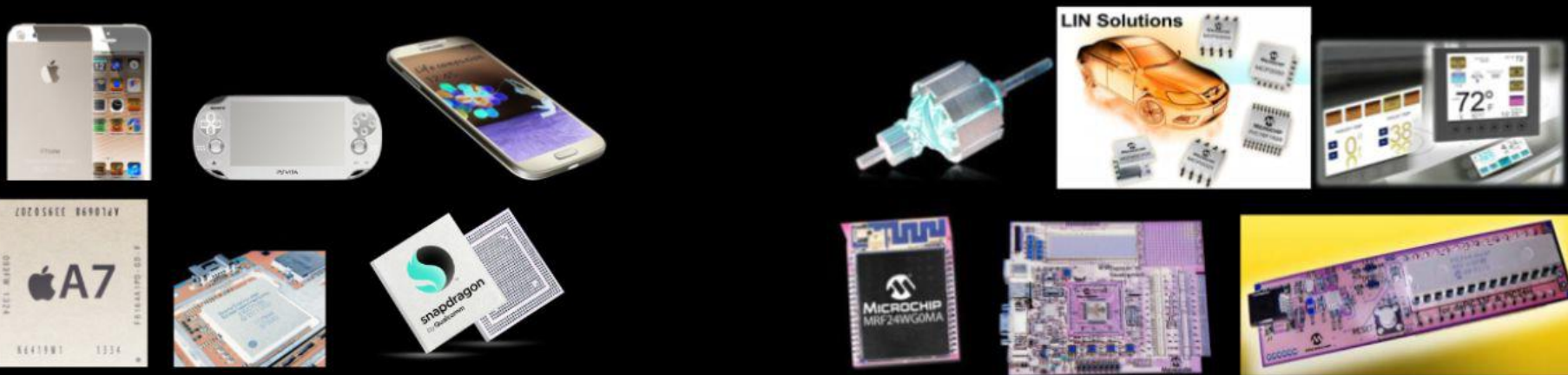
Microcontrôleur, un composant à tout faire

