



# Conception Electronique

*pour le Traitement de l'Information*

Julien VILLEMEJANE



## 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

TD 1	Bases de l'électronique
TD 2	Pré-amplification / ALI
TD 4	Simulation / Filtrage actif
TD 3	LED
TD 6	Capteurs et mise en forme
TD 7	Photodétection
TD 8	Conversion Analog./Num.
TD 5	Filtrage actif intégré

TP

Thème 1 2 séances	<b>Système de photodétection</b> LED transimpédance photodiode étude harmonique
Thème 2 2 séances	<b>Numérique</b> microcontrôleur PWM CAN/CNA commande
Thème 3 2 séances	<b>Sonolux</b> mise en forme calculs temps réel FFT

instrumentation

documentation



Modalités  
Ressources  
Supports TD/TP

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

Traitement de l'Information

Responsable ICI Lang C LA Sylvie LEBRUN

Responsable Pédagogique LEnSE Fabienne BERNARD

Responsable ICI Electronique S206 Julien VILLEMEJANE

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

Lang C

CéTI

ProtIS

CONCEPTION ELECTRONIQUE

Objectifs pédagogiques

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

Contenus théoriques

- Les composants électroniques
- Les lois fondamentales de l'électronique
- Les circuits linéaires
- Les circuits non linéaires
- Les circuits numériques

Contenus pratiques

- Le montage électronique
- Le câblage électronique
- Le soudage électronique
- Le test électronique
- Le débogage électronique

Conception Electronique pour le Traitement de l'Information  
Julien VILLEMEJANE / Année universitaire 2020-2021  
10h01 / cours d'électronique fondamental

TD1

TD 1 / MAÎTRISER LES BASES DE L'ELECTRONIQUE

Objectifs pédagogiques

- À la fin de cette formation, les étudiants seront capables de :
  - analyser les circuits électroniques de l'électronique analogique :
    - circuits / transistors / pentodes
    - diodes / redresseurs
  - analyser et appliquer les lois fondamentales de l'électronique :
    - Loi de Kirchhoff / Association de résistances / Millman
  - analyser et analyser la réponse temporelle d'un réseau simple
  - analyser et appliquer les principes fondamentaux de montage pour :
    - la caractérisation temporelle d'un diode
    - la caractérisation temporelle d'un système linéaire du premier ordre

Contenus théoriques

- Les circuits linéaires (en temps continu)
  - Cours de Frank Dehoete [1], PARTIE A / Electronique Analogique
- Statut de TD1
- Statut de TPI (module TP-GTI)

Références

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





# Conception Electronique

pour le Traitement de l'Information

Julien VILLEMEJANE



Concevoir un système électronique

## ASSEMBLAGE DE FONCTIONS

Amplifier

Filtrer

Générer

Stocker

UTILISER

CARACTERISER

VALIDER

Documentation technique

Instrumentation

Protocoles de mesure



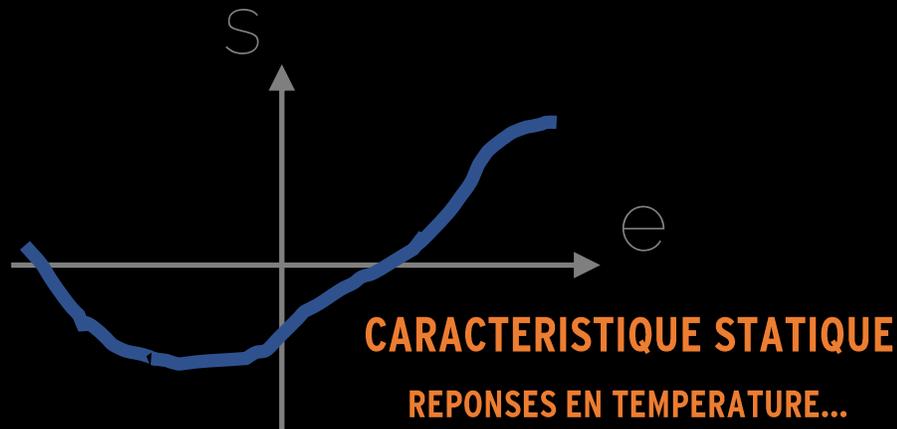
# Des fonctions différentes

Qui nécessitent des protocoles de mesure différents

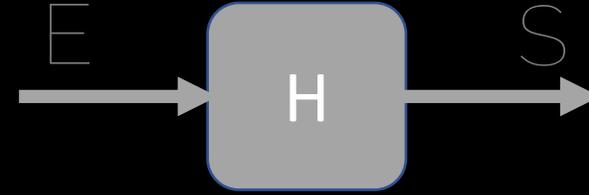
## DIPÔLES / CAPTEURS



Transforment une grandeur physique en une autre



## SYSTEMES

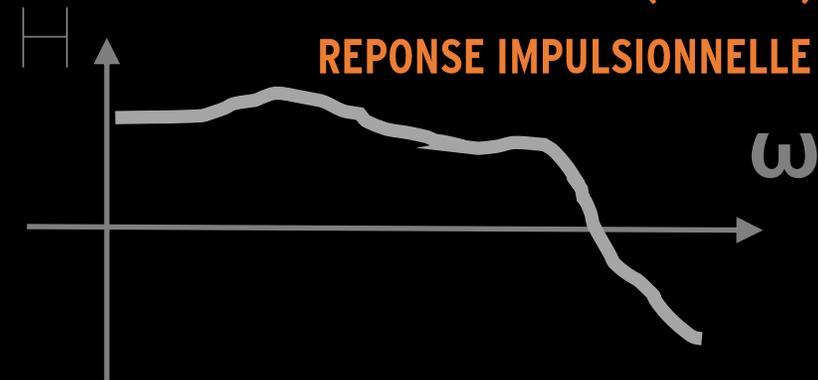


Transfèrent de l'énergie

**REPONSE HARMONIQUE (Diagramme de Bode)**

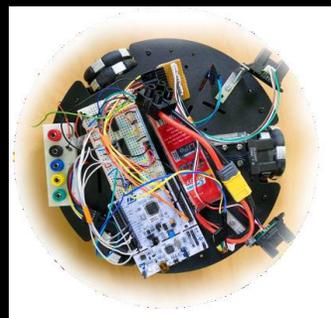
**REPONSE INDICIELLE (échelon)**

**REPONSE IMPULSIONNELLE (dirac)**



Ingénieur•e = constructeur•trice de systèmes

qui s'appuie sur des principes physiques  
pour les concevoir



# 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



# Expériences en physique

Et modèles...

## 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  
mélangent 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



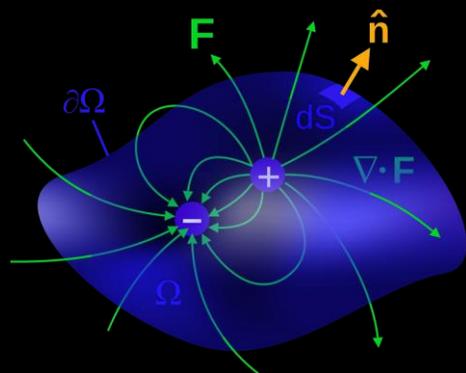
Eau + anis



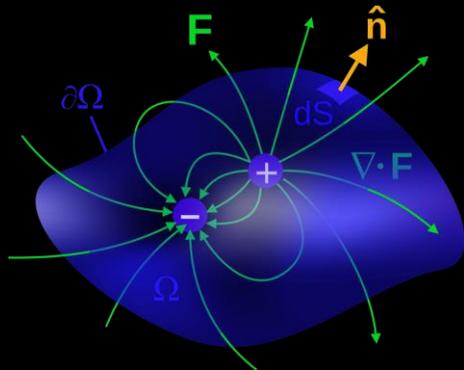
## Expérience



## Modèle mathématique



## Expérience



## Modèle mathématique

$$E = MC^2$$

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

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

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

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



# Expériences en physique

Et modèles...

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 »**

**en faisant varier un  
paramètre physique**

**« 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 »**

**« 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**

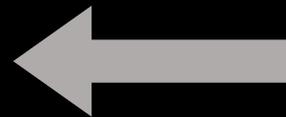
**dans de nouvelles  
conditions**

Modèle  
mathématique

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

**en fonction du  
paramètre**

**en généralisant**



PHYSICIEN.NE

Expérience



Modèle  
mathématique

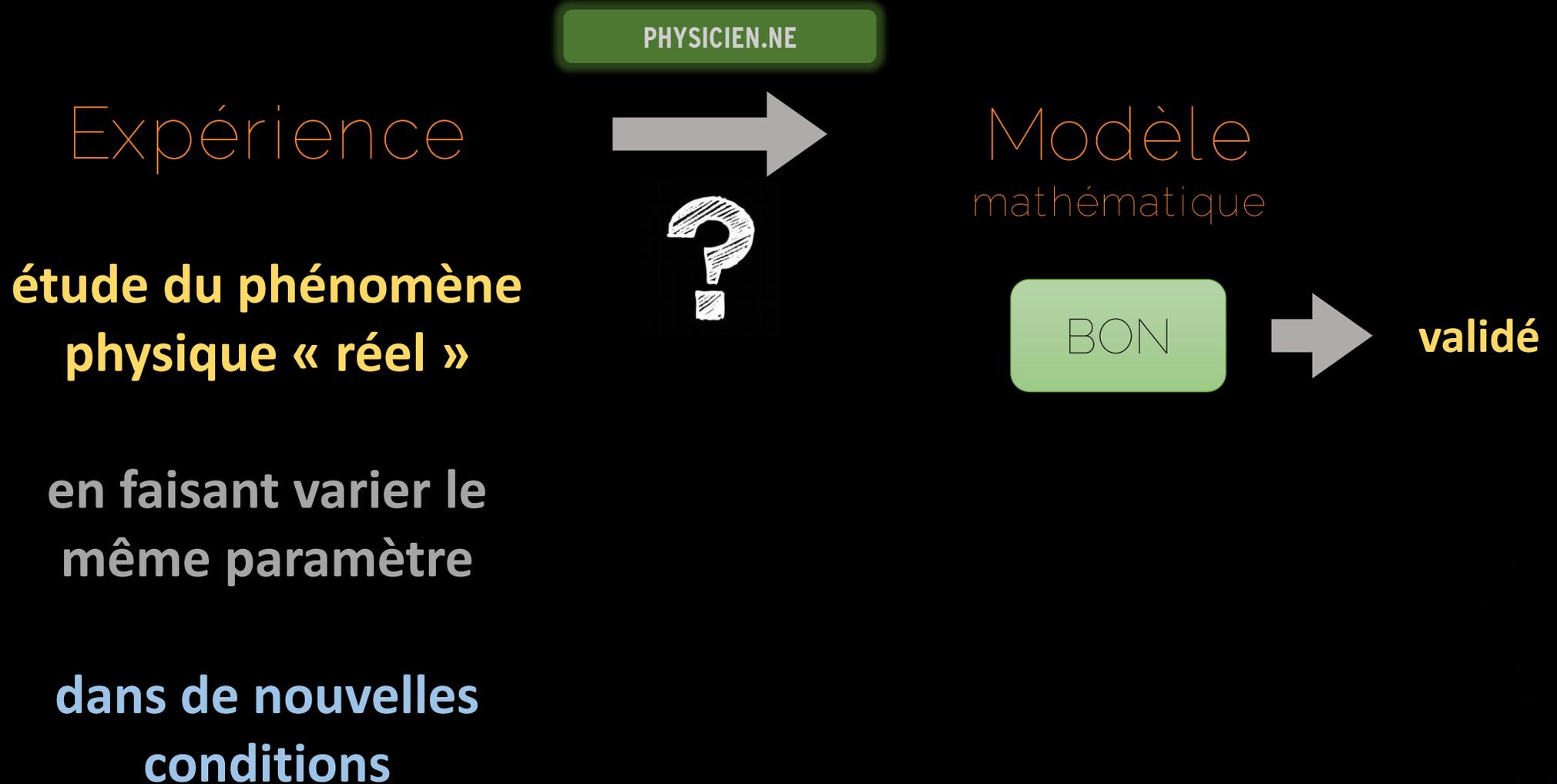


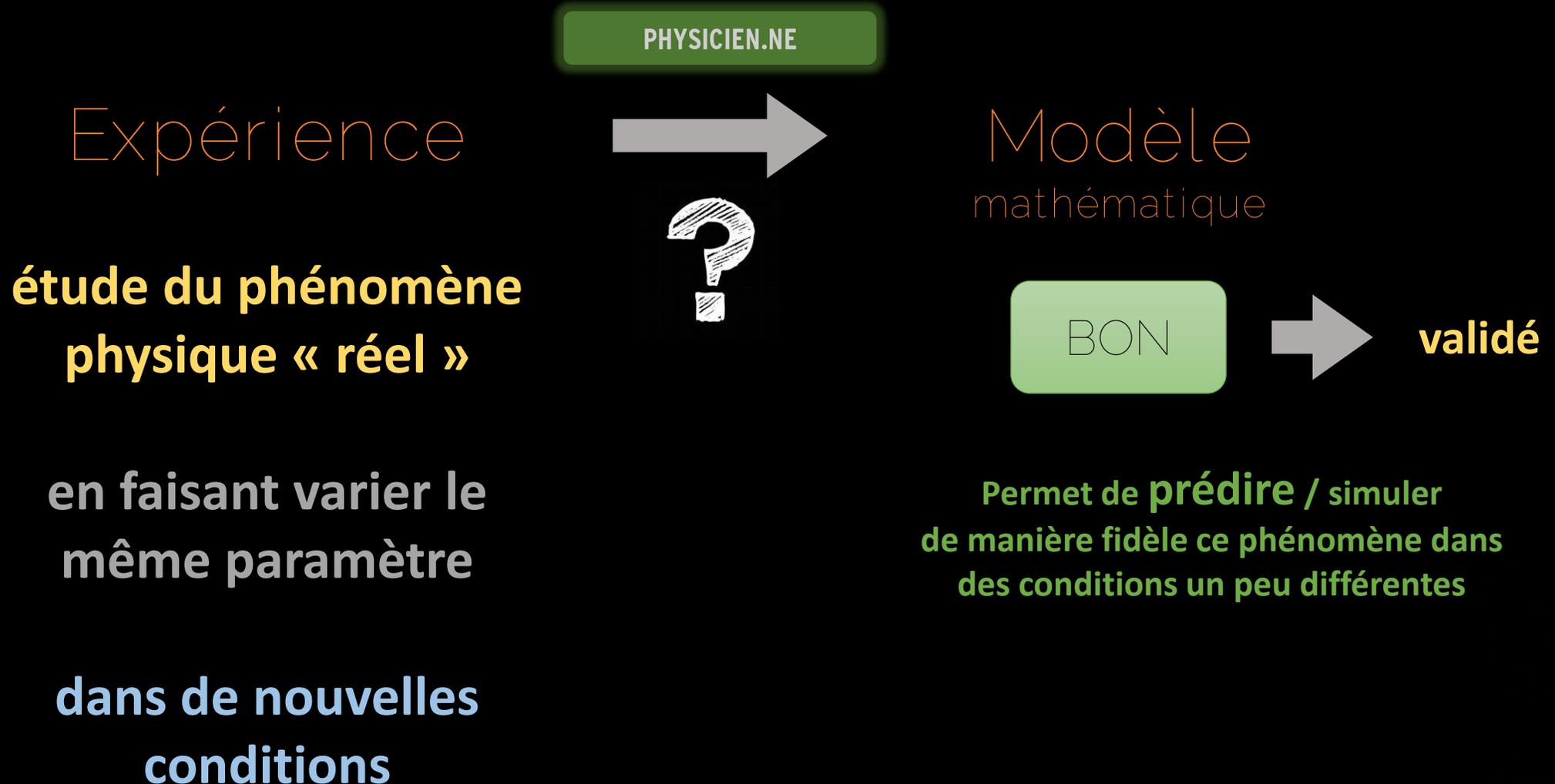
**étude du phénomène  
physique « réel »**

**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





# Modèles en électronique

pour l'étude et la validation de fonctions

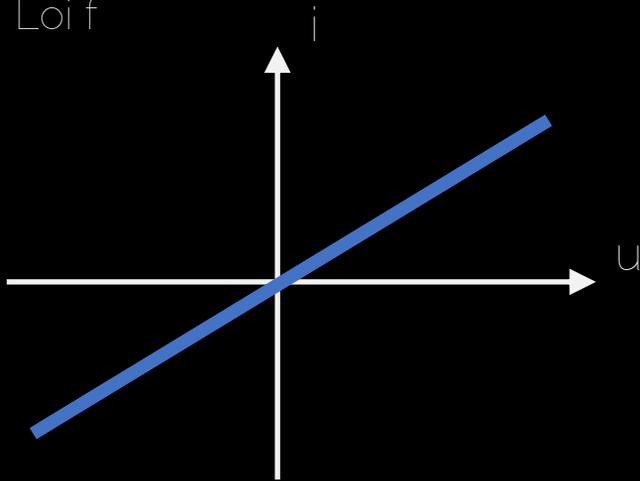
Julien VILLEMEJANE



Dipôles « standard »

## Résistance

Loi f



$$u = R \cdot i$$
$$Z_R = R$$

## Condensateur

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

$$Z_C = 1 / jC\omega$$

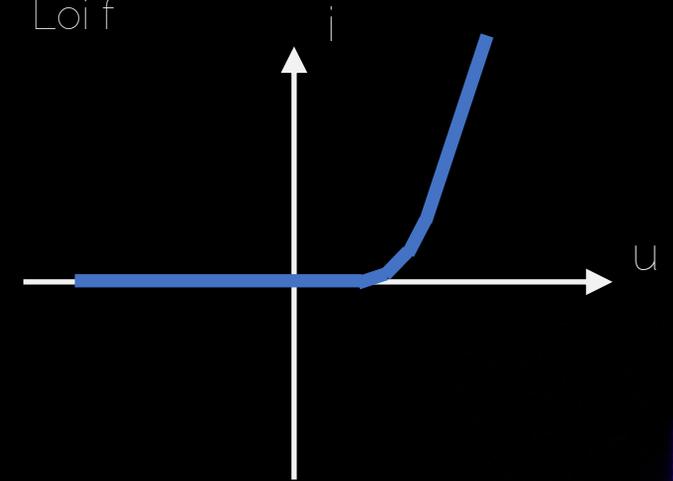
## Inductance

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

$$Z_L = jL\omega$$

## Diode

Loi f



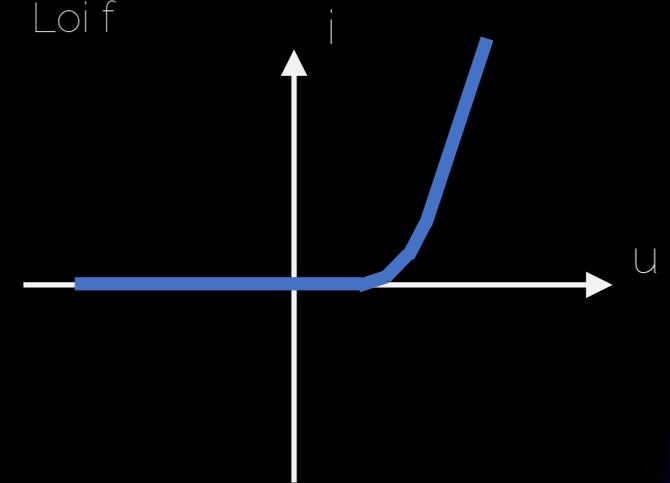
$$i = I_0 [ \exp(u / n \cdot V_0) - 1 ]$$



Dipôles « standard »

Diode

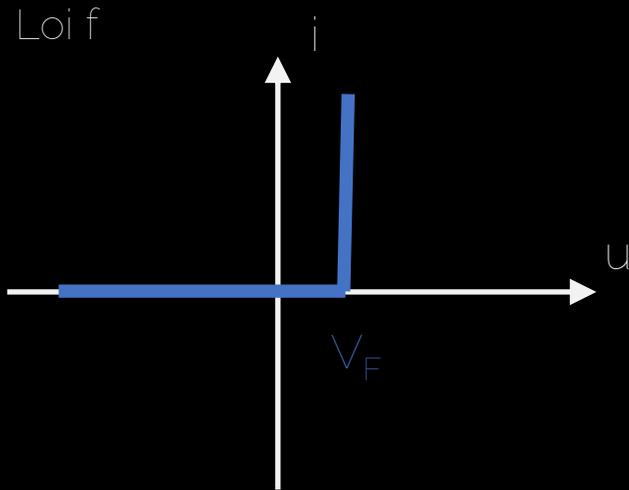
Loi f



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



Dipôles « standard »

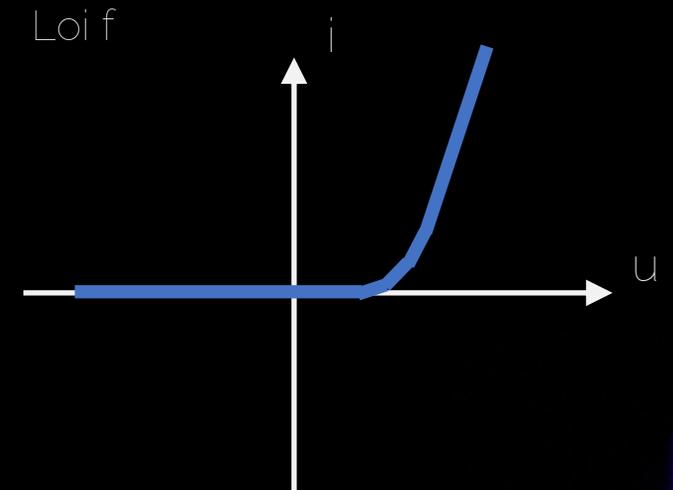


$$i > 0 \text{ si } u > V_F \\ \text{sinon } i = 0$$

selon les cas  
simplification  
possible



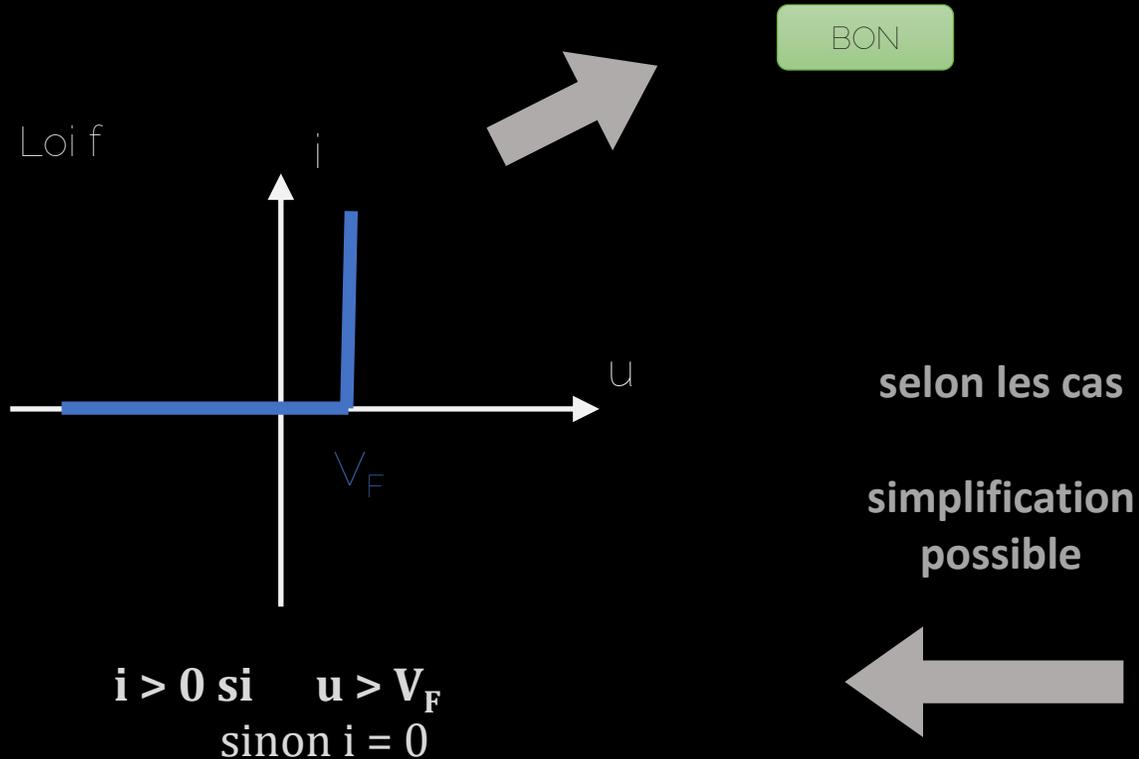
Diode



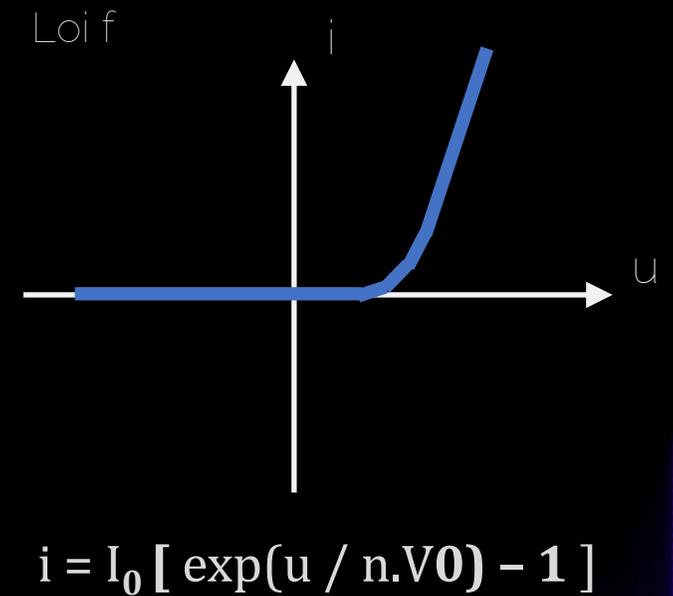
$$i = I_0 [ \exp(u / n.V_0) - 1 ]$$



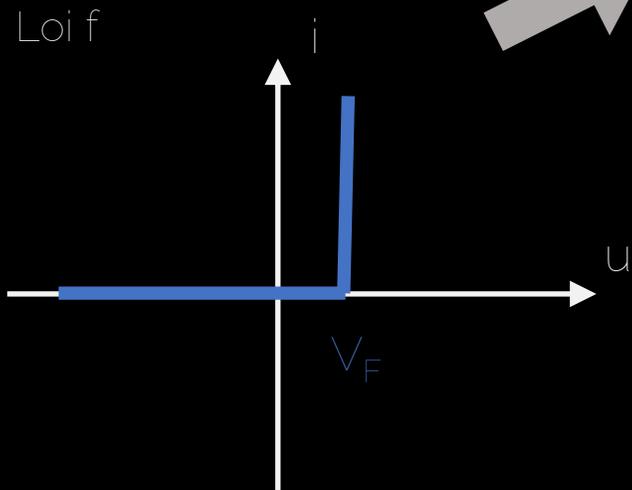
## Dipôles « standard »



## Diode



Dipôles « standard »



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

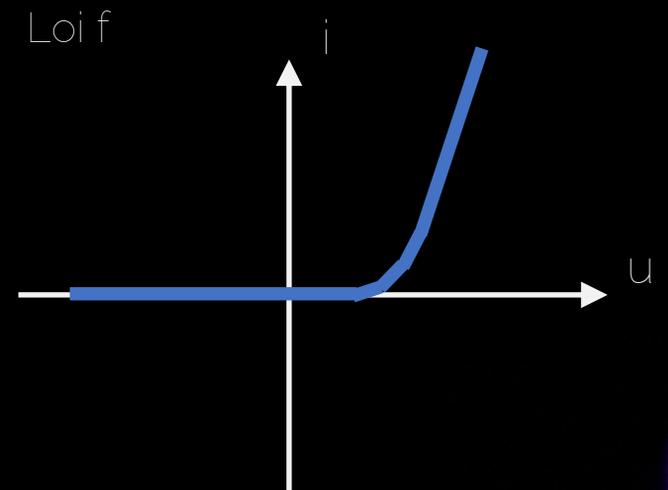
MAUVAIS



selon les cas

simplification  
possible

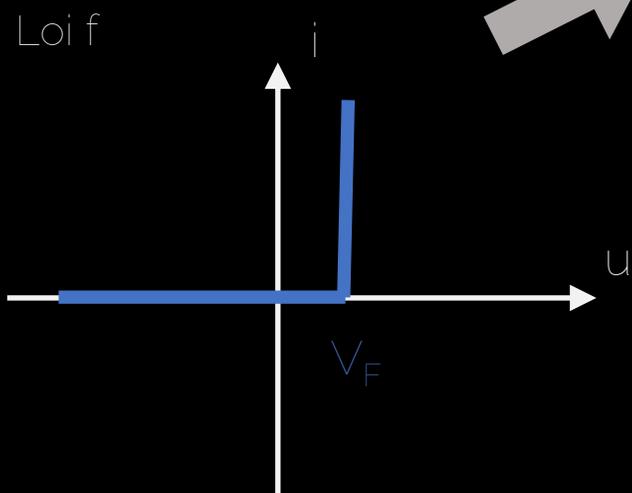
Diode



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



Dipôles « standard »



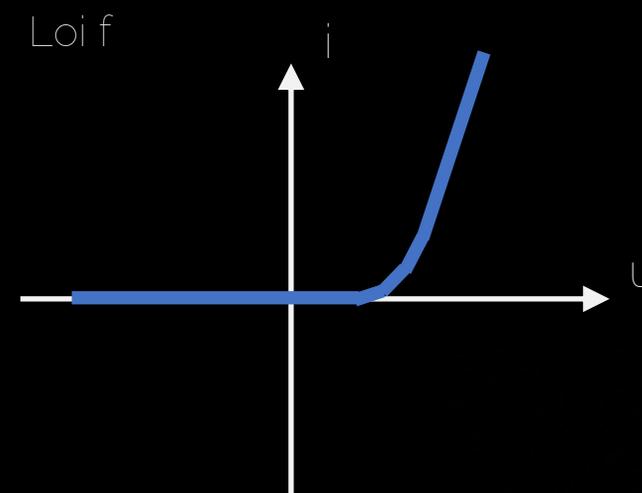
$$i > 0 \text{ si } u > V_F$$

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

MAUVAIS



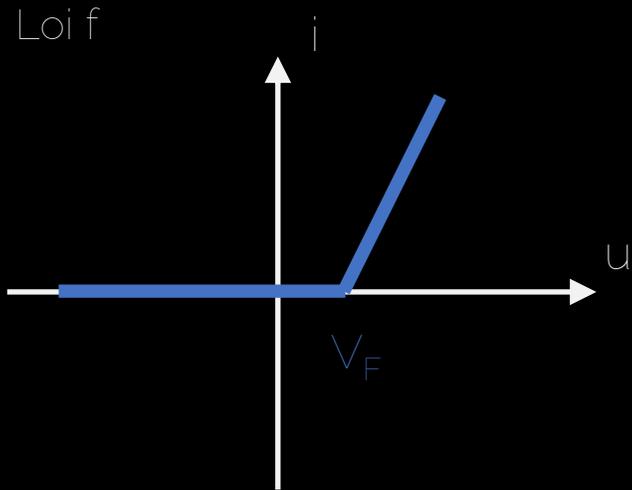
Diode



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



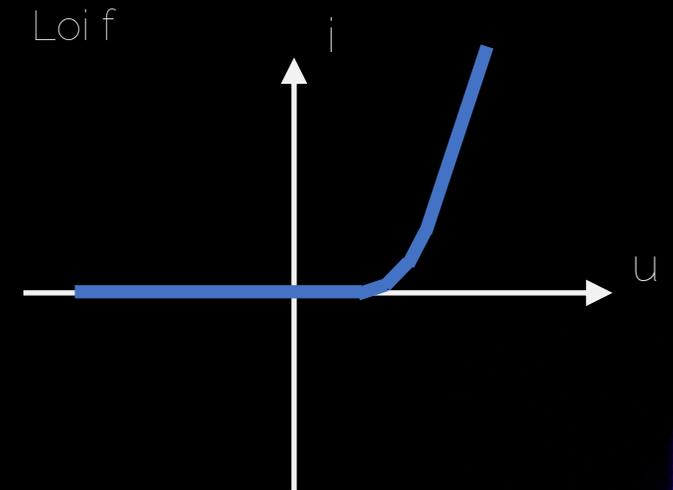
Dipôles « standard »



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



Diode

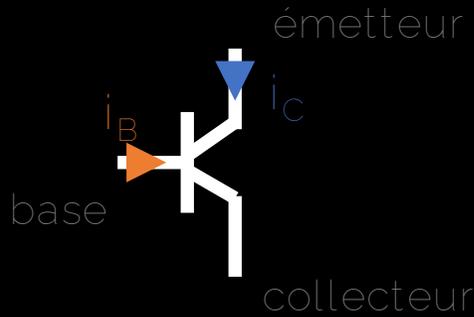


$$i = I_0 [ \exp(u / n.V_0) - 1 ]$$



Composants « standards »

## BIPOLAIRES



## A EFFET DE CHAMP (fet)

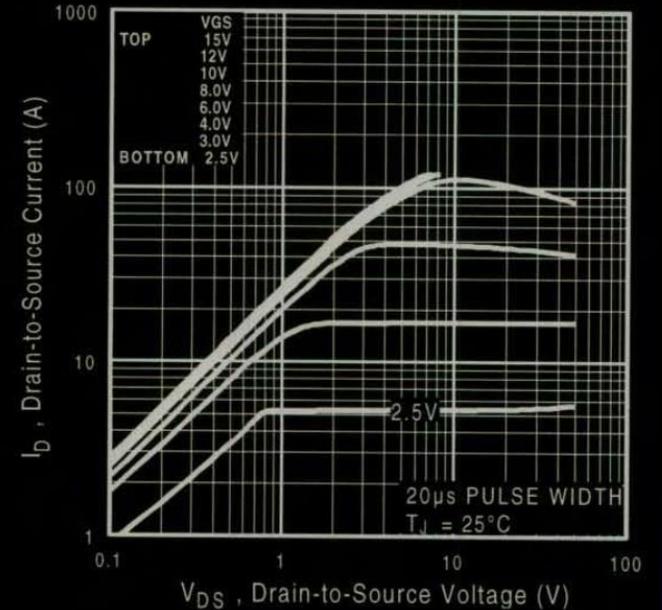
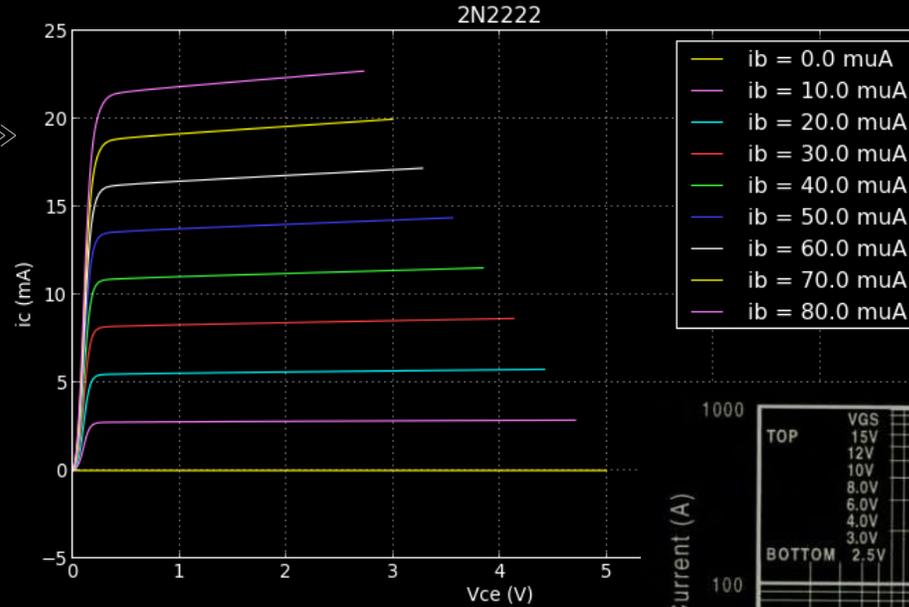
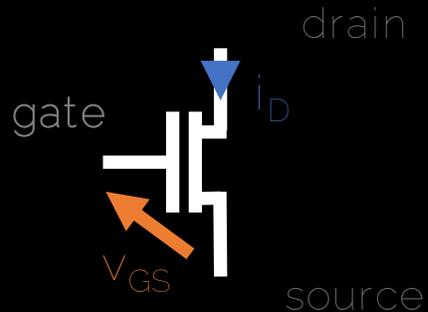
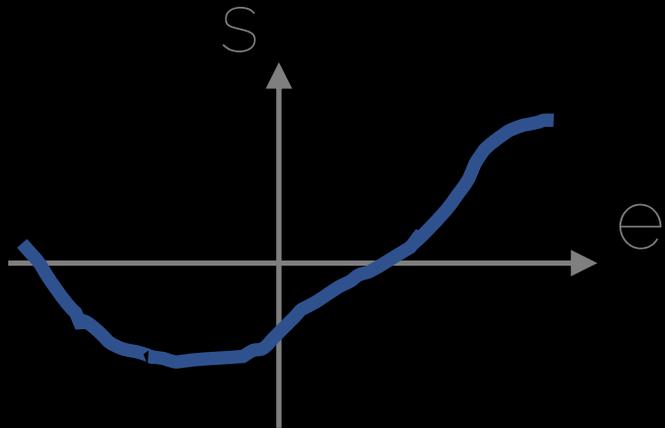