Julien VILLEMEJANE



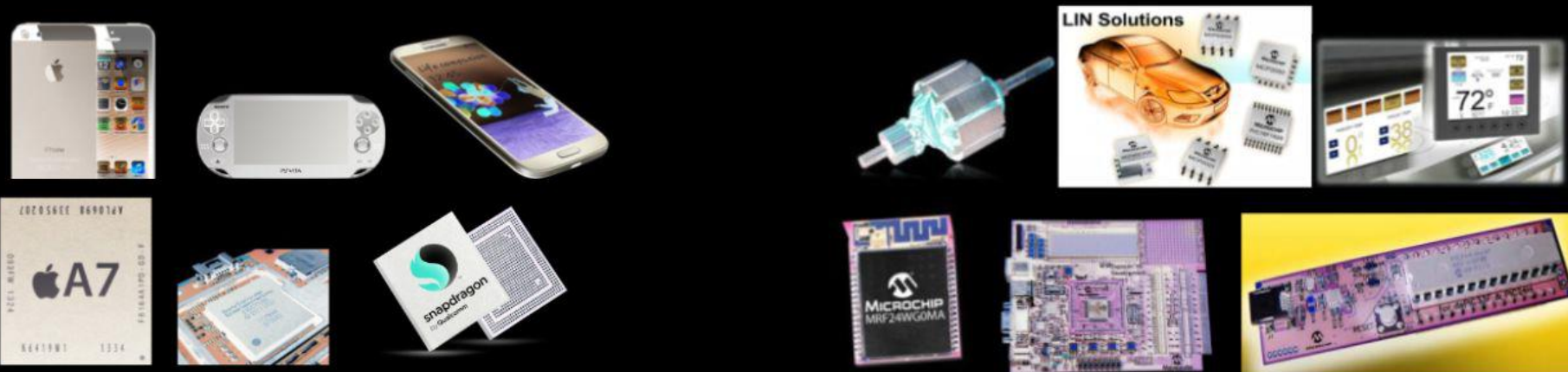
# Electronique embarquée

Microcontrôleur, un composant à tout faire



# Electronique embarquée

Microcontrôleur, un composant à tout faire



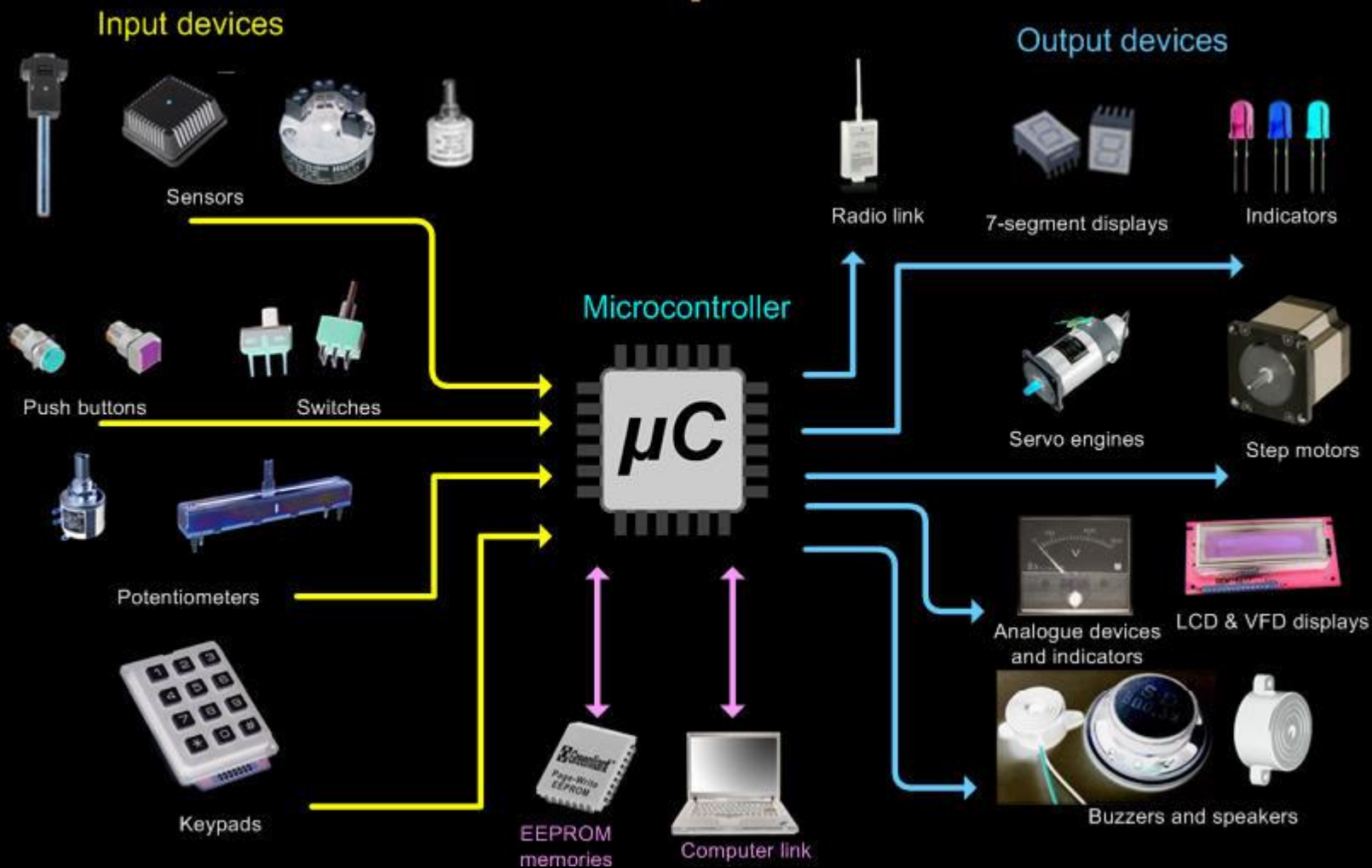
Interaction

Temps réel



# Electronique embarquée

Microcontrôleur, un composant à tout faire



Interaction

Temps réel



Système numérique

**UNITE DE CALCUL**



## Système numérique

**LOGICIEL**

**UNITE DE CALCUL**

**ALIMENTATIONS**





## Système numérique

UNITE DE CONTROLE

LOGICIEL

UNITE DE CALCUL

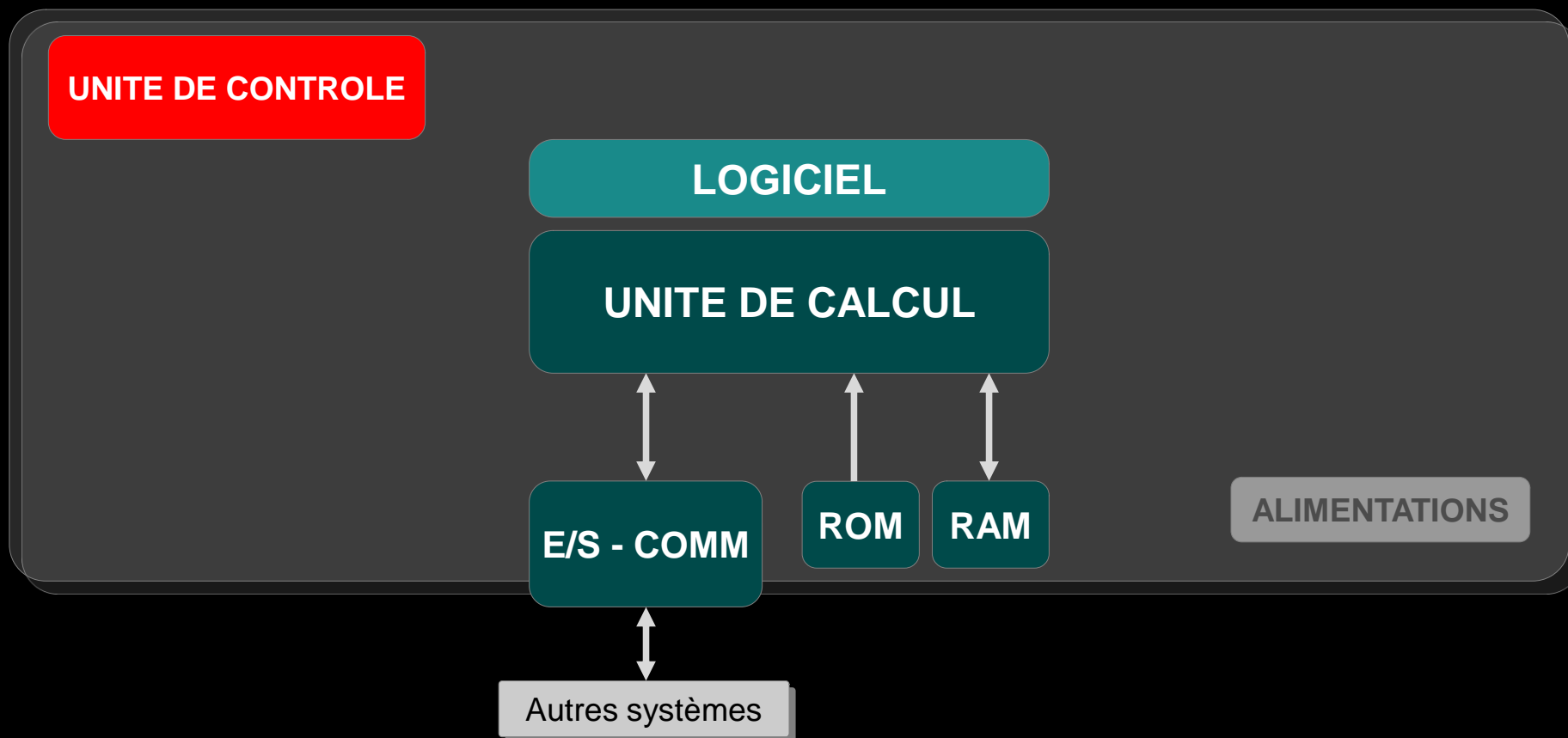
ROM

RAM

ALIMENTATIONS



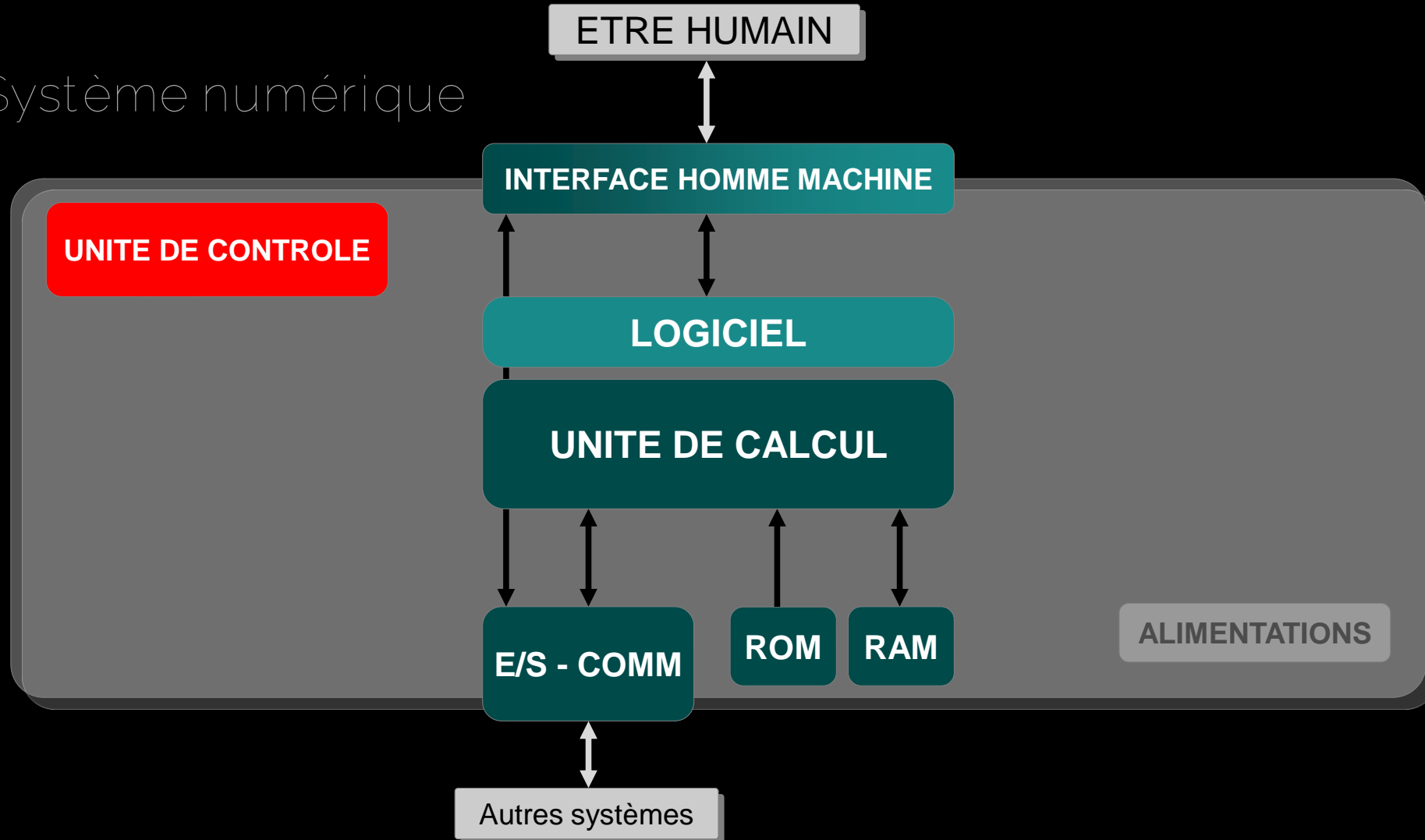
## Système numérique



# Electronique embarquée

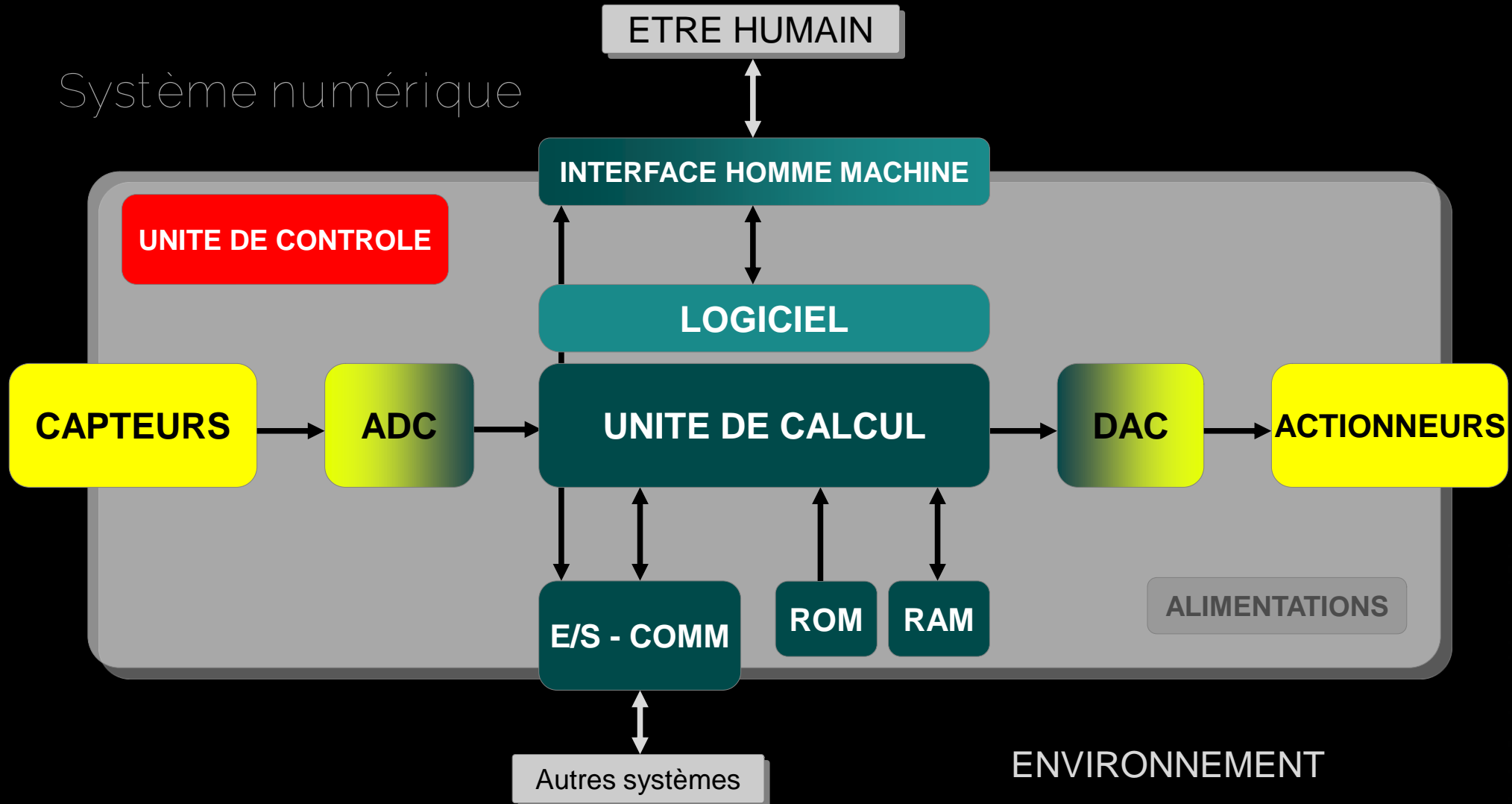
Microcontrôleur, un composant à tout faire