Fig 1. Typical Output Characteristics

## Capteurs



Transforment une grandeur  
physique en une autre

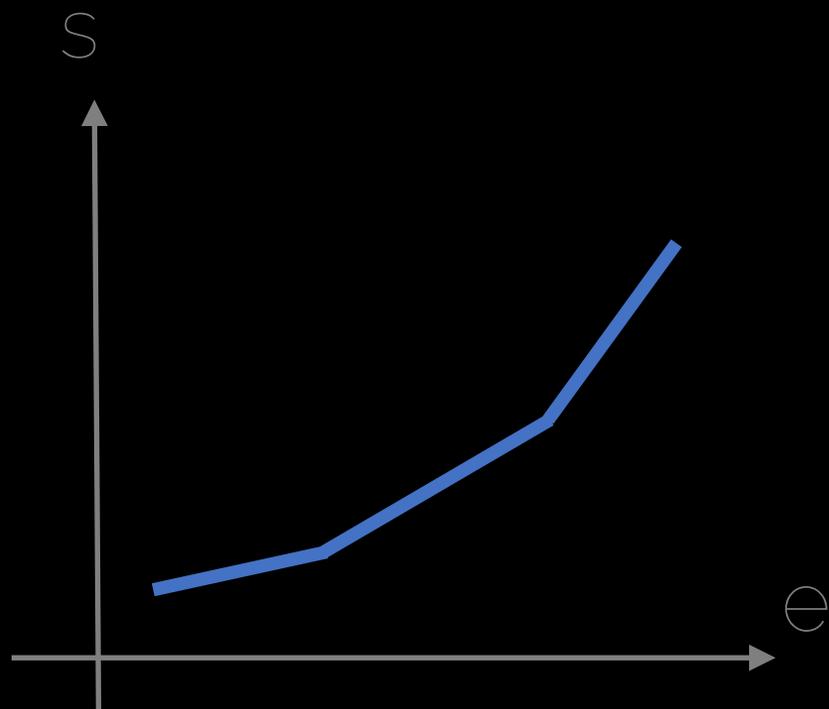


## Capteurs



Transforment une grandeur  
physique en une autre

➤ la grandeur physique observée



# Modèles en électronique

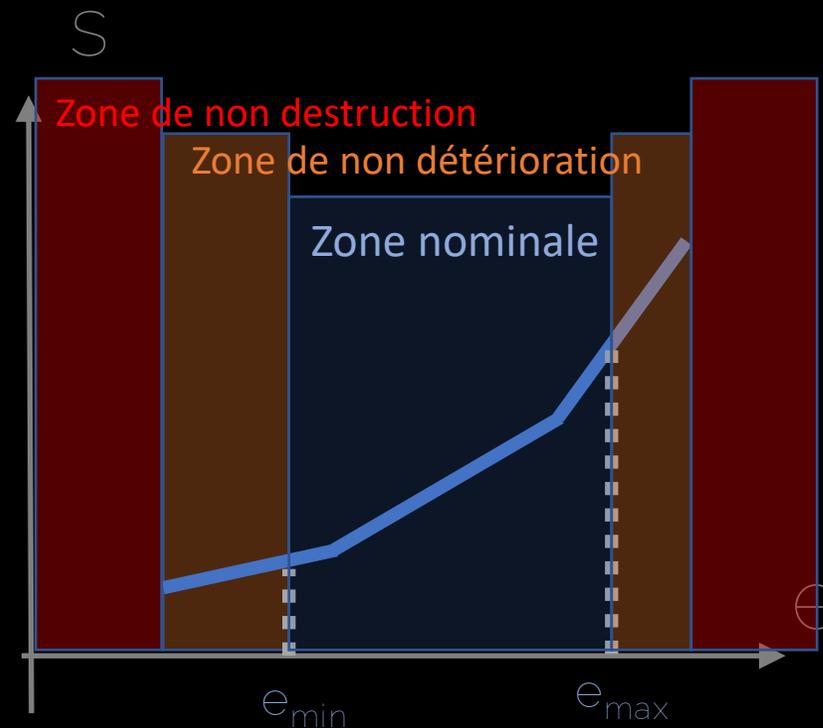
pour l'étude et la validation de fonctions

## 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

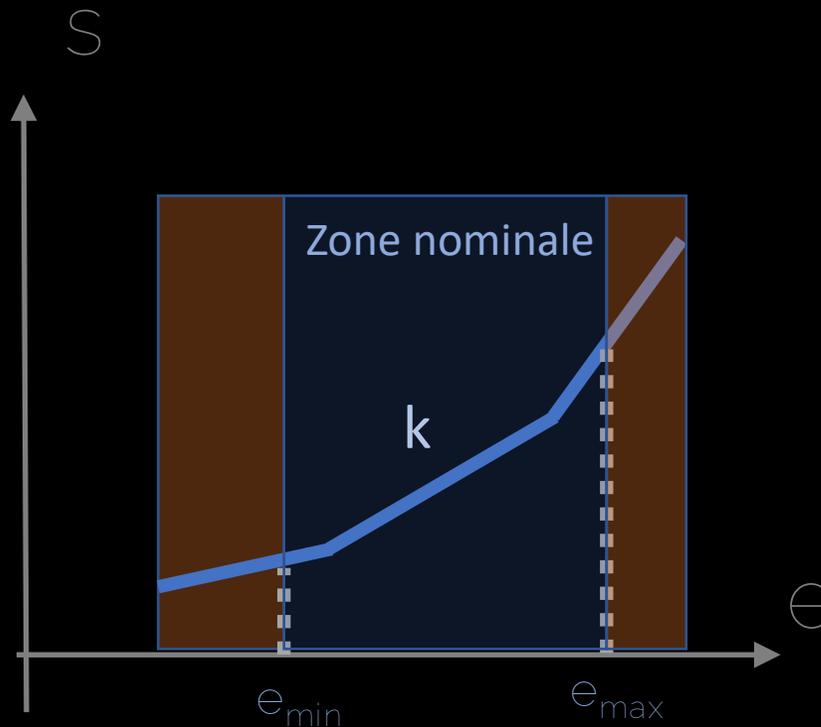
## Capteurs



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

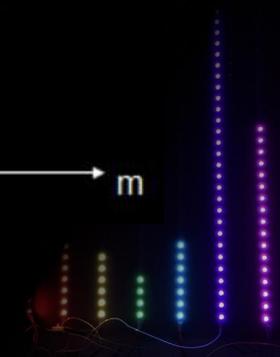
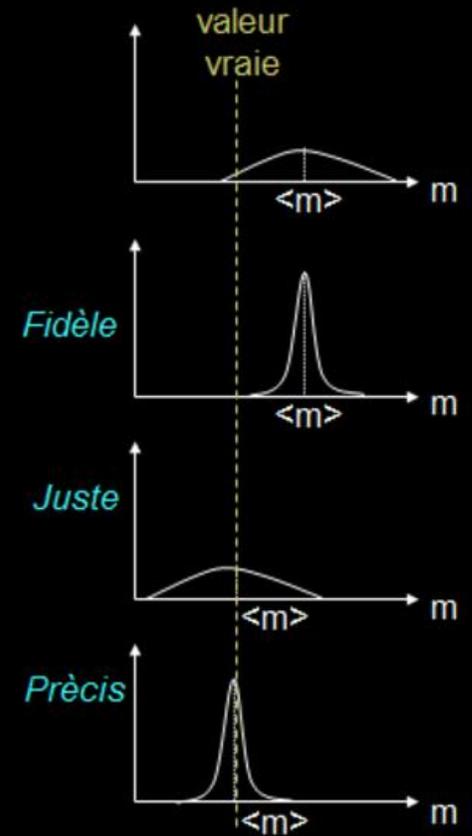
pour l'étude et la validation de fonctions

## Capteurs



Transforment une grandeur physique en une autre

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



# Modèles en électronique

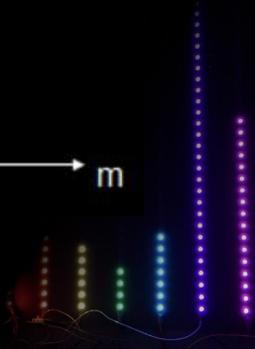
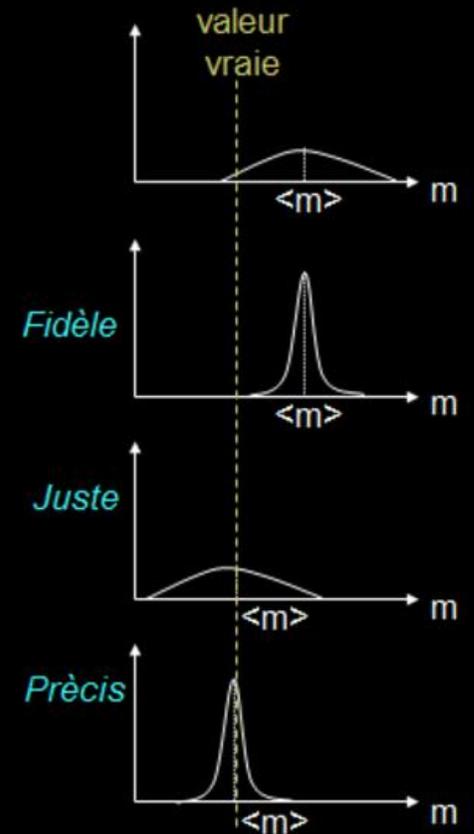
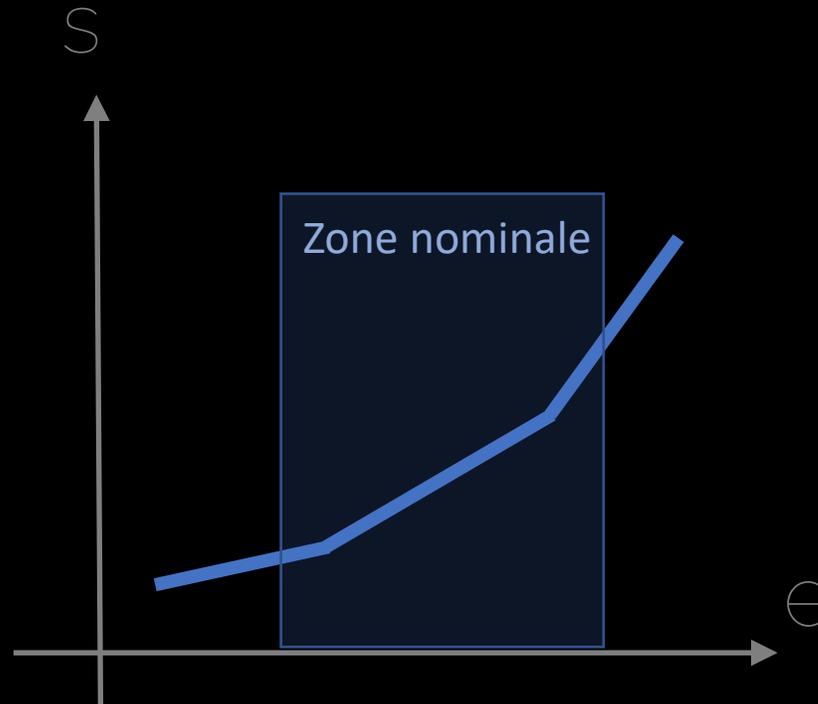
pour l'étude et la validation de fonctions

## Capteurs



Transforment une grandeur physique en une autre

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



# Modèles en électronique

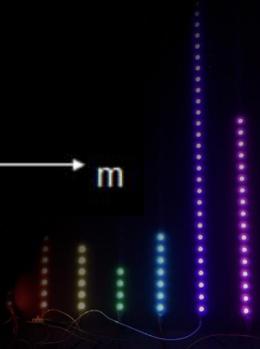
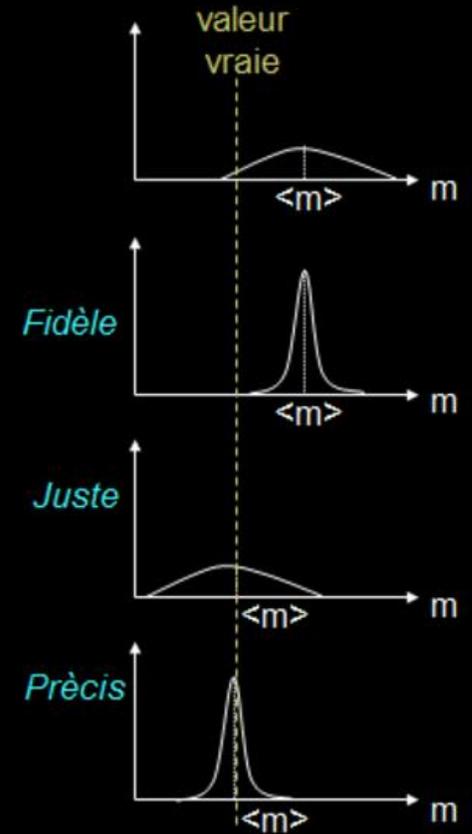
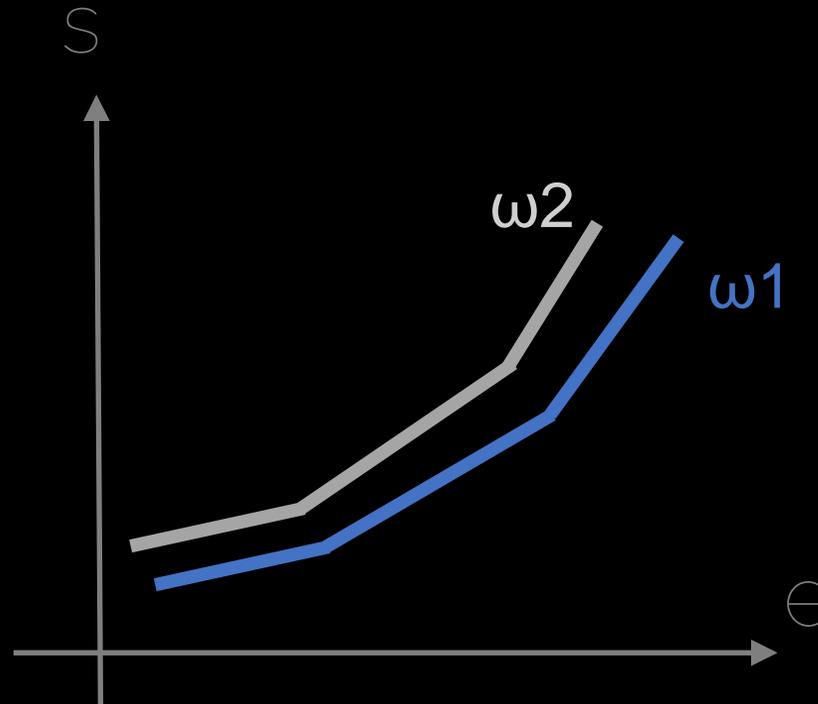
pour l'étude et la validation de fonctions

## Capteurs



Transforment une grandeur physique en une autre

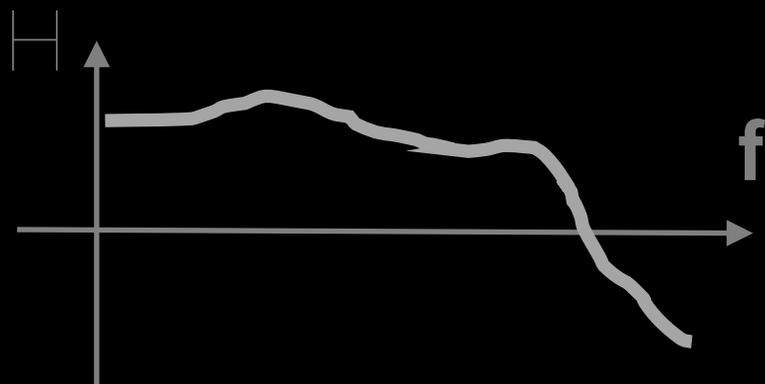
- la grandeur physique observée
- son étendue de mesure
- sa sensibilité
- sa précision
- sa linéarité
- sa bande passante



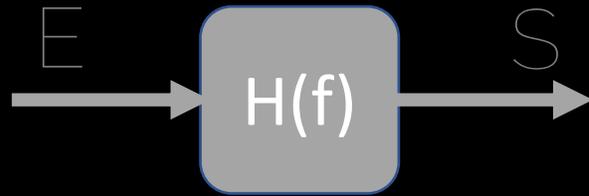
Systèmes



Transfert de l'énergie

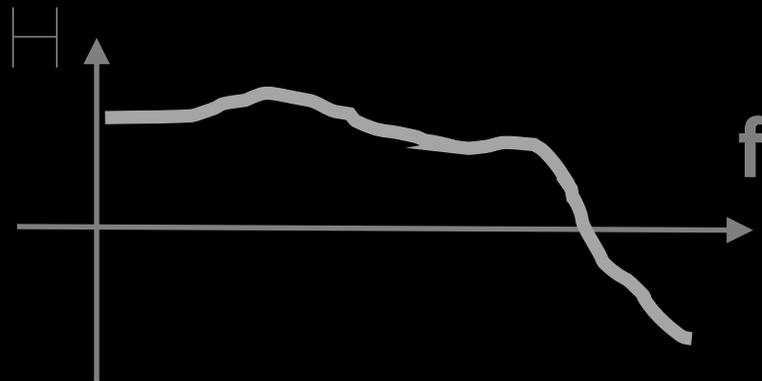


Systèmes



Transfert de l'énergie

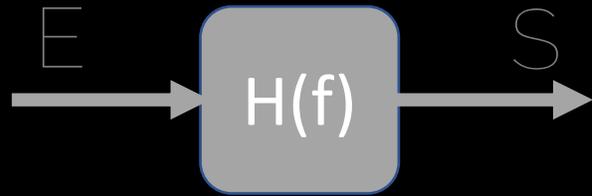
## REPONSE HARMONIQUE (Diagramme de Bode)



# Modèles en électronique

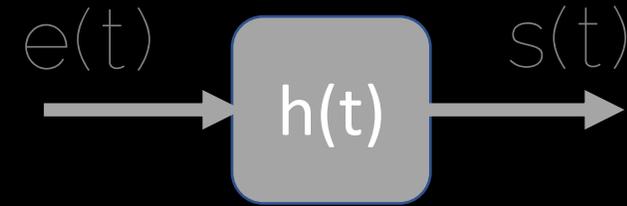
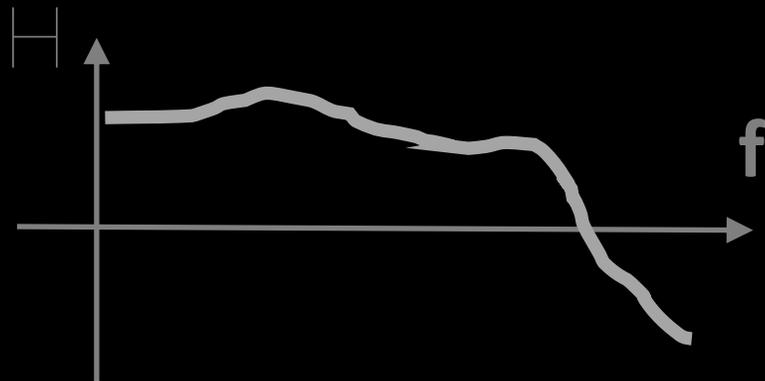
pour l'étude et la validation de fonctions