Système numérique



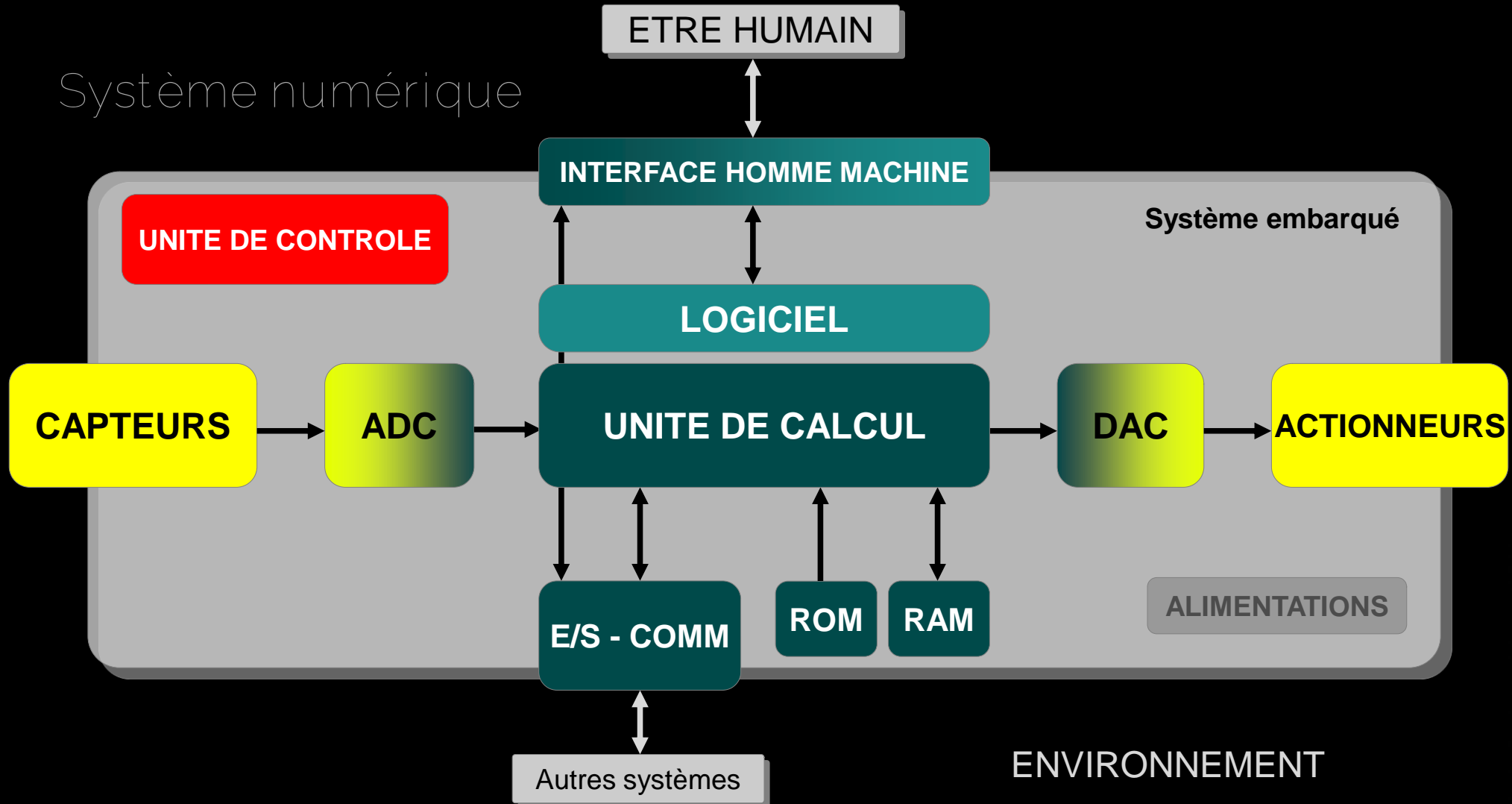
# Electronique embarquée

Microcontrôleur, un composant à tout faire



# Electronique embarquée

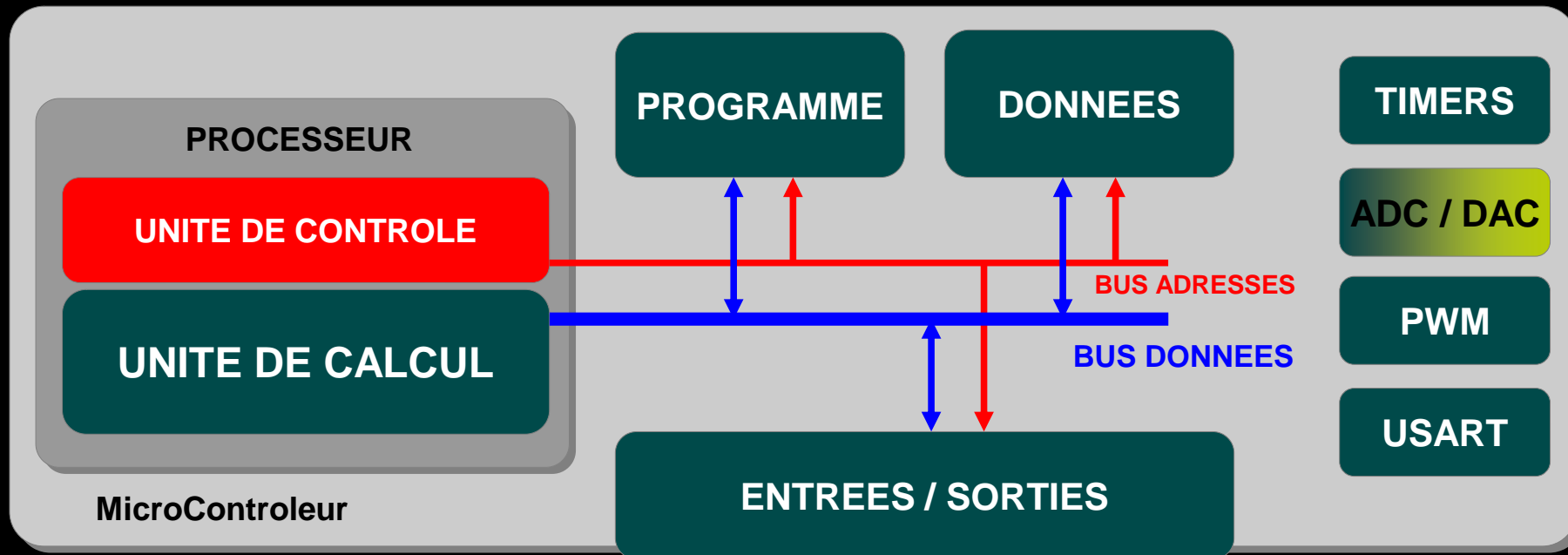
Microcontrôleur, un composant à tout faire



# Electronique embarquée

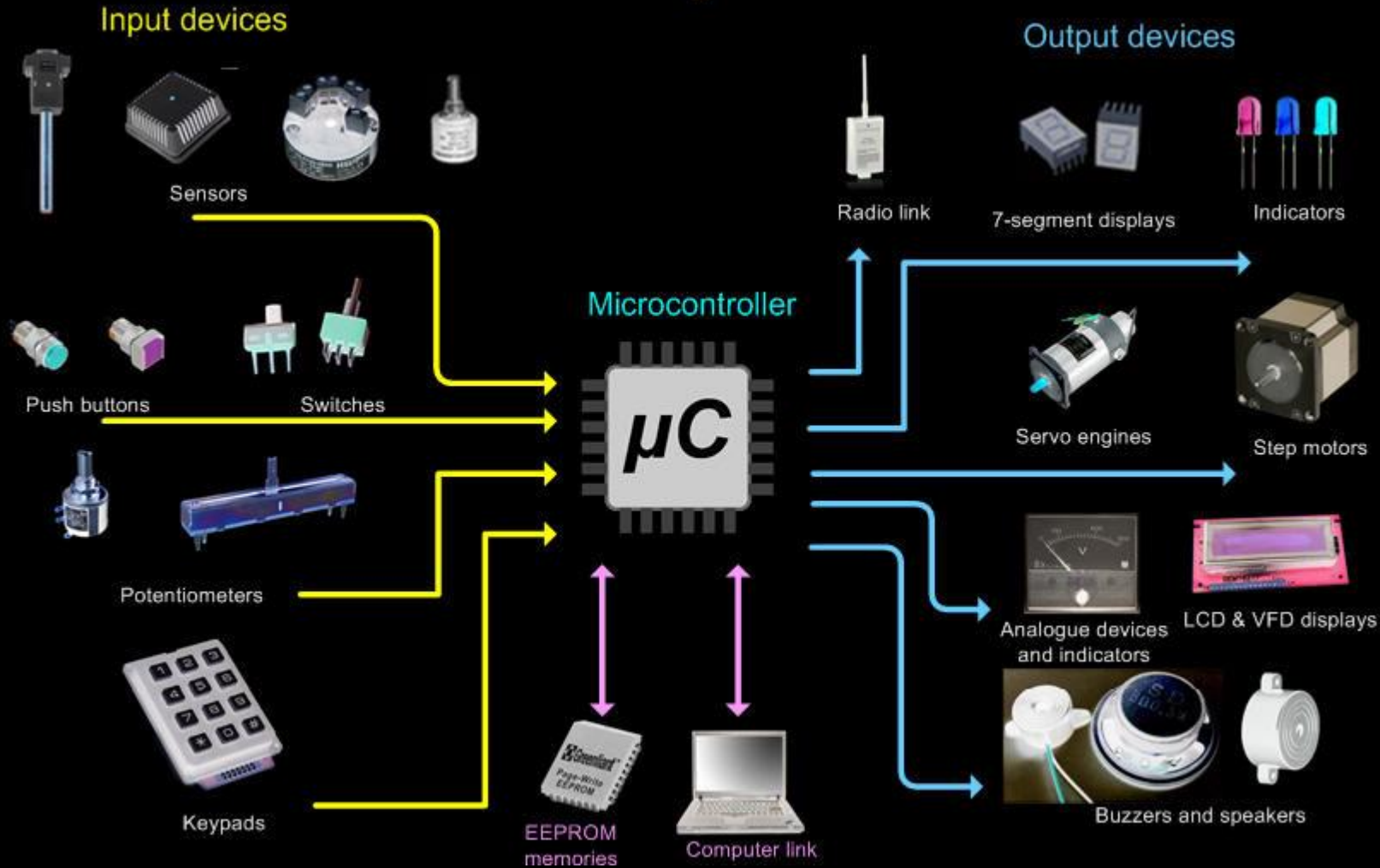
Microcontrôleur, un composant à tout faire

## Microcontrôleur



# Electronique embarquée

Microcontrôleur, un composant à tout faire



Interaction

Temps réel





# Conception Electronique

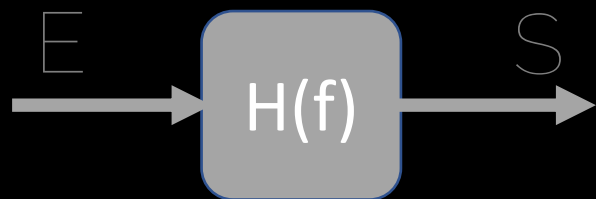
*pour le Traitement de l'Information*

Julien VILLEMEJANE

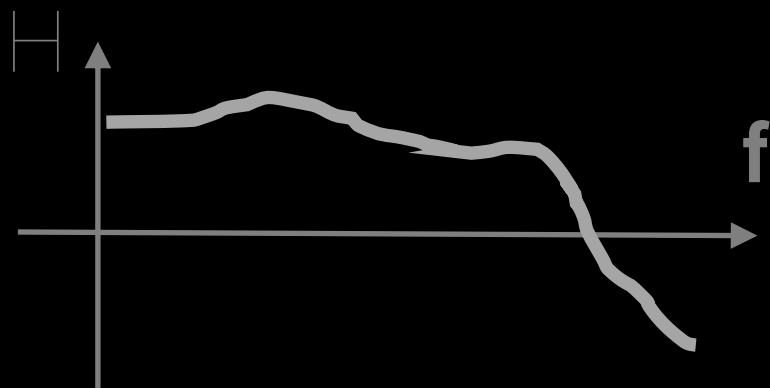




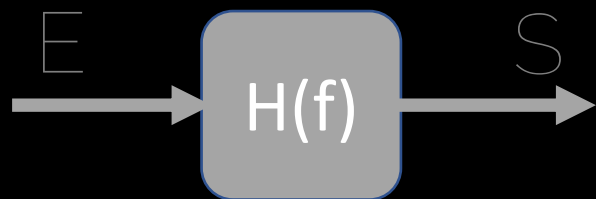
Systèmes



Transfert de l'énergie

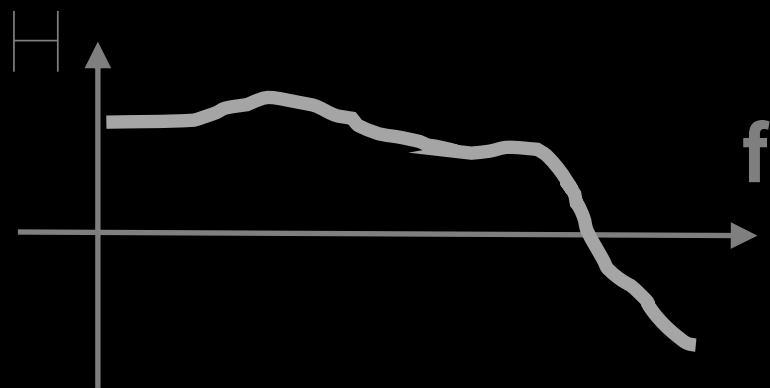


Systèmes

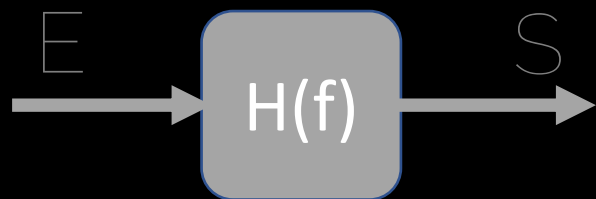


Transfert de l'énergie

## REPONSE HARMONIQUE (Diagramme de Bode)

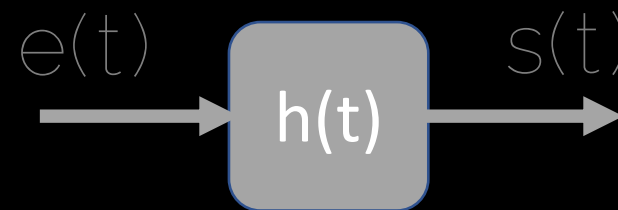
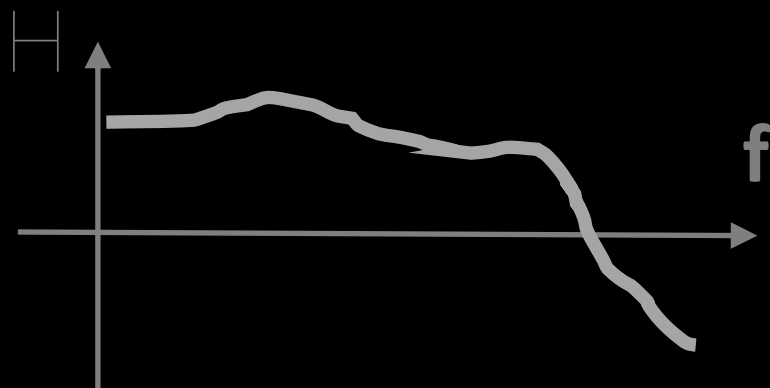


## Systèmes



Transfert de l'énergie

**REPONSE HARMONIQUE (Diagramme de Bode)**



**REPONSE IMPULSIONNELLE (dirac)**

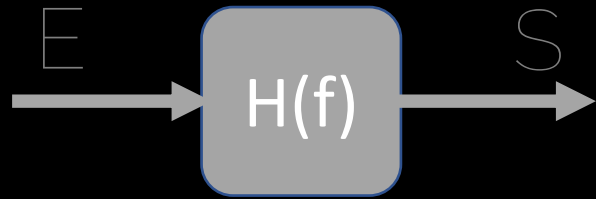
**REPONSE INDICIELLE (échelon)**



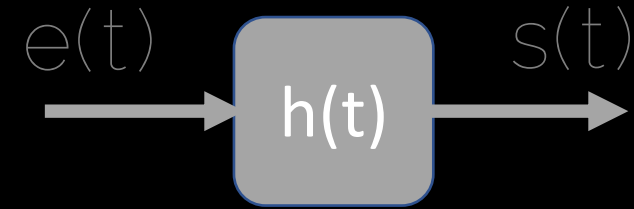
# Modèles en électronique

pour l'étude et la validation de fonctions

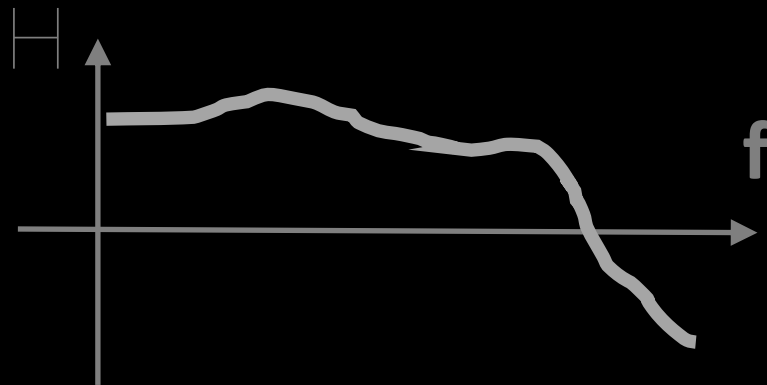
Systèmes



Transfert de l'énergie



**REPONSE HARMONIQUE (Diagramme de Bode)**



**REPONSE IMPULSIONNELLE (dirac)**



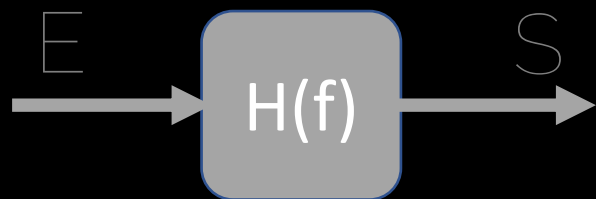
**REPONSE INDICIELLE (échelon)**



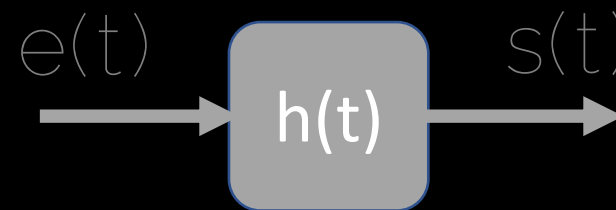
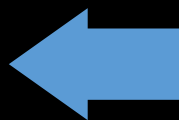
# Modèles en électronique