Systèmes



Transfert de l'énergie

**REPONSE HARMONIQUE (Diagramme de Bode)**



**REPONSE IMPULSIONNELLE (dirac)**

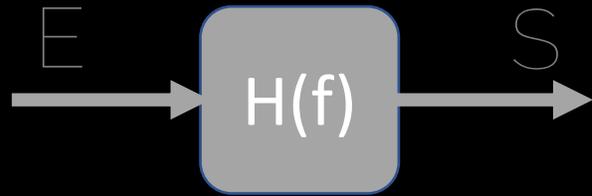
**REPONSE INDICIELLE (échelon)**



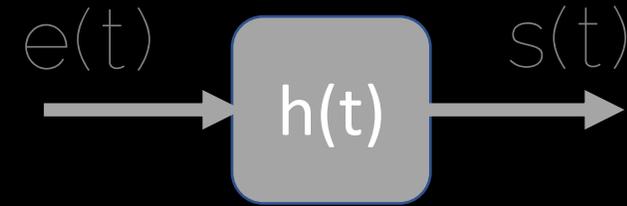
# Modèles en électronique

pour l'étude et la validation de fonctions

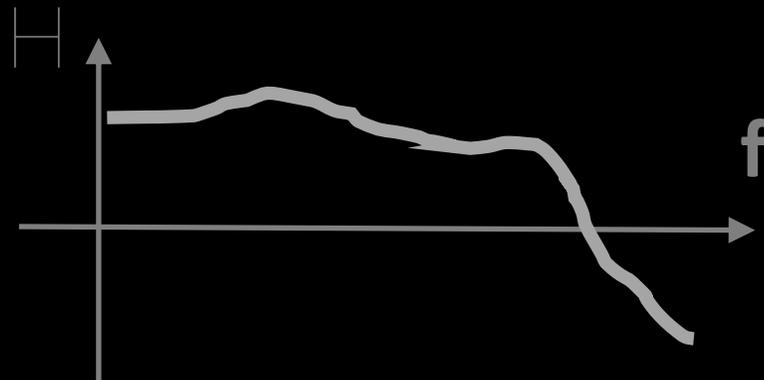
Systèmes



Transfert de l'énergie



**REPONSE HARMONIQUE (Diagramme de Bode)**



**REPONSE IMPULSIONNELLE (dirac)**



**REPONSE INDICIELLE (échelon)**



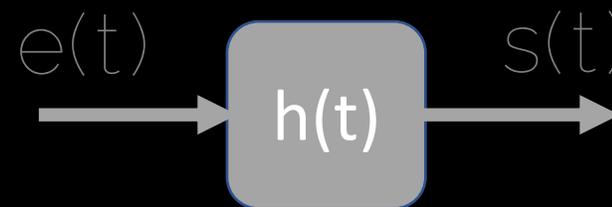
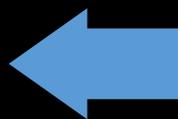
# Modèles en électronique

pour l'étude et la validation de fonctions

Systèmes



Transformée de  
Fourier / TF



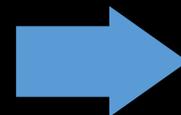
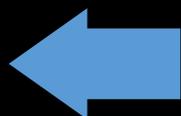
# Modèles en électronique

pour l'étude et la validation de fonctions

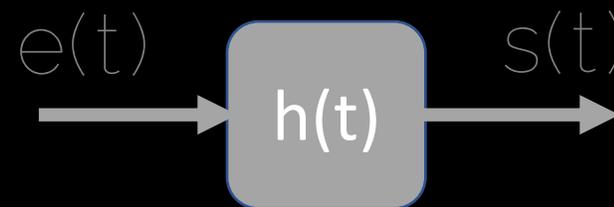
Systèmes



Transformée de  
Fourier / TF



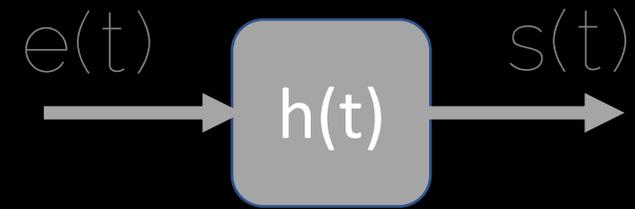
TF<sup>-1</sup>



# Modèles en électronique

pour l'étude et la validation de fonctions

Systèmes



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

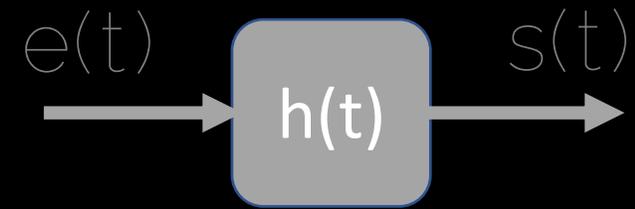
**convolution**



# Modèles en électronique

pour l'étude et la validation de fonctions

Systèmes



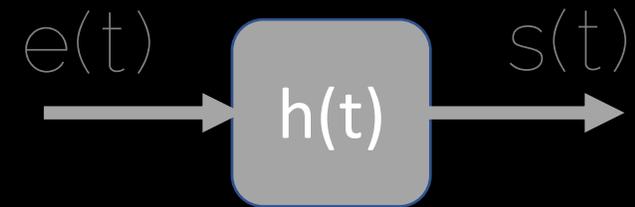
$$s(t) = h(t) * e(t)$$



# Modèles en électronique

pour l'étude et la validation de fonctions

## Systèmes



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

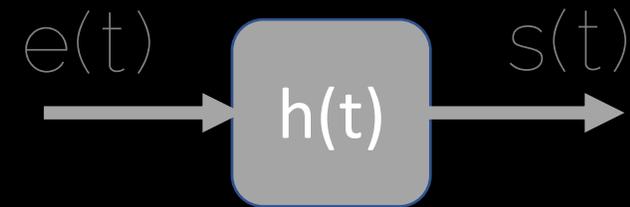
Si  $e(t) = \delta(t)$  (dirac)



# 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  $s(t) = h(t)$

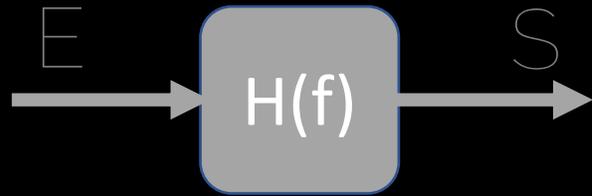
**REPONSE IMPULSIONNELLE (dirac)**



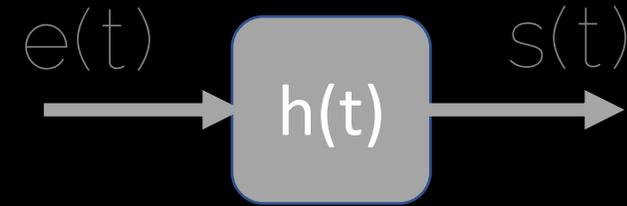
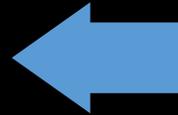
# Modèles en électronique

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  $s(t) = h(t)$

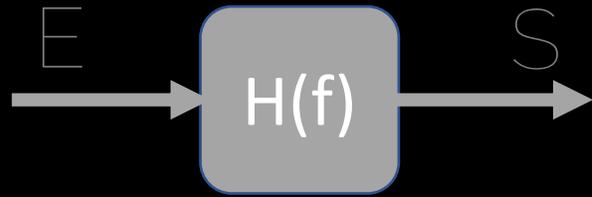
**REPONSE IMPULSIONNELLE (dirac)**



# Modèles en électronique

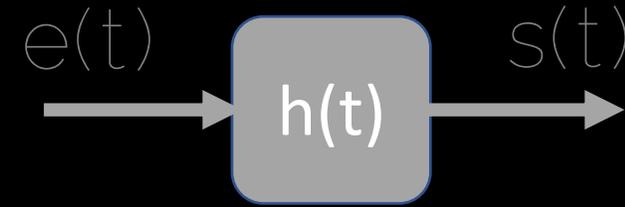
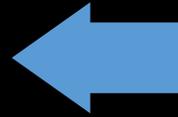
pour l'étude et la validation de fonctions

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  $s(t) = h(t)$

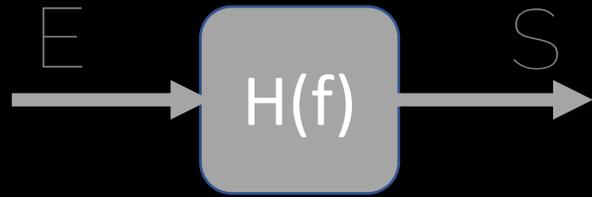
**REPONSE IMPULSIONNELLE (dirac)**



# Modèles en électronique

pour l'étude et la validation de fonctions

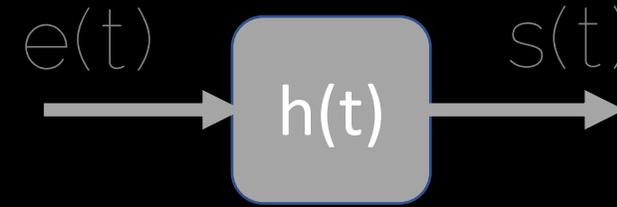
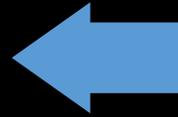
Systèmes



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

**multiplication**

Transformée de  
Fourier / TF



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

**convolution**

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

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

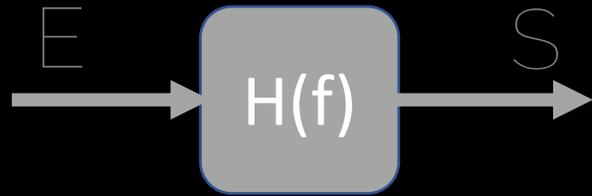
**REPONSE IMPULSIONNELLE (dirac)**



# Modèles en électronique

pour l'étude et la validation de fonctions

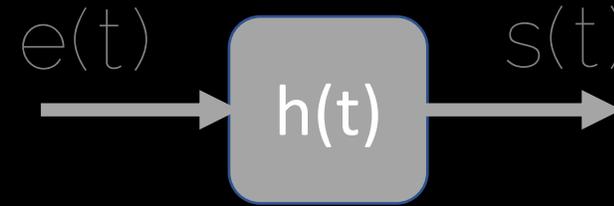
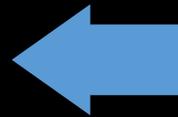
Systèmes



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

**multiplication**

Transformée de  
Fourier / TF

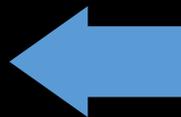


$$s(t) = h(t) * e(t)$$

**convolution**

$H(f)$

TF



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

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

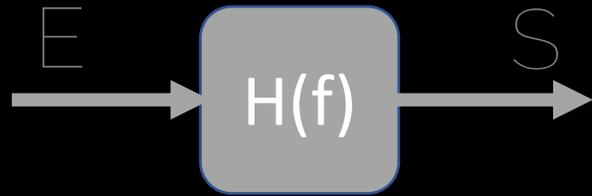
**REPONSE IMPULSIONNELLE (dirac)**



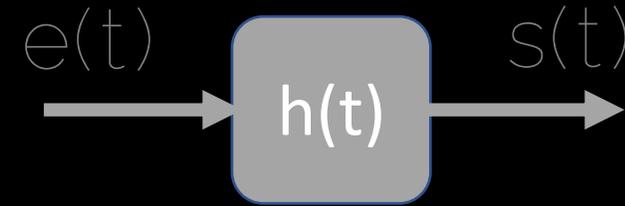
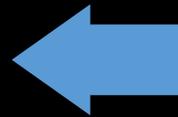
# Modèles en électronique

pour l'étude et la validation de fonctions

Systèmes



Transformée de  
Fourier / TF



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

**multiplication**

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

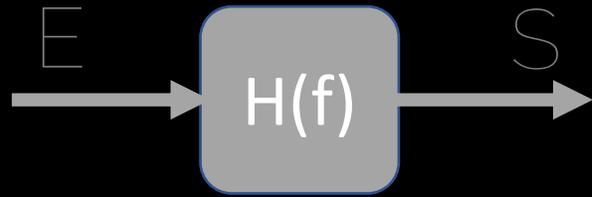
**convolution**



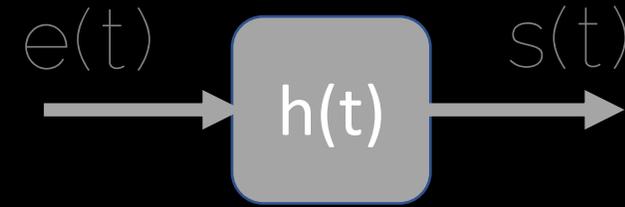
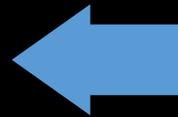
# Modèles en électronique

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

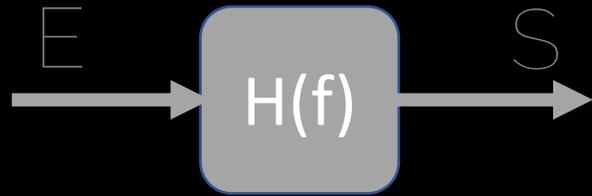
alors  $S(f) = \mathbf{H(f)}$



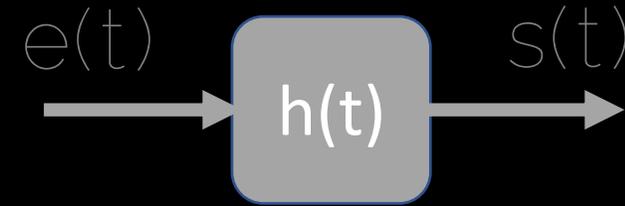
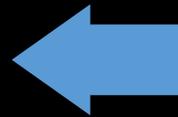
# Modèles en électronique

pour l'étude et la validation de fonctions

Systèmes



Transformée de  
Fourier / TF



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

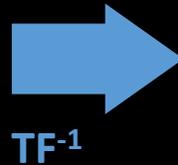
**multiplication**

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

**convolution**

Si  $E(f) = 1$

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



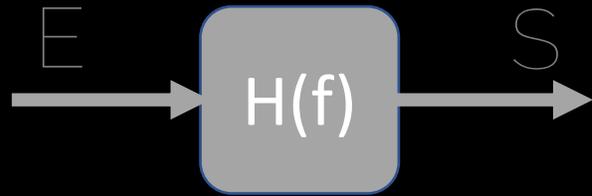
TF<sup>-1</sup>



# Modèles en électronique

pour l'étude et la validation de fonctions

Systèmes

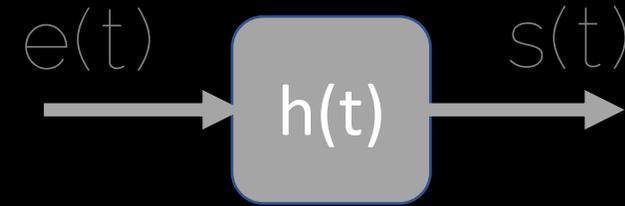
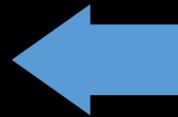


$$S(f) = H(f) \cdot E(f)$$

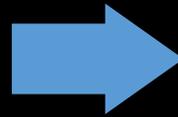
Si  $E(f) = 1$

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

Transformée de  
Fourier / TF



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



TF<sup>-1</sup>



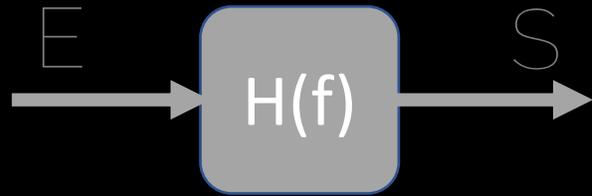
**SAIT-ON TRAVAILLER DANS CET ESPACE ?**



# Modèles en électronique

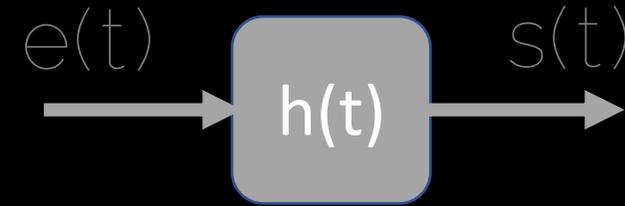
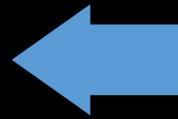
pour l'étude et la validation de fonctions

Systèmes



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

Transformée de  
Fourier / TF



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

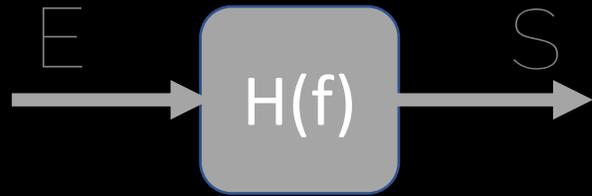
$$\text{Si } e(t) = \sin(2 \pi f_0 t)$$



# Modèles en électronique

pour l'étude et la validation de fonctions

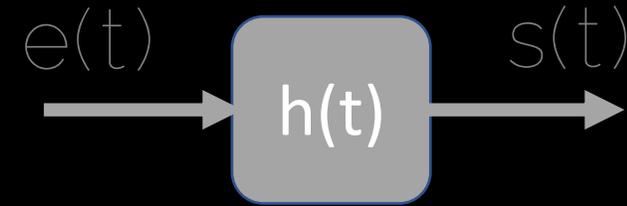
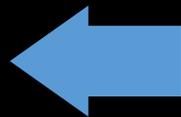
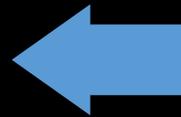
Systèmes



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

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

Transformée de  
Fourier / TF



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

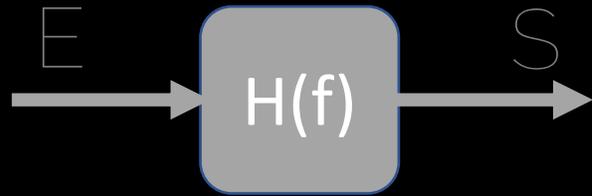
Si  $e(t) = \sin(2 \pi f_0 t)$



# Modèles en électronique

pour l'étude et la validation de fonctions

Systèmes

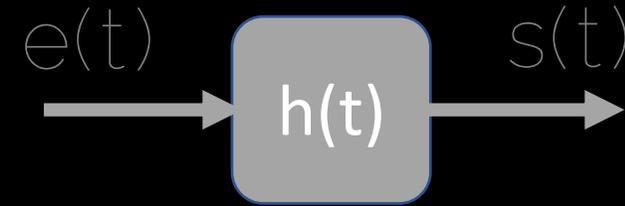
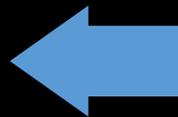
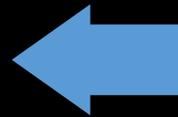


$$S(f) = H(f) \cdot E(f)$$

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

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

Transformée de  
Fourier / TF



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

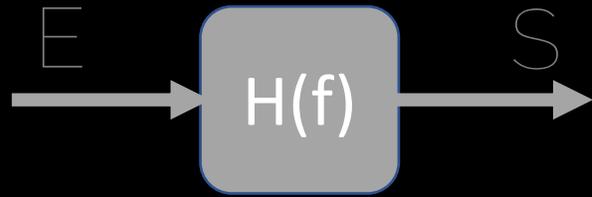
Si  $e(t) = \sin(2 \pi f_0 t)$



# Modèles en électronique

pour l'étude et la validation de fonctions

Systèmes



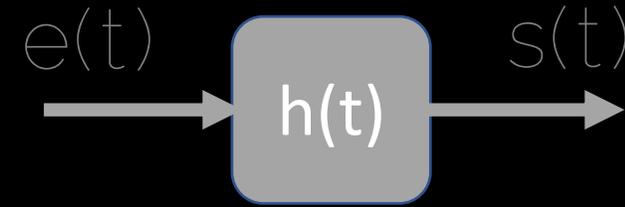
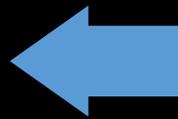
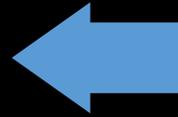
$$S(f) = H(f) \cdot E(f)$$

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



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

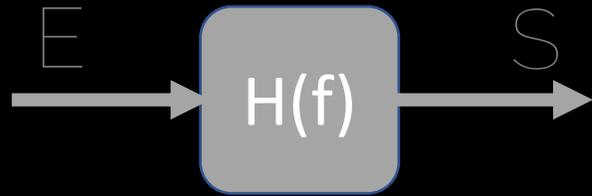
Si  $e(t) = \sin(2 \pi f_0 t)$



# Modèles en électronique

pour l'étude et la validation de fonctions

Systèmes



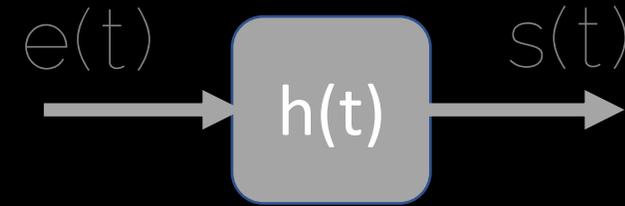
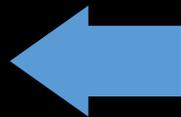
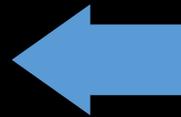
$$S(f) = H(f) \cdot E(f)$$