pour l'étude et la validation de fonctions

Systèmes



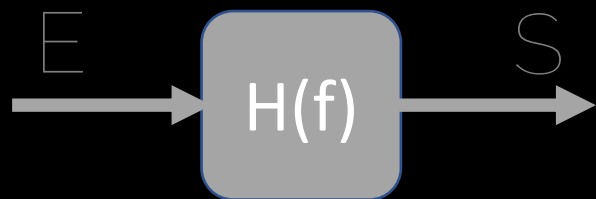
Transformée de  
Fourier / TF



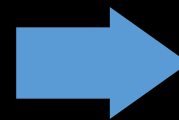
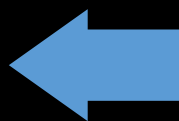
# Modèles en électronique

pour l'étude et la validation de fonctions

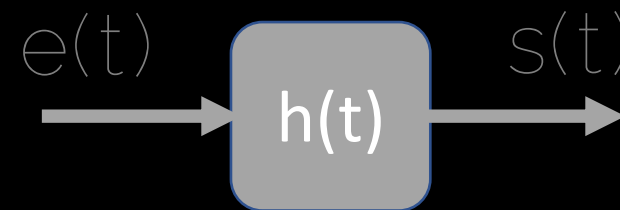
Systèmes



Transformée de  
Fourier / TF



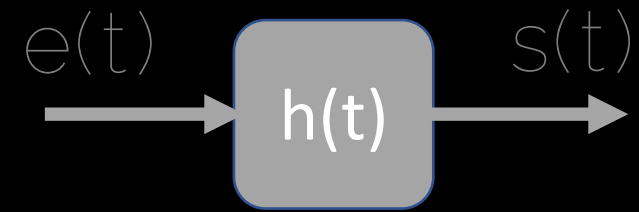
TF<sup>-1</sup>



# Modèles en électronique

pour l'étude et la validation de fonctions

Systèmes



$$s(t) = h(t) * e(t)$$

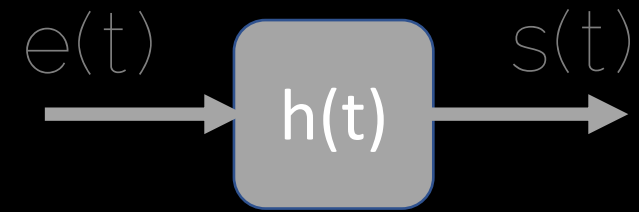
**convolution**



# Modèles en électronique

pour l'étude et la validation de fonctions

Systèmes



$$s(t) = h(t) * e(t)$$

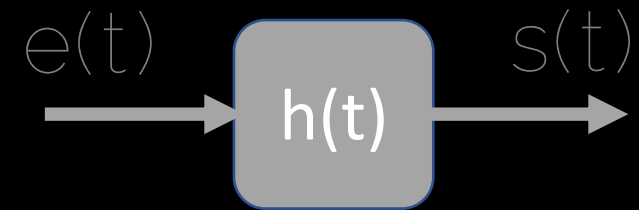




# Modèles en électronique

pour l'étude et la validation de fonctions

## Systèmes



$$s(t) = h(t) * e(t)$$

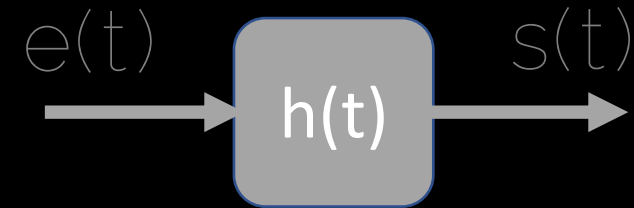
Si  $e(t) = \delta(t)$  (dirac)



# Modèles en électronique

pour l'étude et la validation de fonctions

## Systèmes



$$s(t) = h(t) * e(t)$$

Si  $e(t) = \delta(t)$  (dirac)

alors  $s(t) = h(t)$

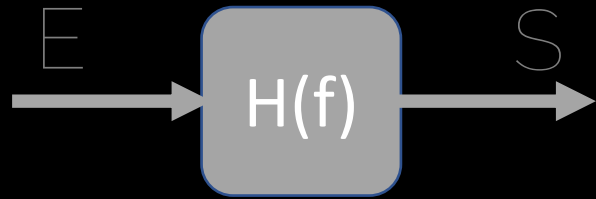
**REPONSE IMPULSIONNELLE (dirac)**



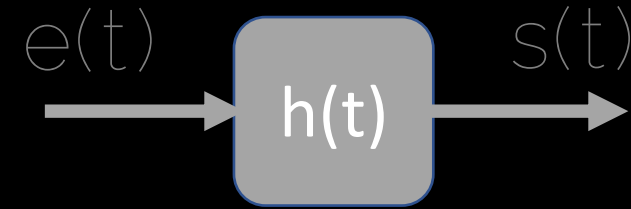
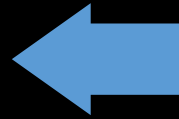
# Modèles en électronique

pour l'étude et la validation de fonctions

Systèmes



Transformée de  
Fourier / TF



$$s(t) = h(t) * e(t)$$

Si  $e(t) = \delta(t)$  (dirac)

alors  $s(t) = h(t)$

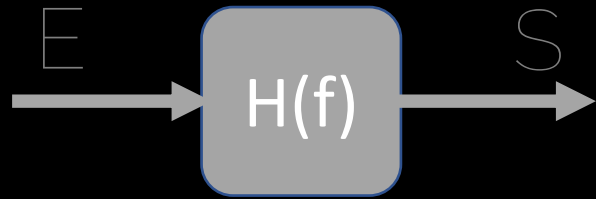
**REPONSE IMPULSIONNELLE (dirac)**



# Modèles en électronique

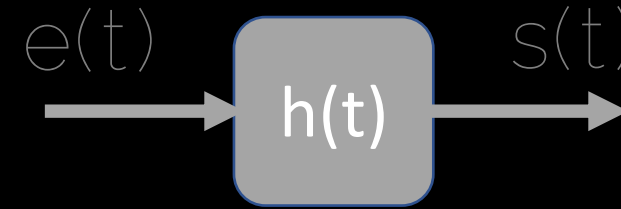
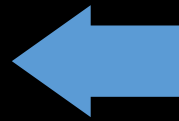
pour l'étude et la validation de fonctions

Systèmes



$$S(f) = H(f) \cdot E(f)$$

Transformée de  
Fourier / TF



$$s(t) = h(t) * e(t)$$

Si  $e(t) = \delta(t)$  (dirac)

alors  $s(t) = h(t)$

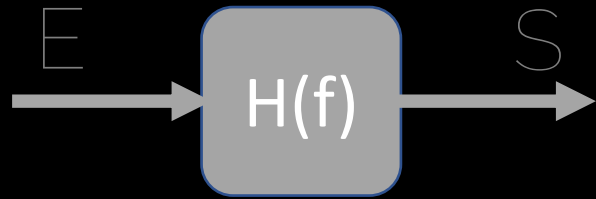
**REPONSE IMPULSIONNELLE (dirac)**



# Modèles en électronique

pour l'étude et la validation de fonctions

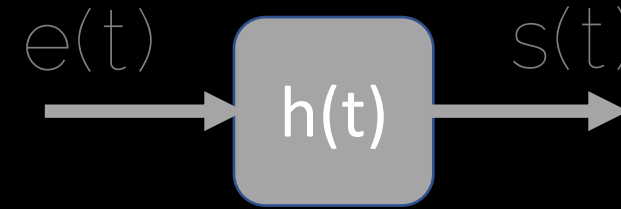
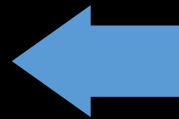
Systèmes



$$S(f) = H(f) \cdot E(f)$$

**multiplication**

Transformée de  
Fourier / TF



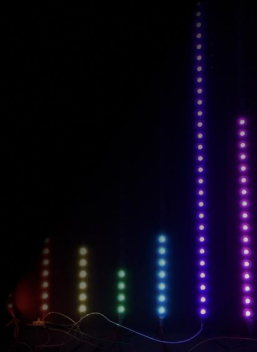
$$s(t) = h(t) * e(t)$$

**convolution**

Si  $e(t) = \delta(t)$  (dirac)

alors  $s(t) = h(t)$

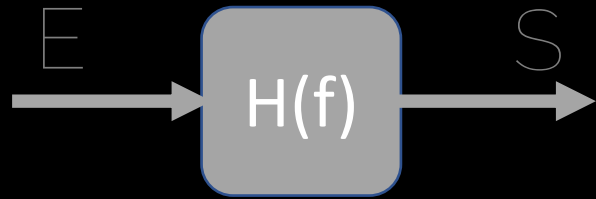
**REPONSE IMPULSIONNELLE (dirac)**



# Modèles en électronique

pour l'étude et la validation de fonctions

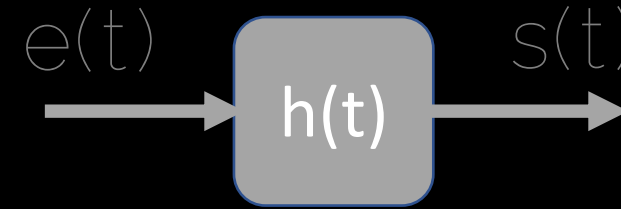
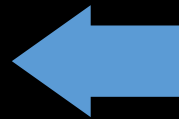
Systèmes



$$S(f) = H(f) \cdot E(f)$$

**multiplication**

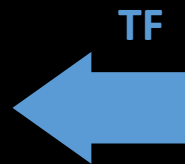
Transformée de  
Fourier / TF



$$s(t) = h(t) * e(t)$$

**convolution**

$H(f)$



Si  $e(t) = \delta(t)$  (dirac)

alors  $s(t) = h(t)$

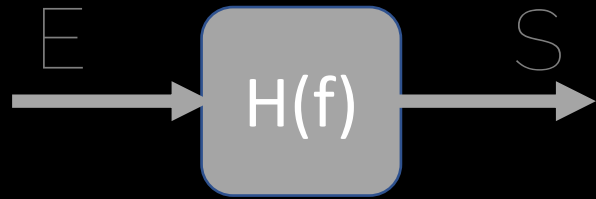
**REPONSE IMPULSIONNELLE (dirac)**



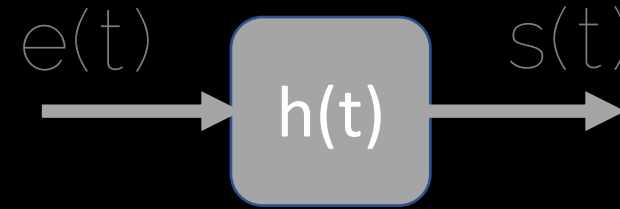
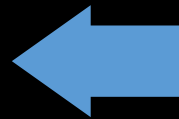
# Modèles en électronique

pour l'étude et la validation de fonctions

Systèmes



Transformée de  
Fourier / TF



$$S(f) = H(f) \cdot E(f)$$

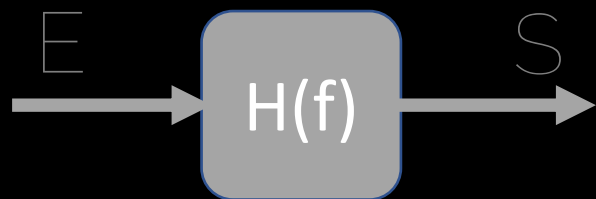
**multiplication**

$$s(t) = h(t) * e(t)$$

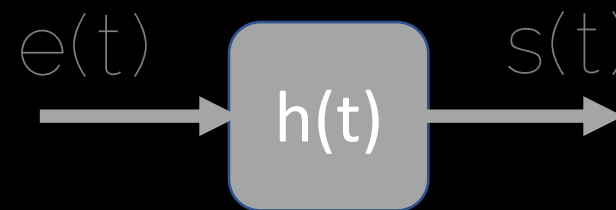
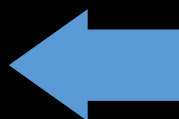
**convolution**



Systèmes



Transformée de  
Fourier / TF



$$S(f) = H(f) \cdot E(f)$$

**multiplication**

$$s(t) = h(t) * e(t)$$

**convolution**

Si  $E(f) = \mathbf{1}$

alors  $S(f) = \mathbf{H(f)}$

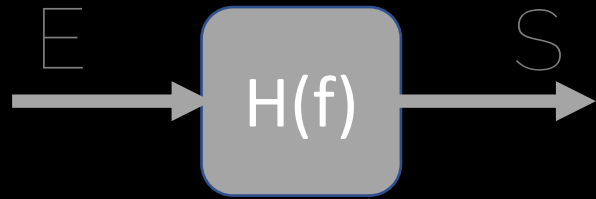




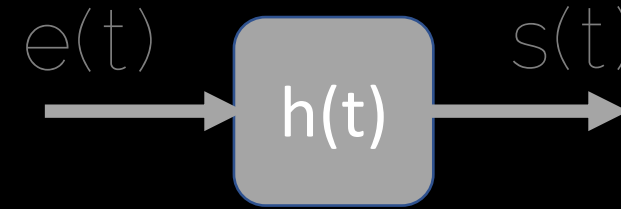
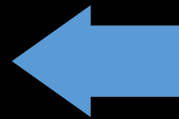
# Modèles en électronique

pour l'étude et la validation de fonctions

Systèmes



Transformée de  
Fourier / TF



$$S(f) = H(f) \cdot E(f)$$

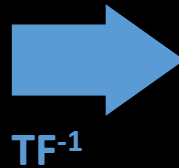
**multiplication**

$$s(t) = h(t) * e(t)$$

**convolution**

Si  $E(f) = 1$

alors  $S(f) = H(f)$



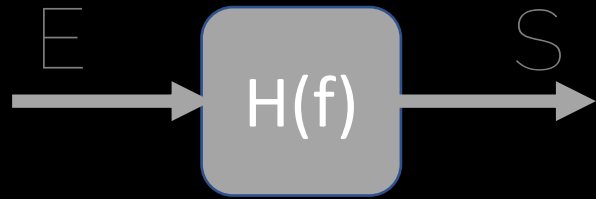
TF<sup>-1</sup>



# Modèles en électronique

pour l'étude et la validation de fonctions

Systèmes

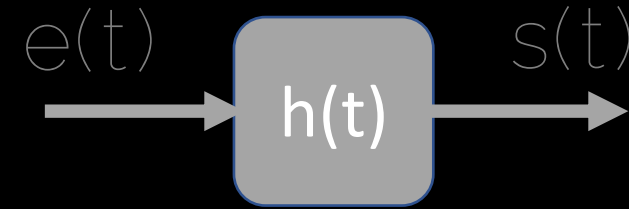
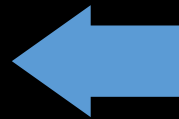