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)**



# Modèles en électronique

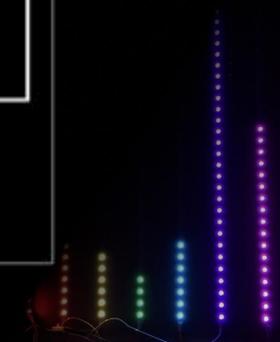
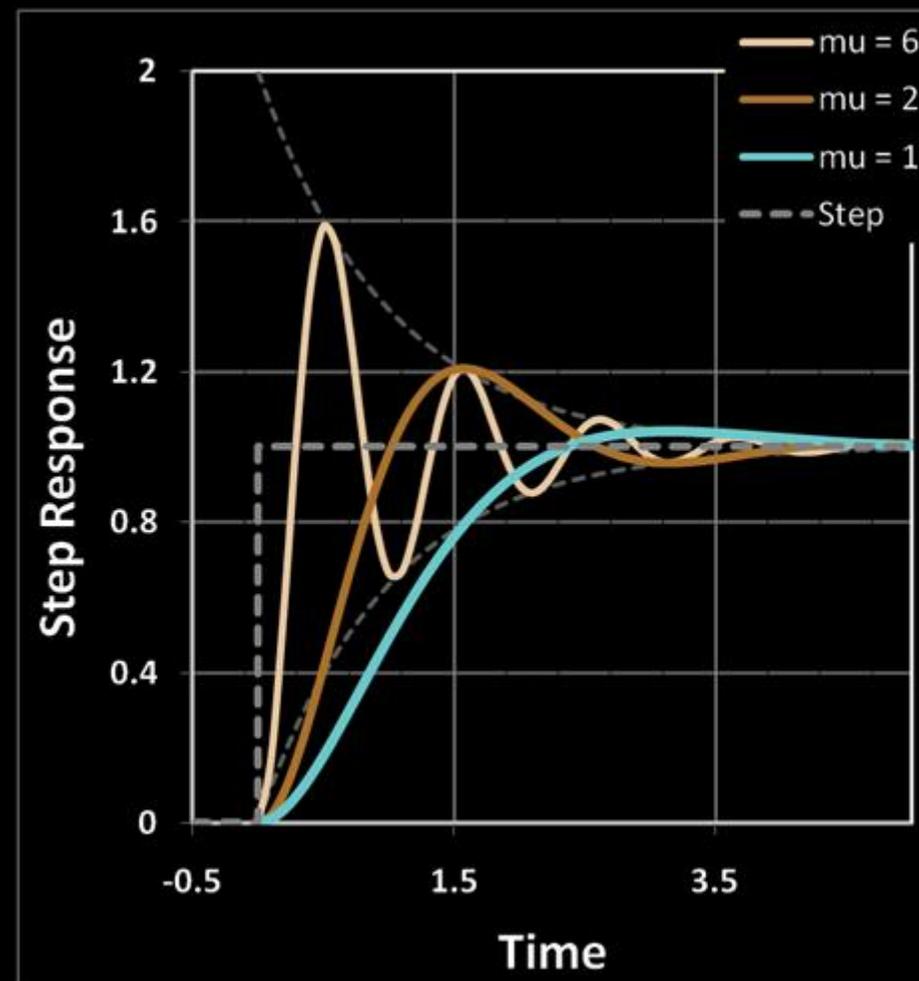
pour l'étude et la validation de fonctions

Systèmes



Systèmes

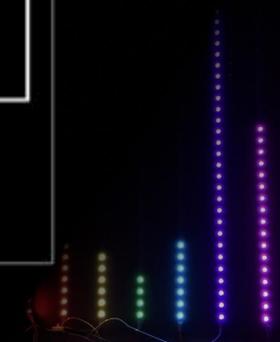
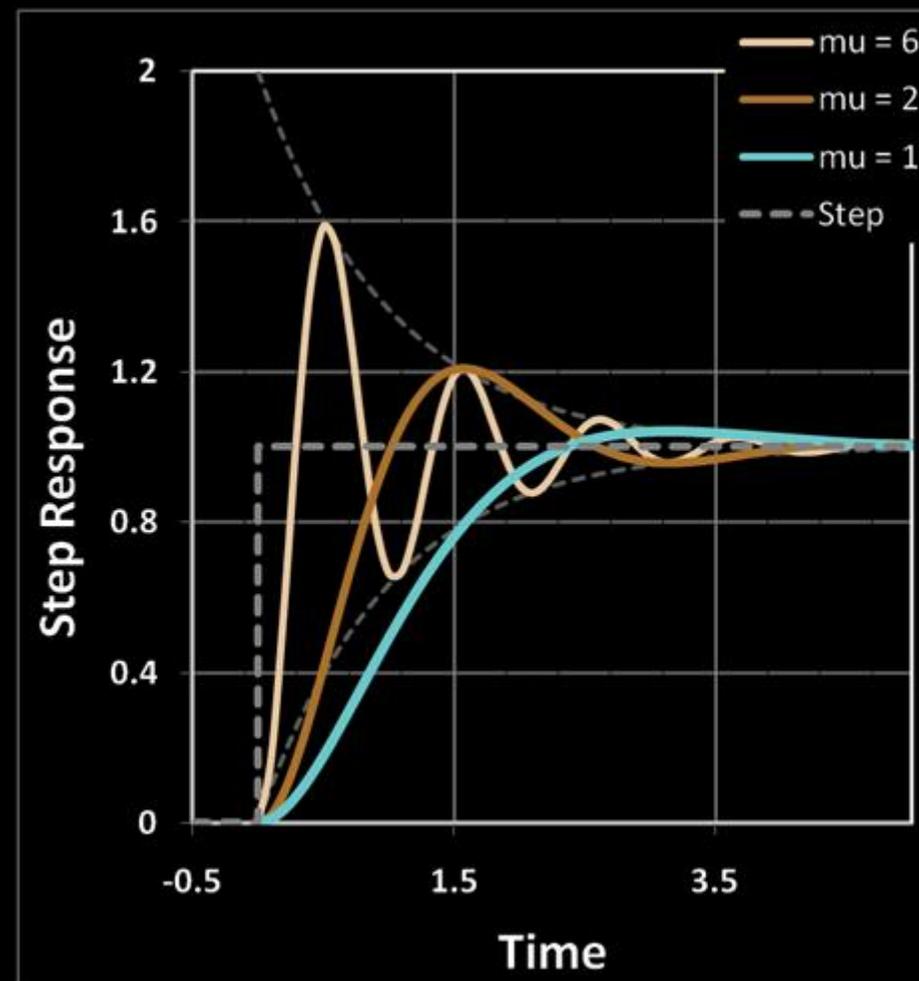
## REPONSE A CERTAINS SIGNAUX



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**

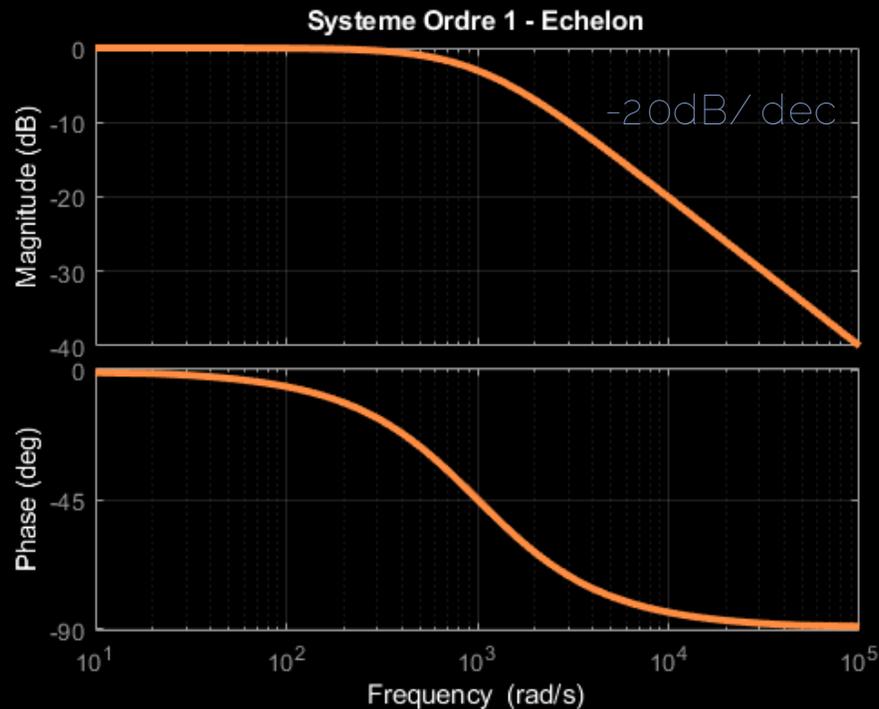
**AMORTISSEMENT**



Systèmes

## PREMIER ORDRE

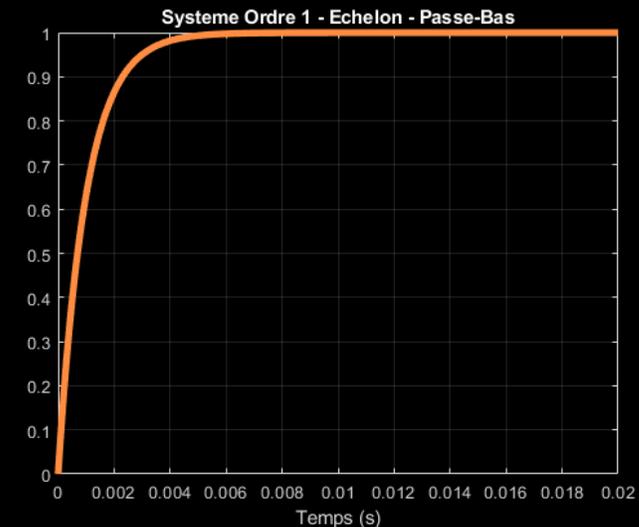
### PASSE-BAS



REPONSE HARMONIQUE (Diagramme de Bode)

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

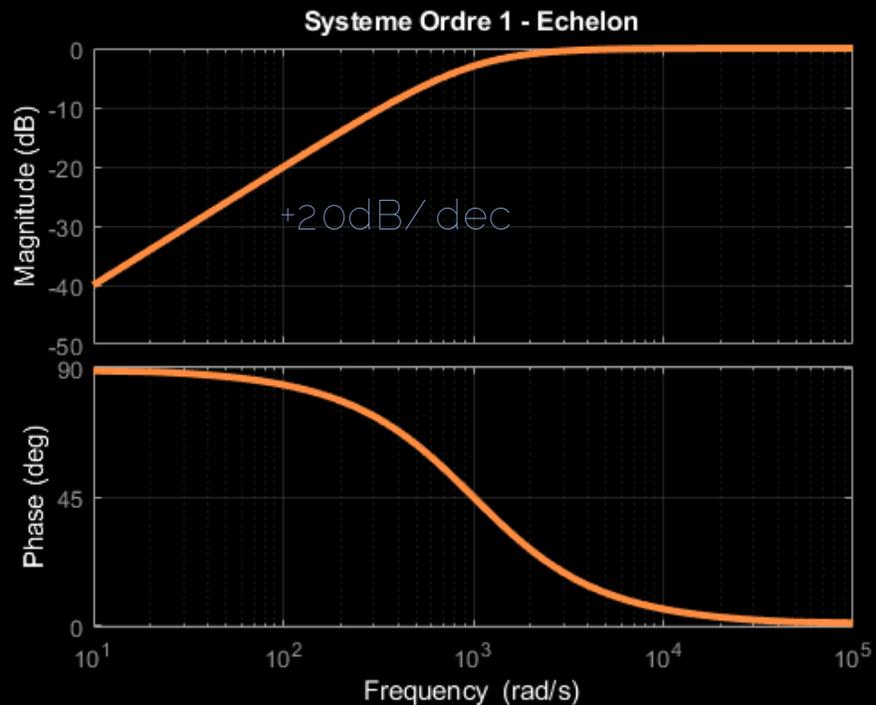
### REPONSE INDICIELLE (Echelon)



Systèmes

## PREMIER ORDRE

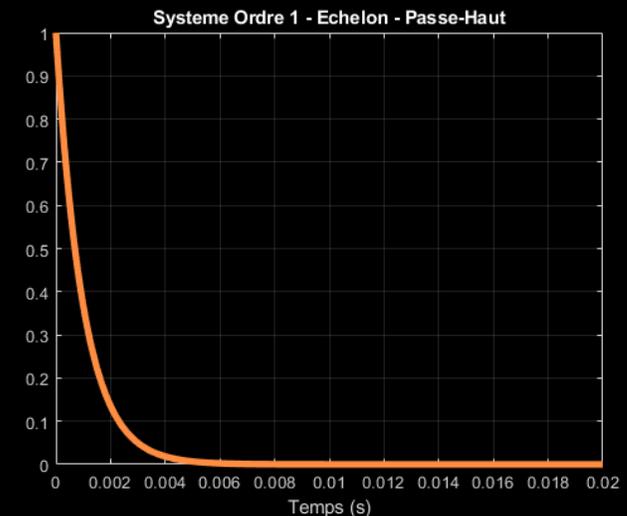
### PASSE-HAUT



REPONSE HARMONIQUE (Diagramme de Bode)

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

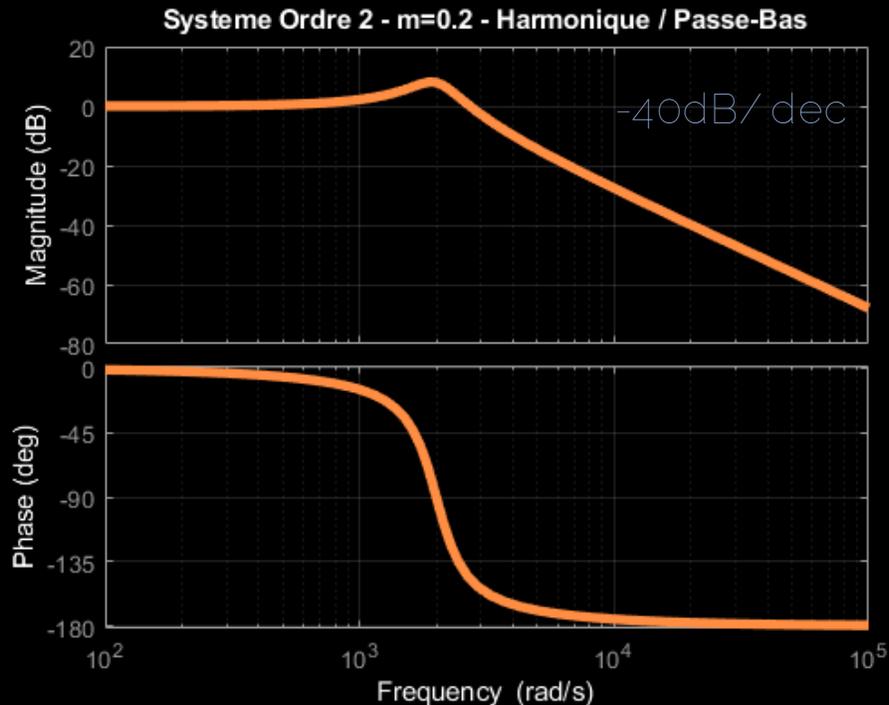
### REPONSE INDICIELLE (Echelon)



Systèmes

## SECOND ORDRE

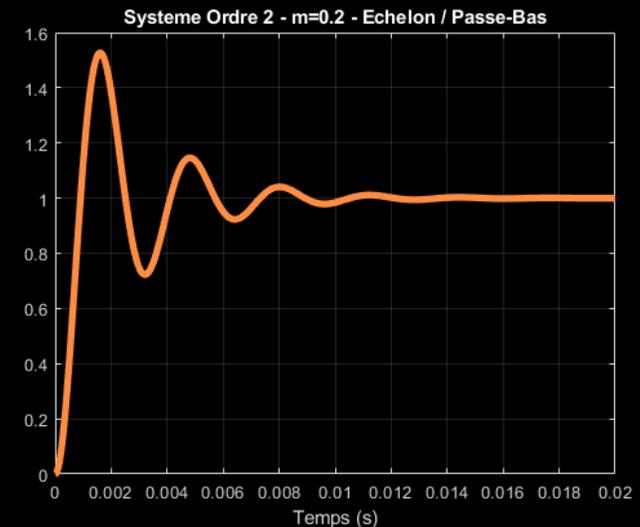
### PASSE-BAS



REPONSE HARMONIQUE (Diagramme de Bode)

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

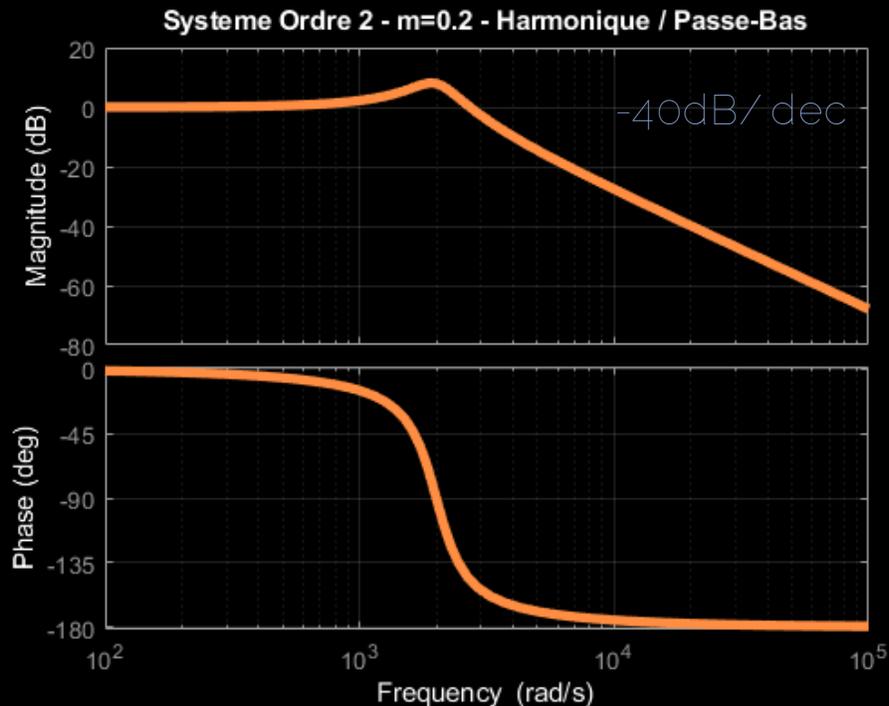
### REPONSE INDICIELLE (Echelon)



## Systèmes

## SECOND ORDRE

### PASSE-BAS

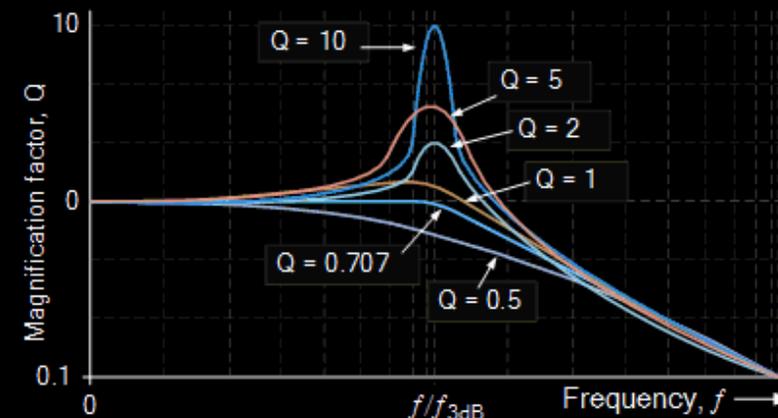


REPONSE HARMONIQUE (Diagramme de Bode)

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

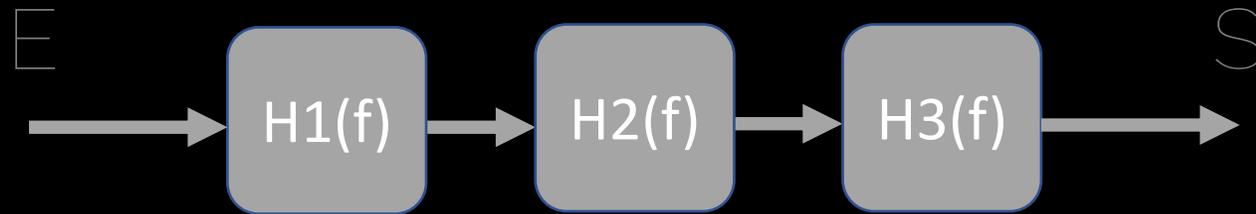
amortissement (m) ou qualité (Q)