$$S(f) = H(f) \cdot E(f)$$

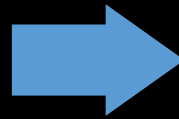
Si  $E(f) = 1$

alors  $S(f) = \mathbf{H(f)}$

Transformée de  
Fourier / TF



$$s(t) = h(t) * e(t)$$



TF<sup>-1</sup>



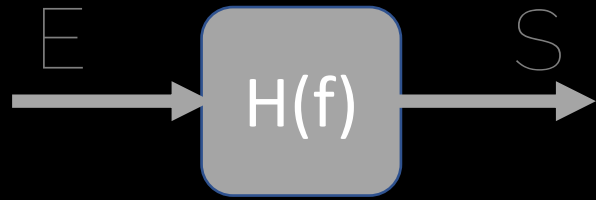
**SAIT-ON TRAVAILLER DANS CET ESPACE ?**



# Modèles en électronique

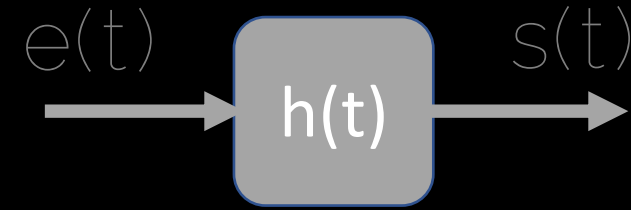
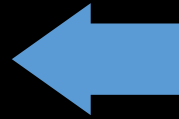
pour l'étude et la validation de fonctions

Systèmes



$$S(f) = H(f) \cdot E(f)$$

Transformée de  
Fourier / TF



$$s(t) = h(t) * e(t)$$

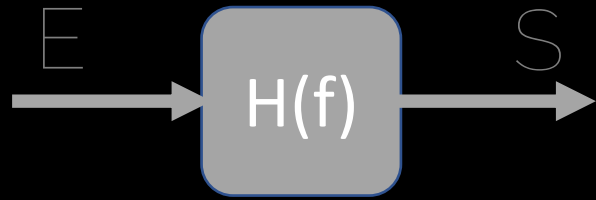
$$\text{Si } e(t) = \sin(2 \pi f_0 t)$$



# Modèles en électronique

pour l'étude et la validation de fonctions

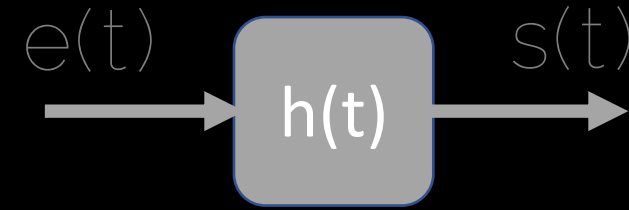
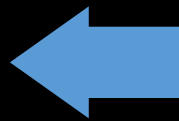
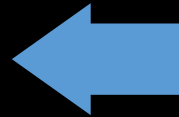
Systèmes



$$S(f) = H(f) \cdot E(f)$$

z.i.  $E(f) = \delta(f-f_0) - \delta(f+f_0)$

Transformée de  
Fourier / TF



$$s(t) = h(t) * e(t)$$

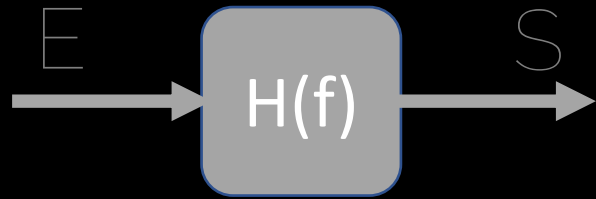
Si  $e(t) = \sin(2 \pi f_0 t)$



# Modèles en électronique

pour l'étude et la validation de fonctions

Systèmes

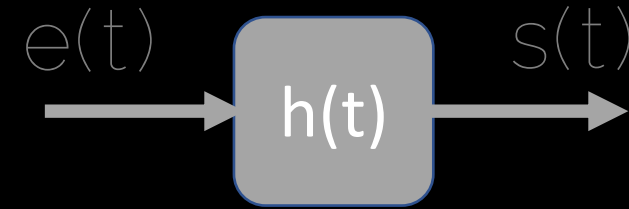
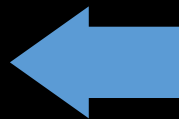
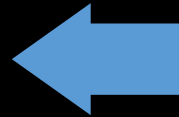


$$S(f) = H(f) \cdot E(f)$$

z.i.  $E(f) = \delta(f-f_0) - \delta(f+f_0)$

$$E(f) \approx \delta(f+f_0)$$

Transformée de  
Fourier / TF



$$s(t) = h(t) * e(t)$$

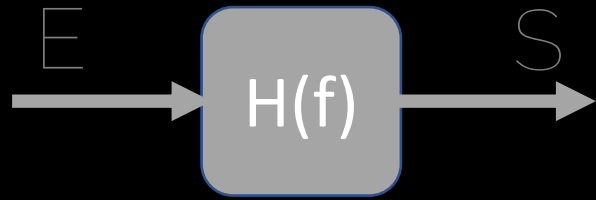
Si  $e(t) = \sin(2 \pi f_0 t)$



# Modèles en électronique

pour l'étude et la validation de fonctions

Systèmes



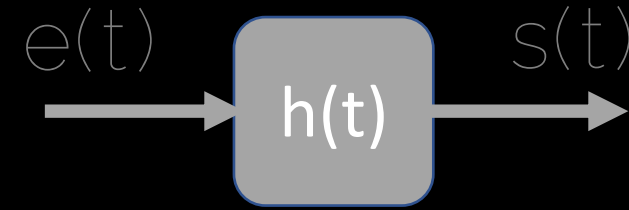
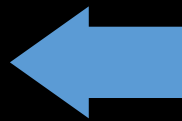
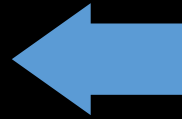
$$S(f) = H(f) \cdot E(f)$$

z.i.  $E(f) = \delta(f-f_0) - \delta(f+f_0)$

$$E(f) \approx \delta(f+f_0)$$

alors  $S(f) = H(f_0)$

Transformée de  
Fourier / TF



$$s(t) = h(t) * e(t)$$

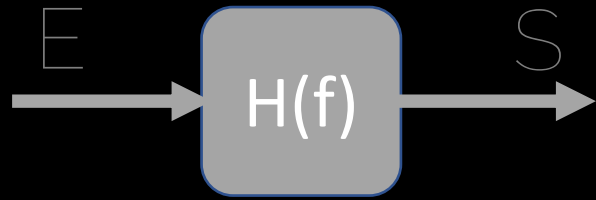
Si  $e(t) = \sin(2 \pi f_0 t)$



# Modèles en électronique

pour l'étude et la validation de fonctions

Systèmes



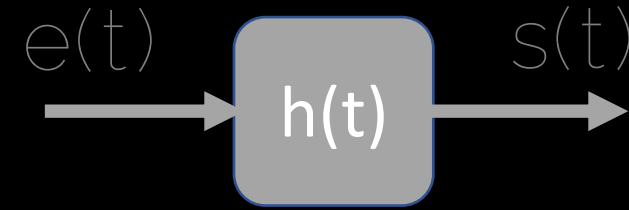
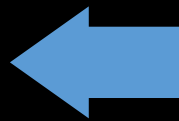
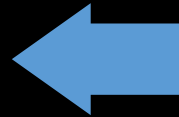
$$S(f) = H(f) \cdot E(f)$$

z.i.  $E(f) = \delta(f-f_0) - \delta(f+f_0)$

$$E(f) \approx \delta(f+f_0)$$

alors  $S(f) = H(f_0)$

Transformée de  
Fourier / TF



$$s(t) = h(t) * e(t)$$

Si  $e(t) = \sin(2 \pi f_0 t)$



**REPONSE HARMONIQUE (Diagramme de Bode)**