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



Systemes

## Nième ORDRE



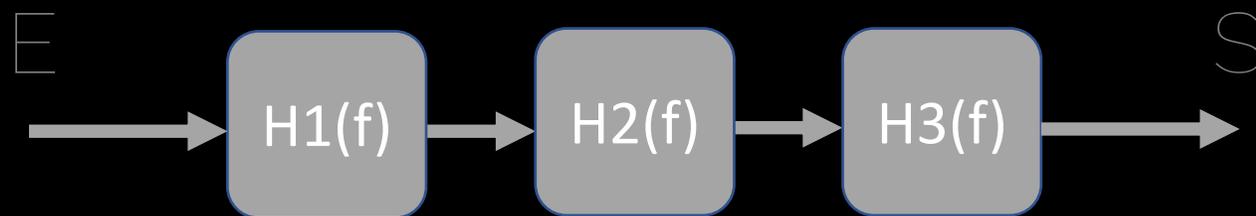
$$H(f) = H_1(f) \cdot H_2(f) \cdot H_3(f)$$

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



Systèmes

## Nième ORDRE



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

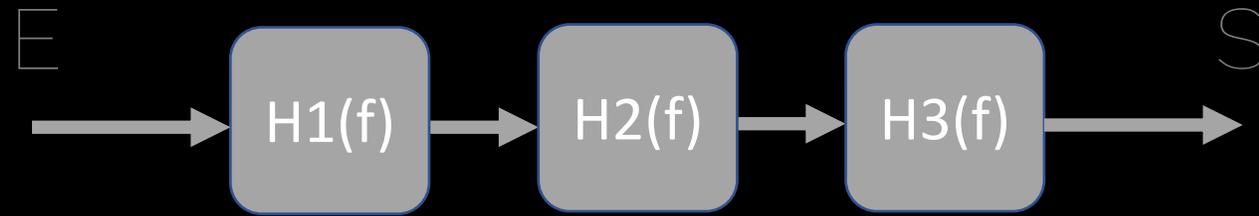


$$G = 20 \cdot \log_{10}(H)$$



Systèmes

## Nième ORDRE



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



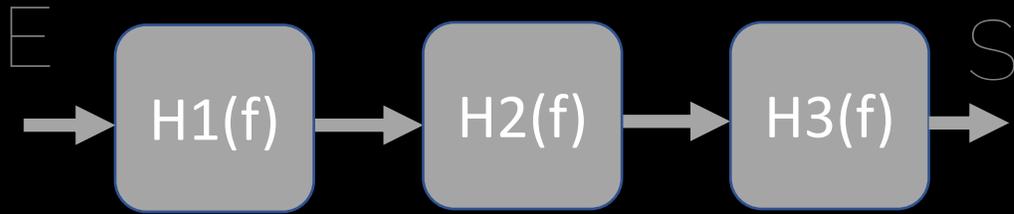
$$G = 20 \cdot \log_{10}(H)$$

$$G = G_1 + G_2 + G_3$$



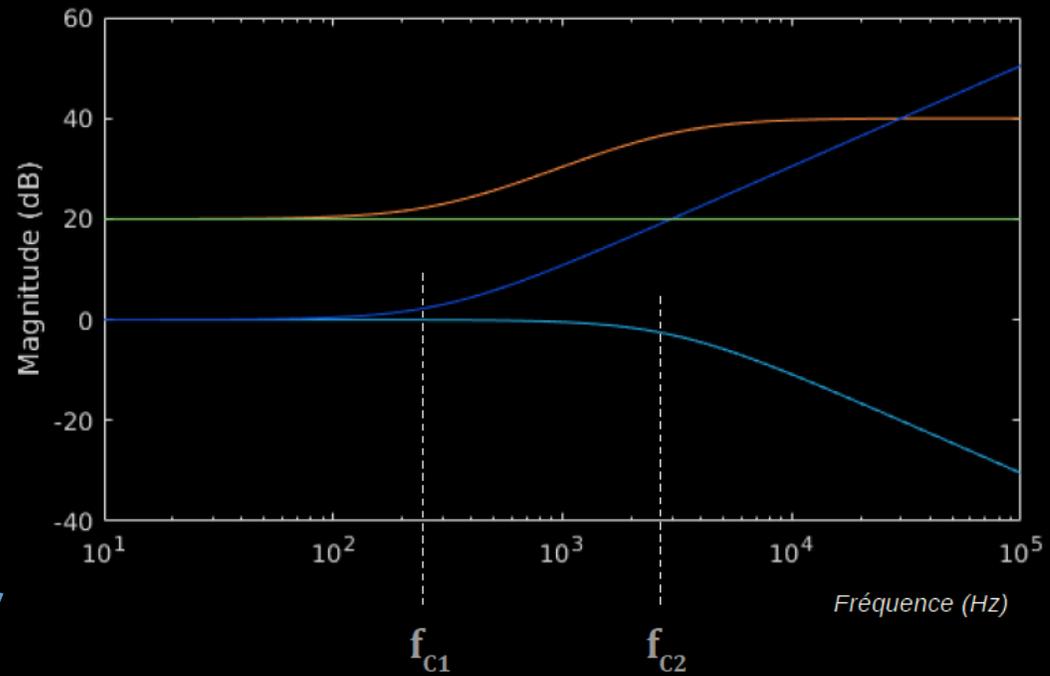
Systèmes

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



INSTITUT  
d'OPTIQUE  
GRADUATE



**Lense**

Laboratoire  
d'Enseignement  
Expérimental

<http://lense.institutoptique.fr>

CéTI

# Photons vs électrons

Emission et détection

Julien VILLEMEJANE



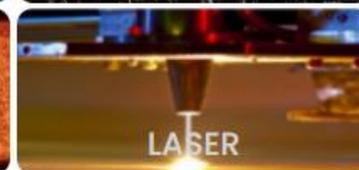
# Des électrons aux photons

Sources à LED



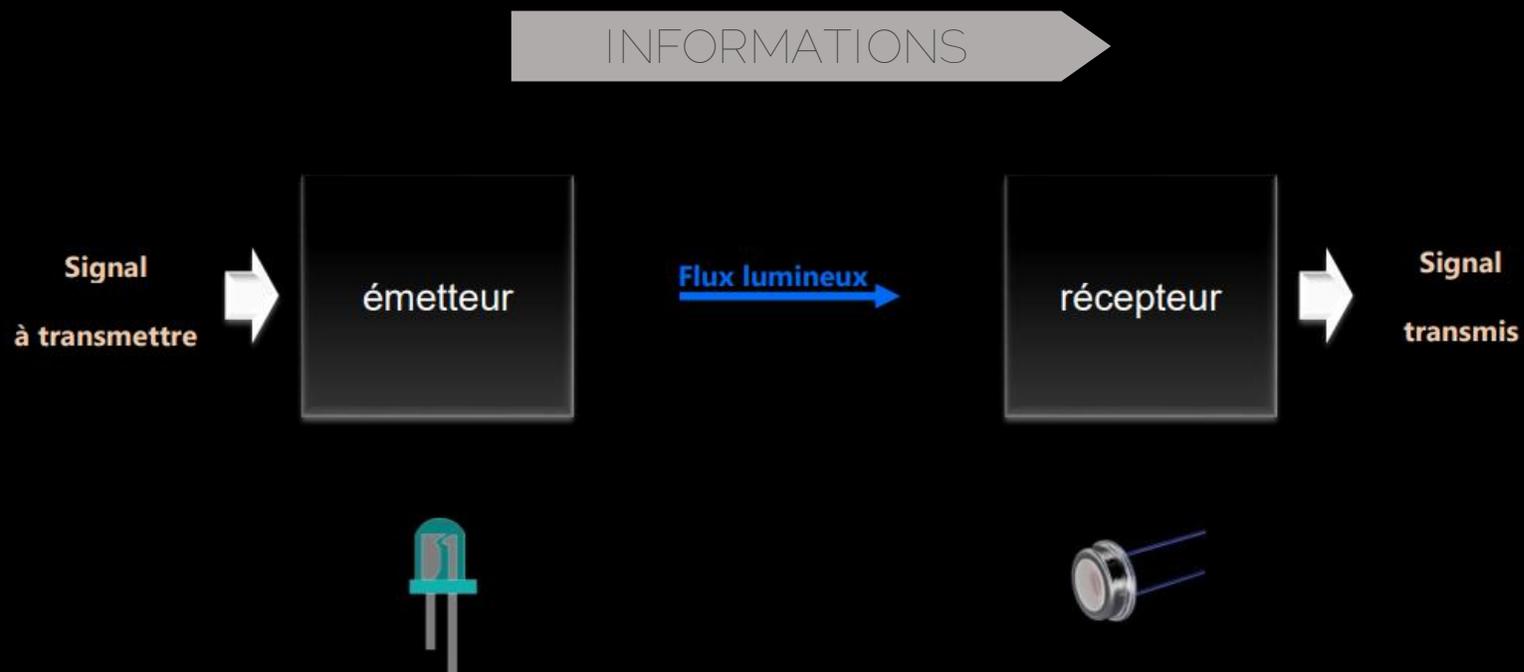
## photonique

La science des technologies de demain



# Des électrons aux photons

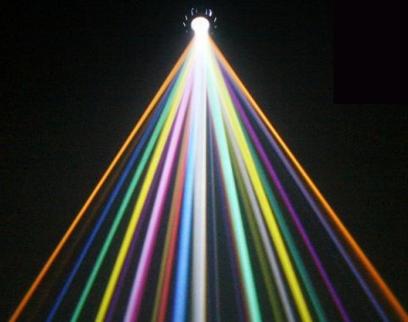
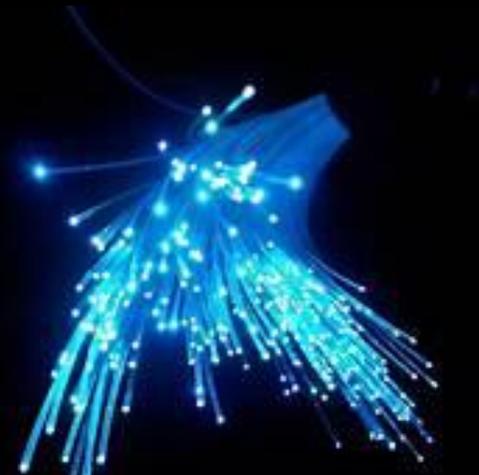
Sources à LED



# Des électrons aux photons

Sources à LED

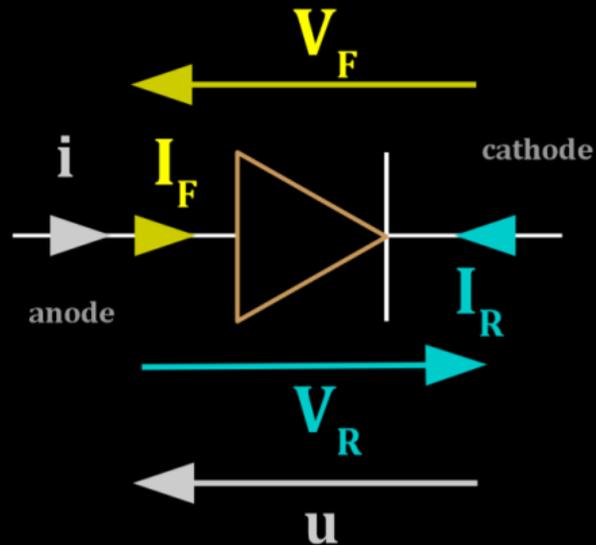
Sources LED



# Des électrons aux photons

Sources à LED

## Sources LED / Paramètres électriques



$I_F$  : **courant direct**

souvent  $I_F < I_{FMAX}$

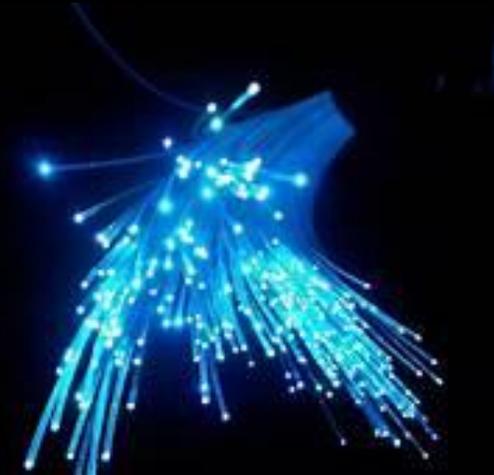
$V_F$  : **tension directe**

aussi appelée seuil

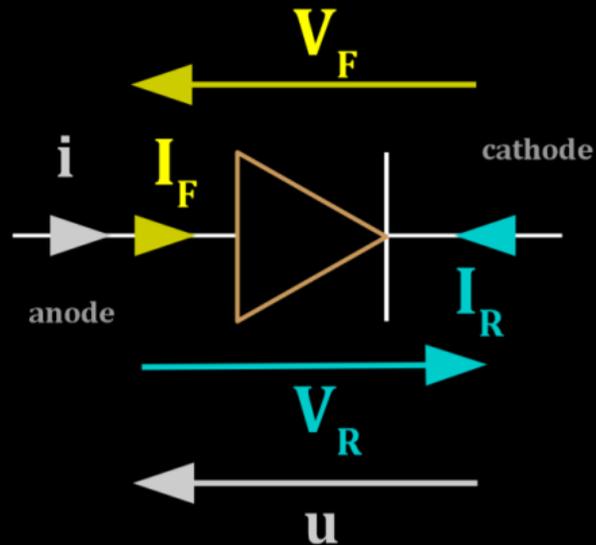
$I_R$  : **courant inverse**

$V_R$  : **tension inverse**

souvent  $V_R < V_{RMAX}$



## Sources LED / Paramètres électriques



$I_F$  : **courant direct**

souvent  $I_F < I_{FMAX}$

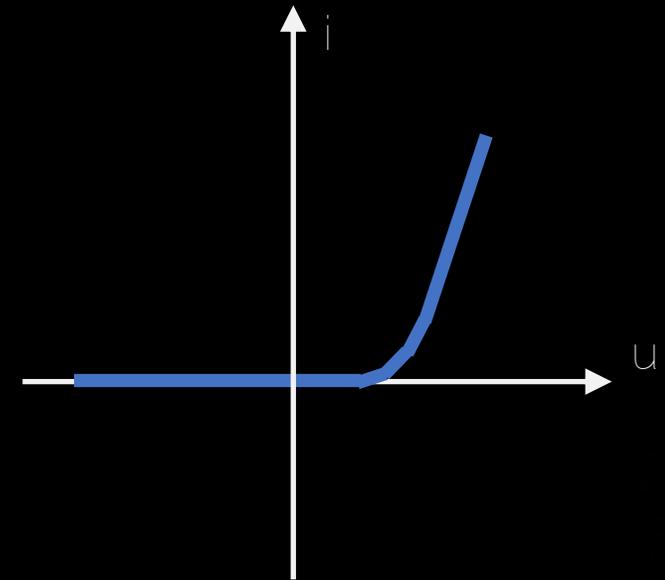
$V_F$  : **tension directe**

aussi appelée seuil

$I_R$  : **courant inverse**

$V_R$  : **tension inverse**

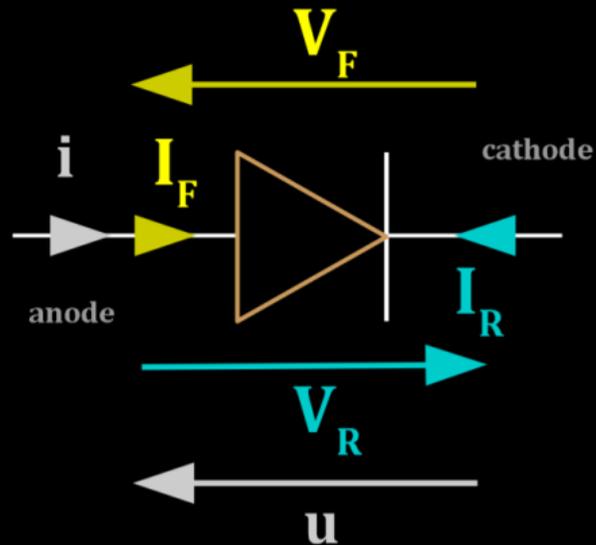
souvent  $V_R < V_{RMAX}$



# Des électrons aux photons

Sources à LED

## Sources LED / Paramètres électriques



$I_F$  : **courant direct**

souvent  $I_F < I_{FMAX}$

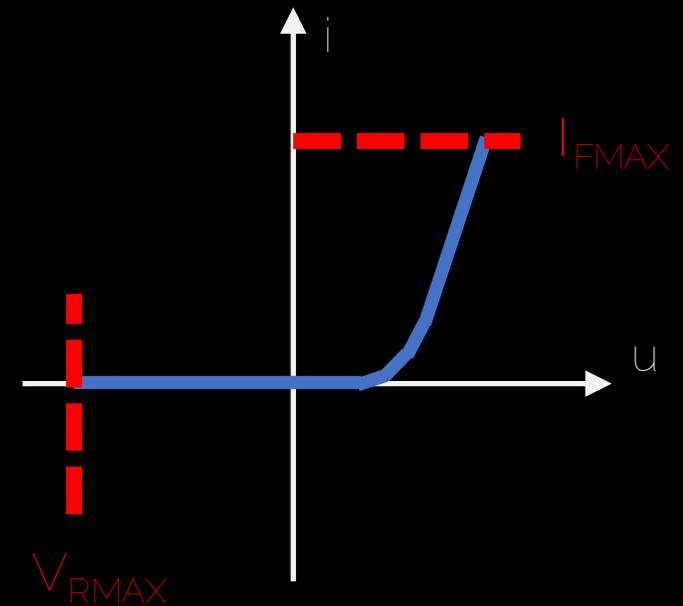
$V_F$  : **tension directe**

aussi appelée seuil

$I_R$  : **courant inverse**

$V_R$  : **tension inverse**

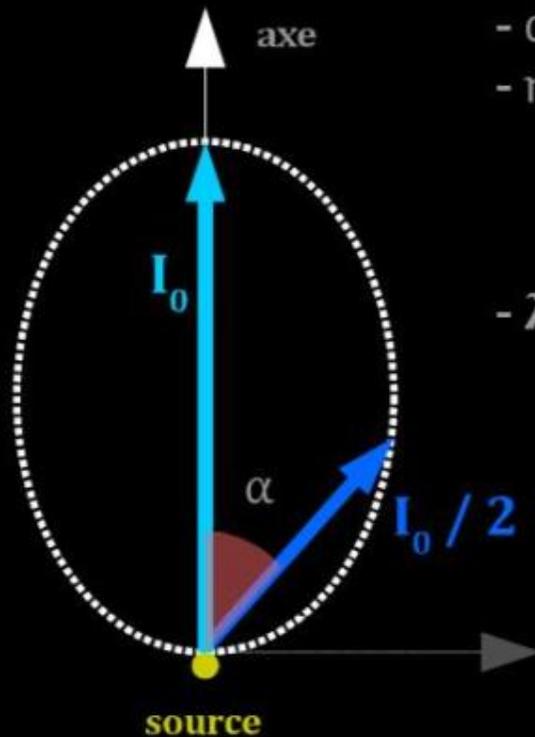
souvent  $V_R < V_{RMAX}$



# Des électrons aux photons

Sources à LED

## Sources LED / Paramètres optiques



-  $I_0$  : intensité lumineuse sur l'axe

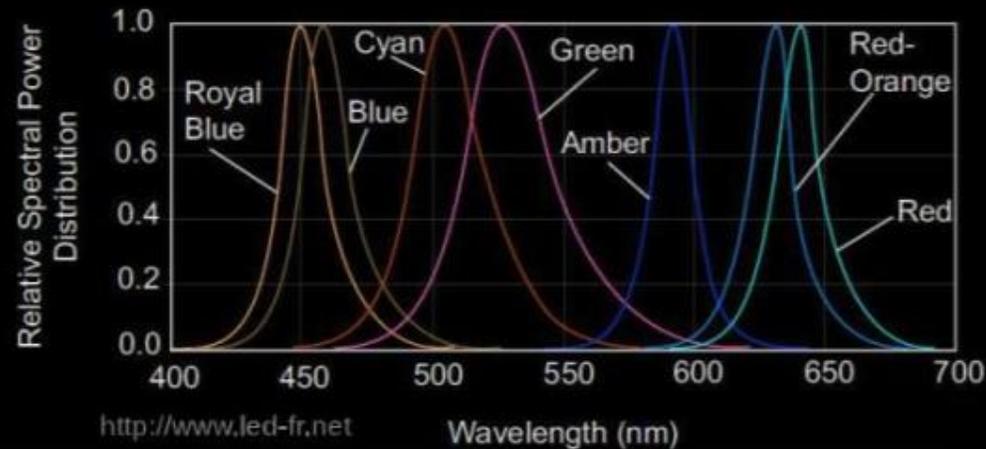
-  $\alpha$  : demi-angle (directivité)

-  $\eta$  : rendement de conversion

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

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

$$\Phi_{led} = k \cdot i F l e_d$$

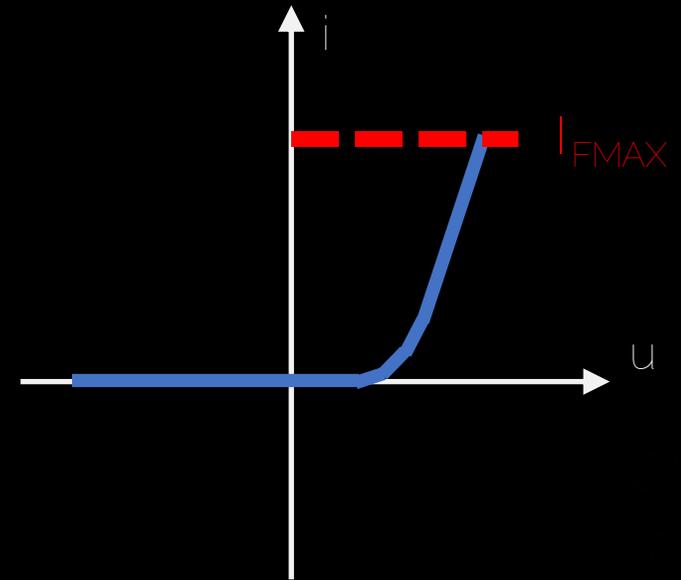
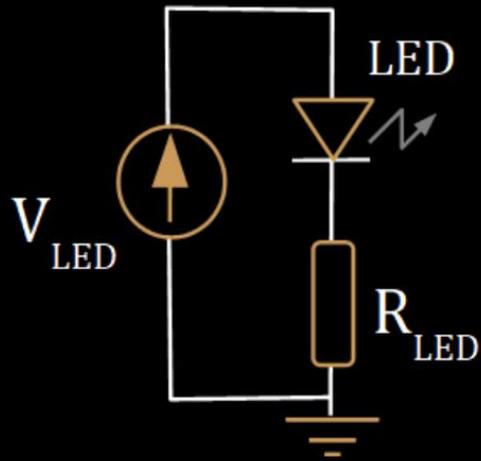


# Des électrons aux photons

Sources à LED

Sources LED / Emetteur

$$\Phi_{led} = k \cdot i F l e_d$$

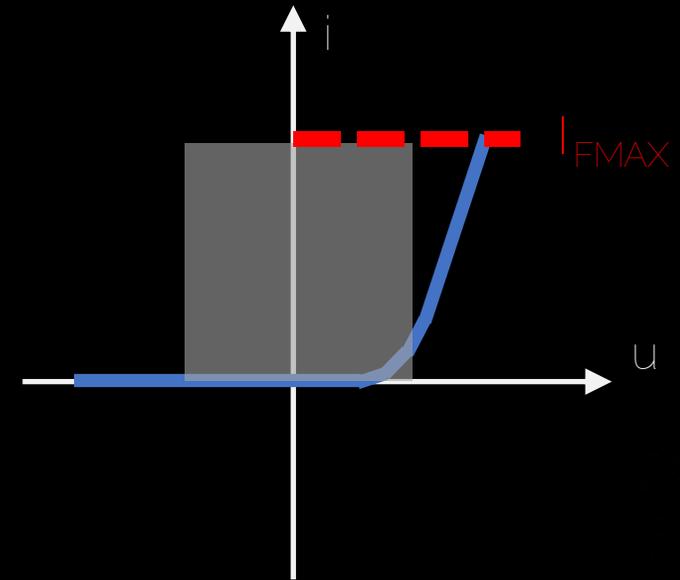
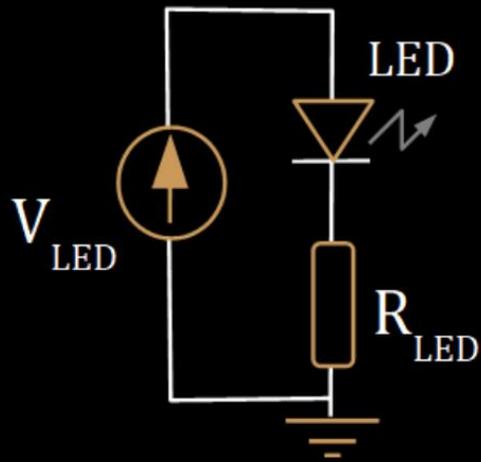


# Des électrons aux photons

Sources à LED

Sources LED / Emetteur

$$\Phi_{led} = k \cdot i F l e_d$$



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

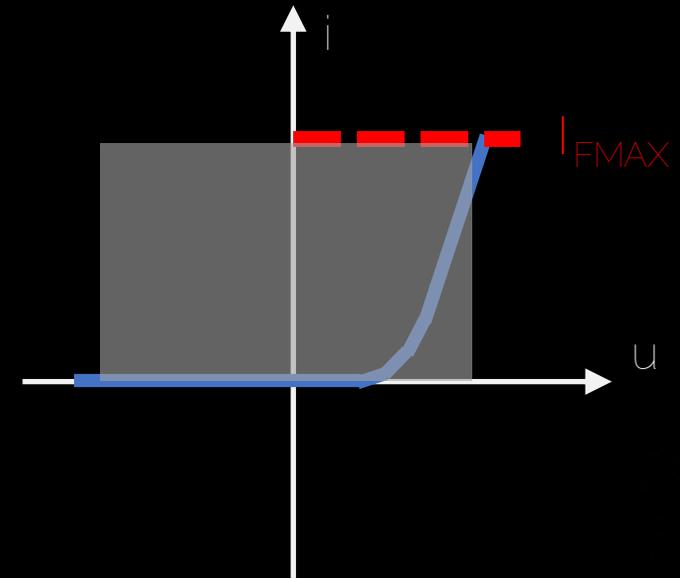
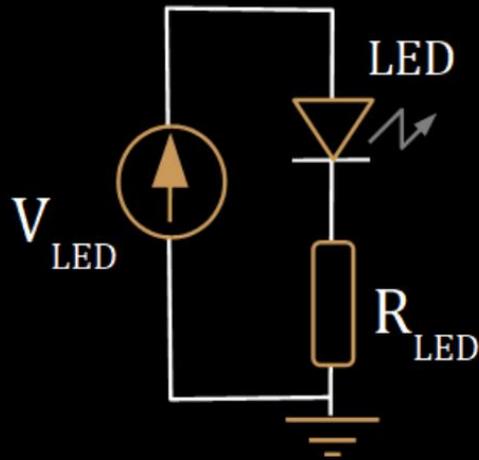


# Des électrons aux photons

Sources à LED

Sources LED / Emetteur

$$\Phi_{led} = k \cdot i F l e_d$$

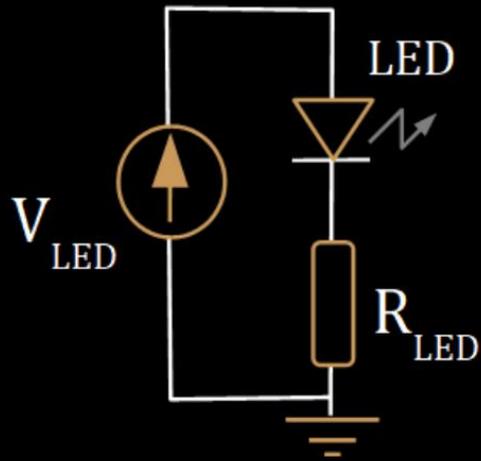


$$V_{LED}(t) = A \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f_0 \cdot t)$$

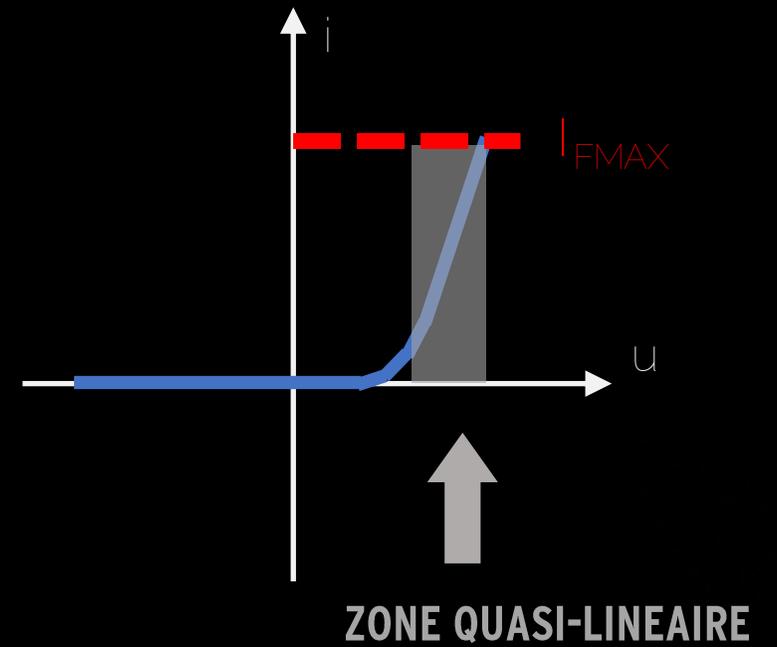


## Sources LED / Emetteur

$$\Phi_{led} = k \cdot i F l e_d$$

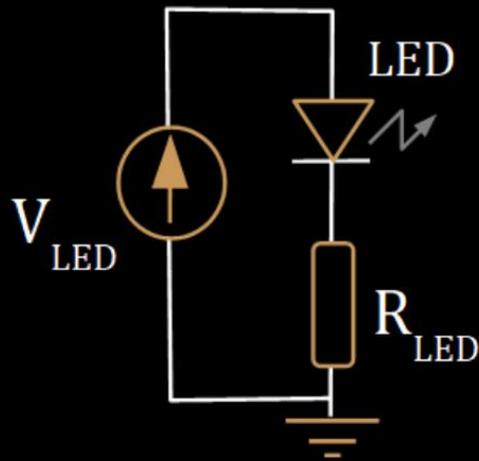


$$V_{LED}(t) = A \cdot \sin(2 \cdot \pi \cdot f_0 \cdot t)$$

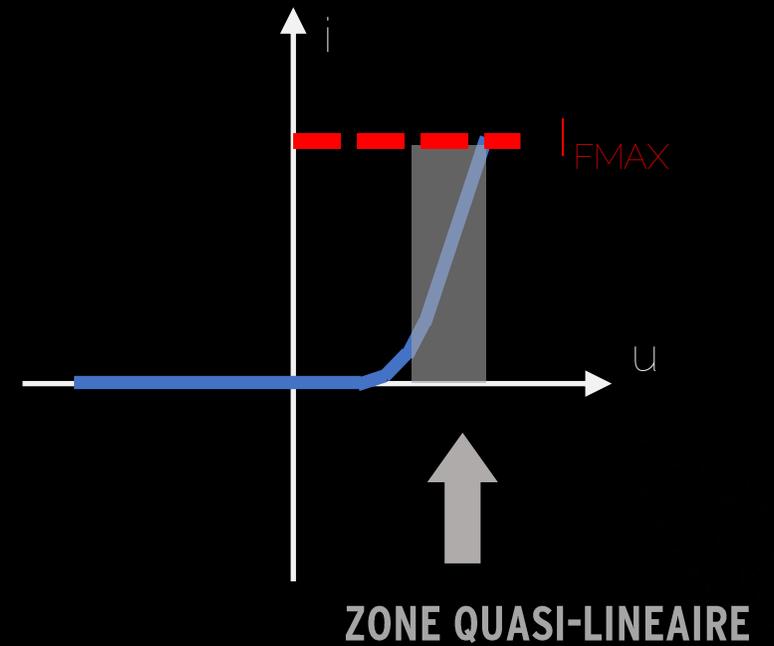


## Sources LED / Emetteur

$$\Phi_{led} = k \cdot i F l e_d$$



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



# Des photons aux électrons

## Photodétection

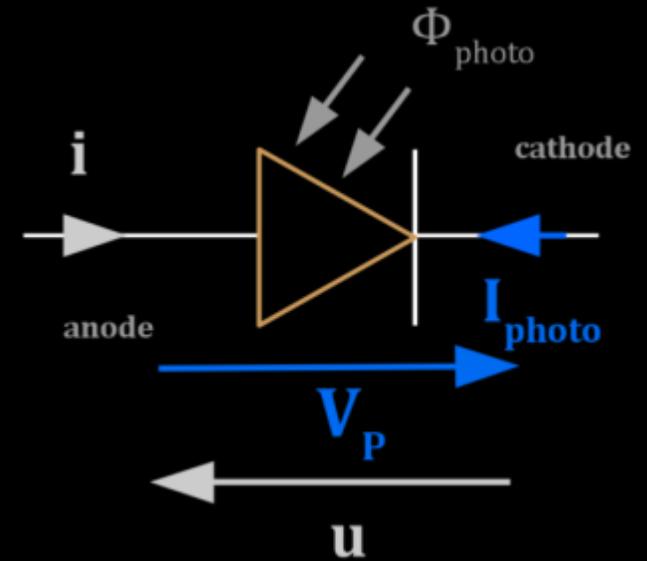
### Photodiode



# Des photons aux électrons

## Photodétection

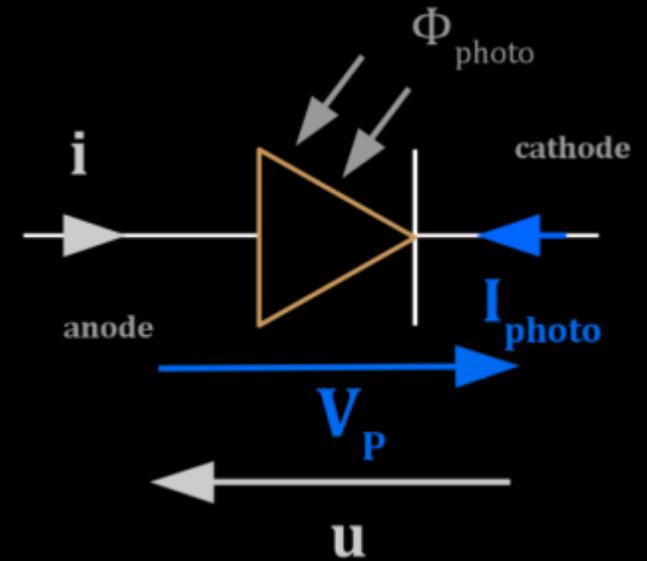
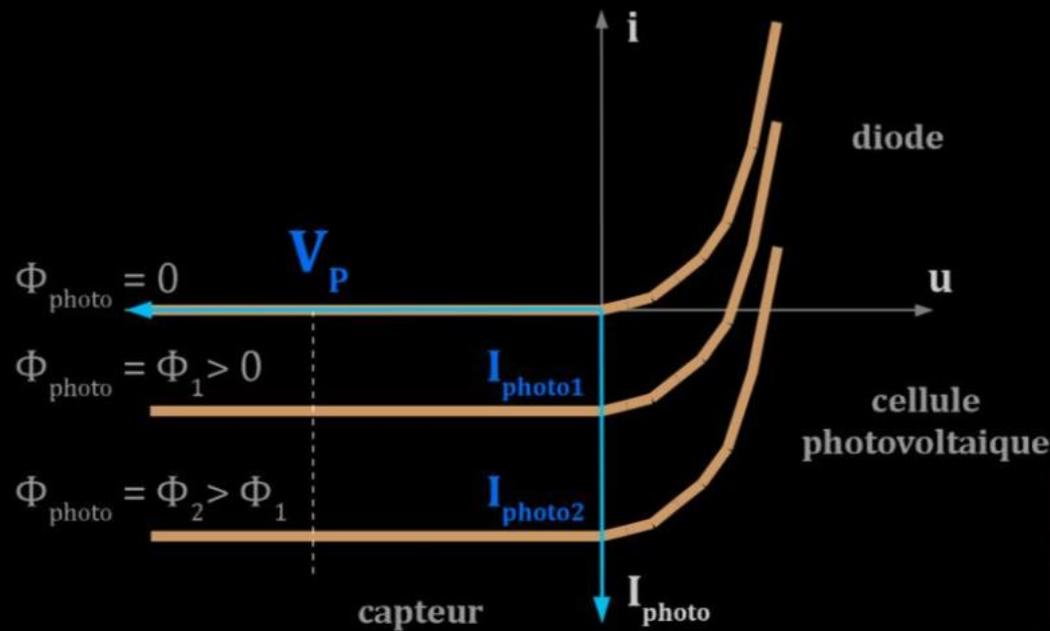
### Photodiode



# Des photons aux électrons

## Photodétection

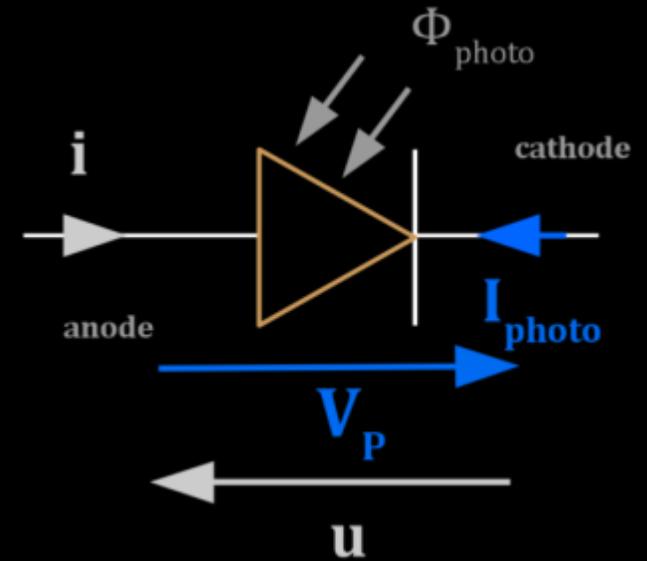
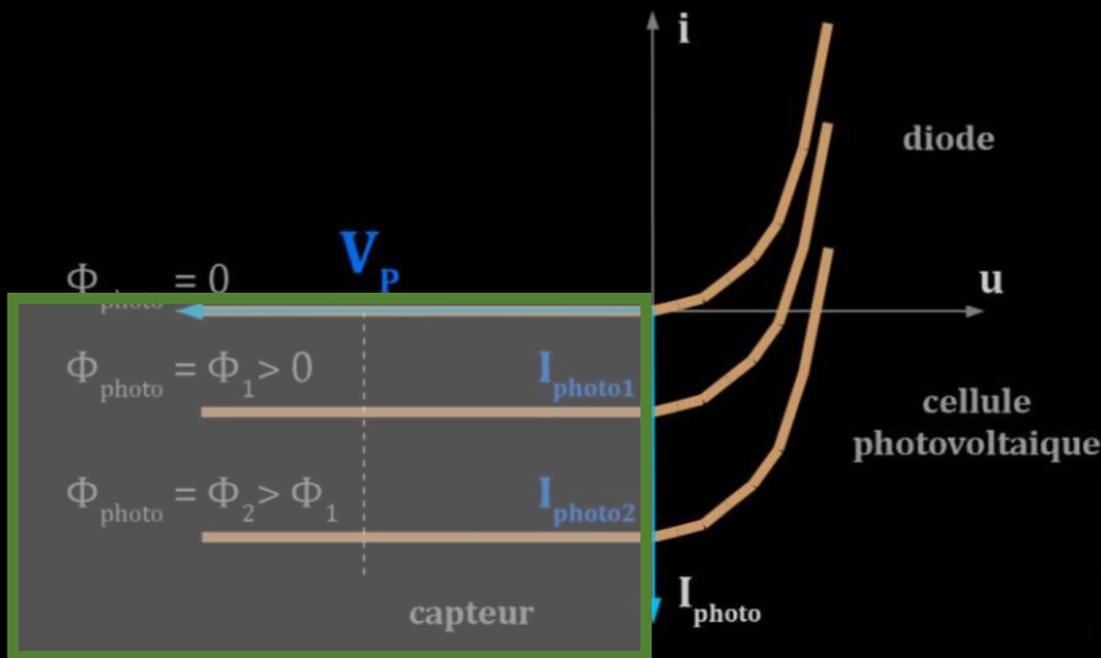
### Photodiode



# Des photons aux électrons

## Photodétection

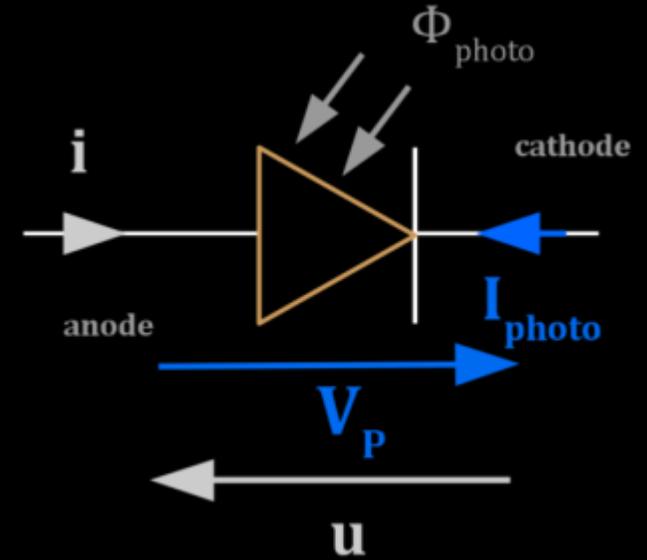
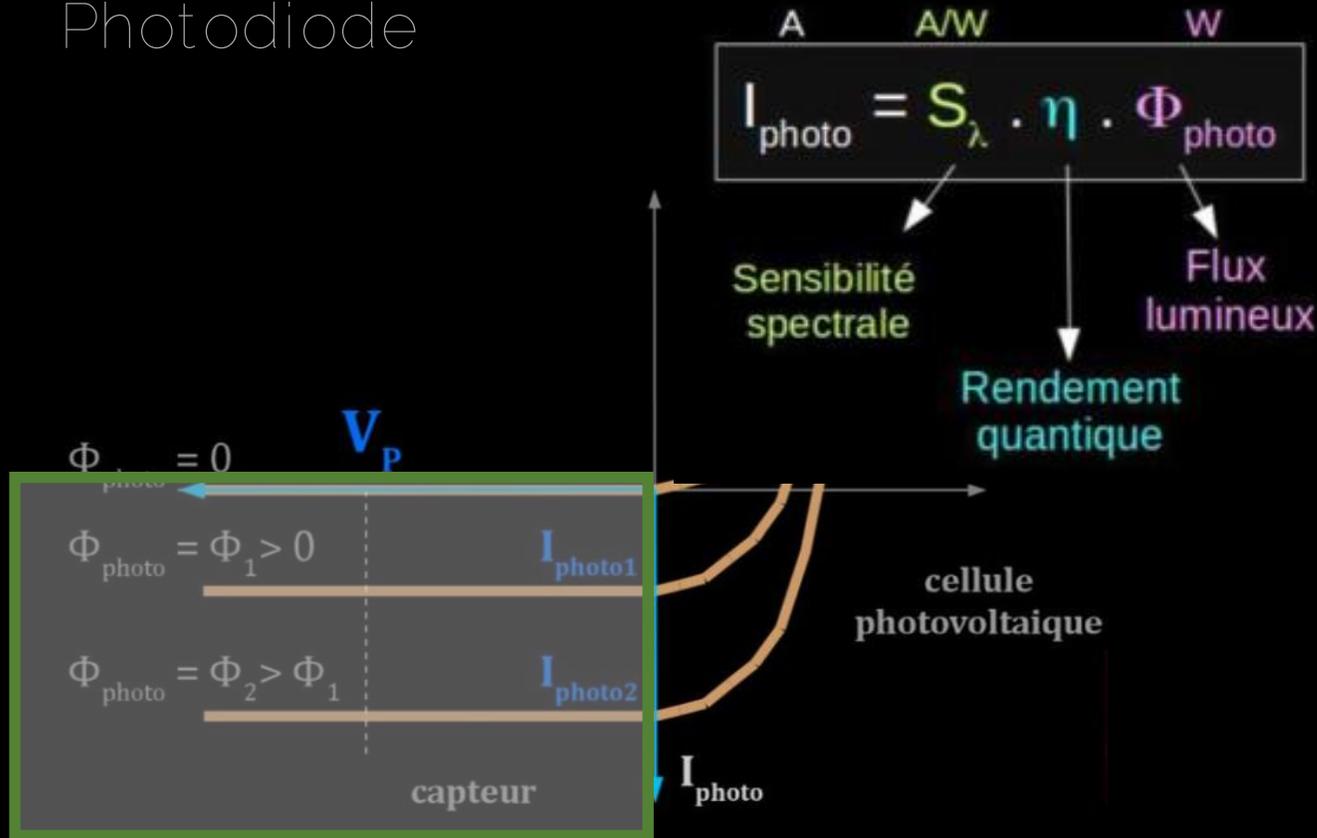
### Photodiode



# Des photons aux électrons

## Photodétection

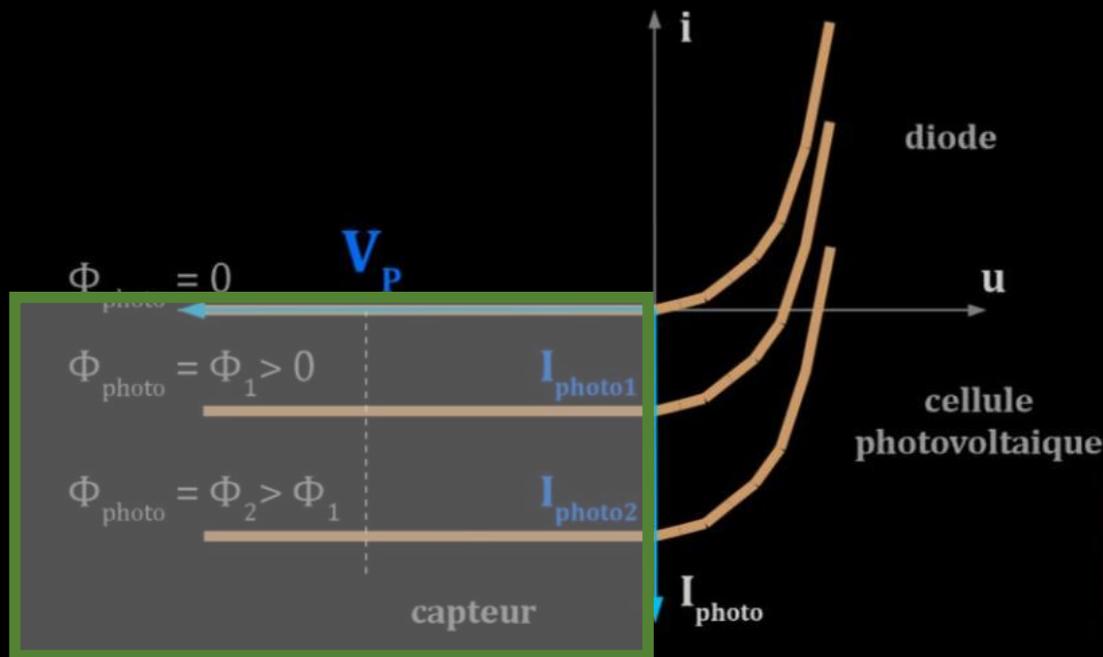
### Photodiode



# Des photons aux électrons

## Photodétection

### Système de photodétection



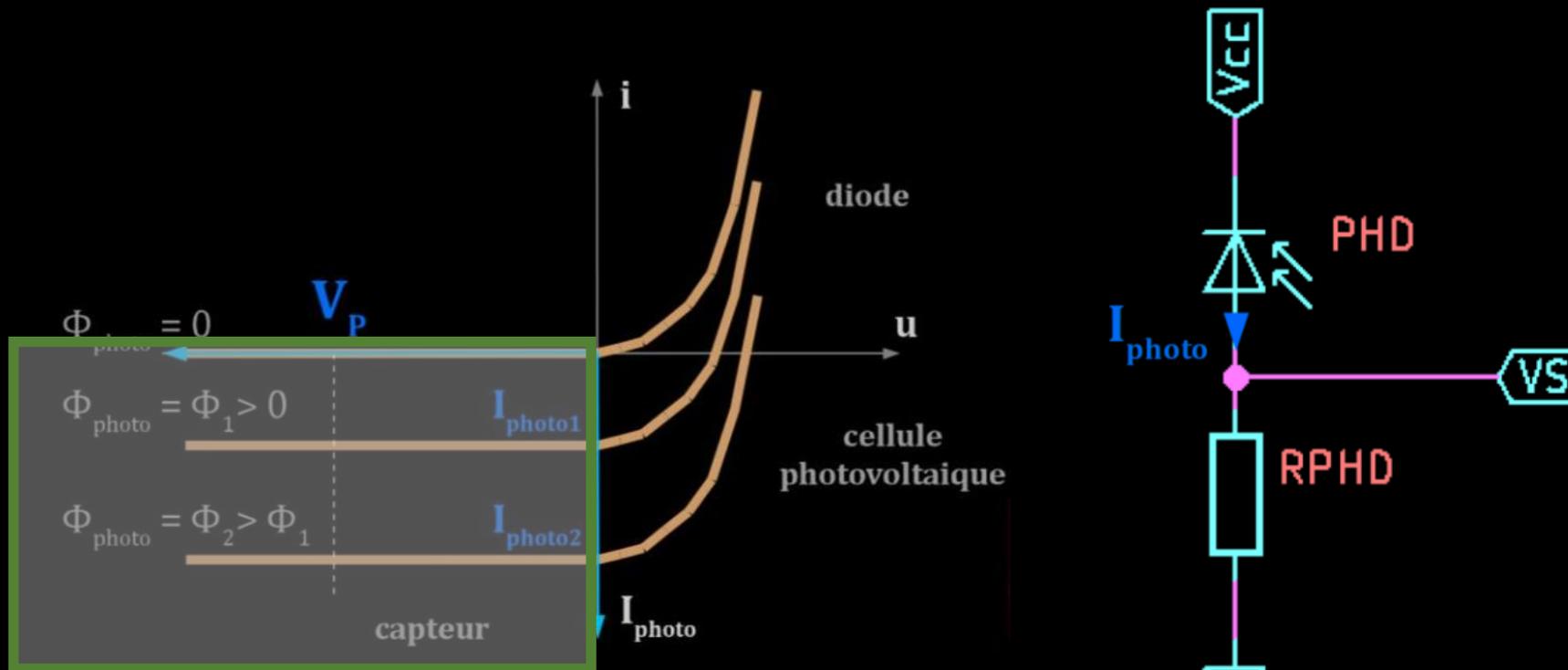
$$i_{photo} = k \cdot \Phi_{photo}$$



# Des photons aux électrons

## Photodétection

### Système de photodétection



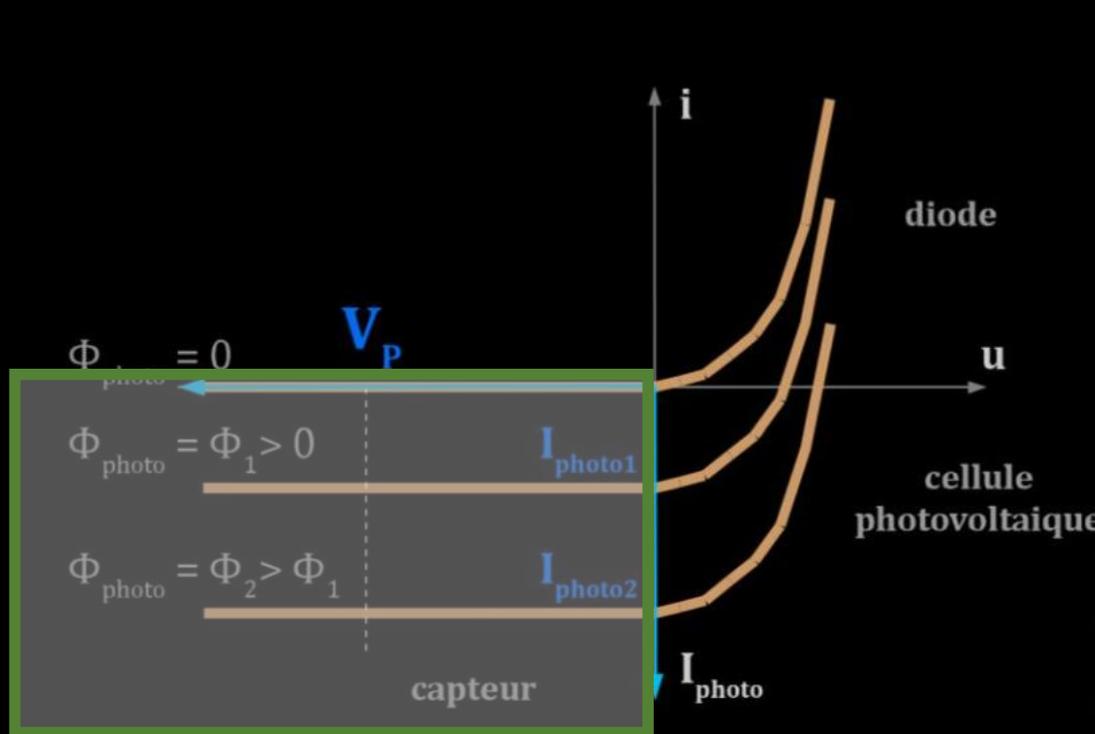
$$i_{photo} = k \cdot \Phi_{photo}$$



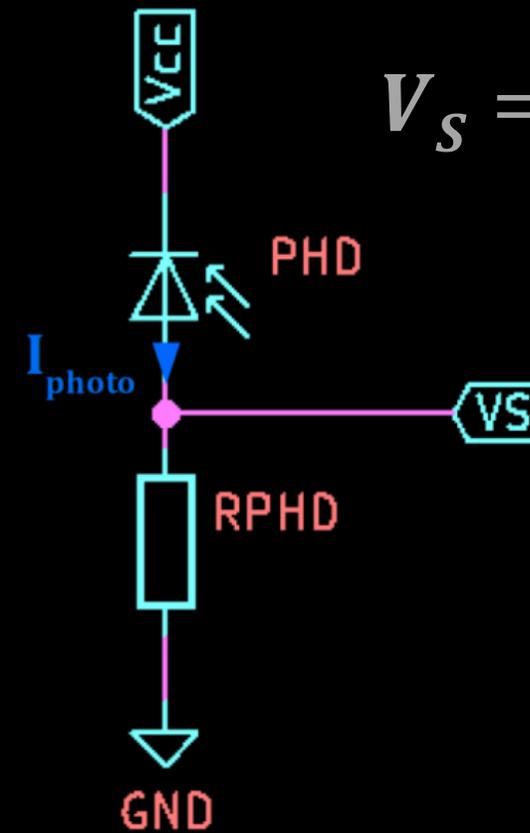
# Des photons aux électrons

## Photodétection

Système de photodétection



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



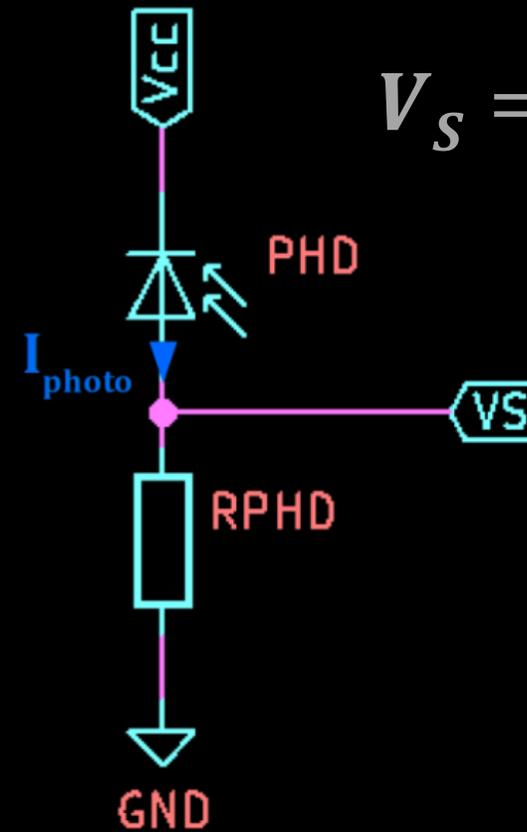
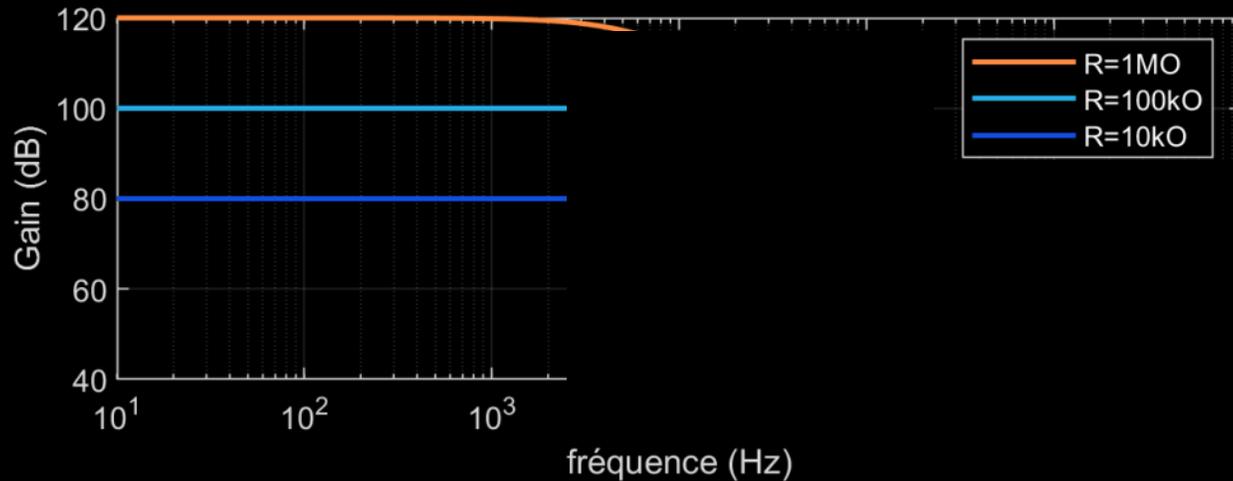
$$V_S = R_{PHD} \cdot I_{photo}$$



# Des photons aux électrons

## Photodétection

### Système de photodétection



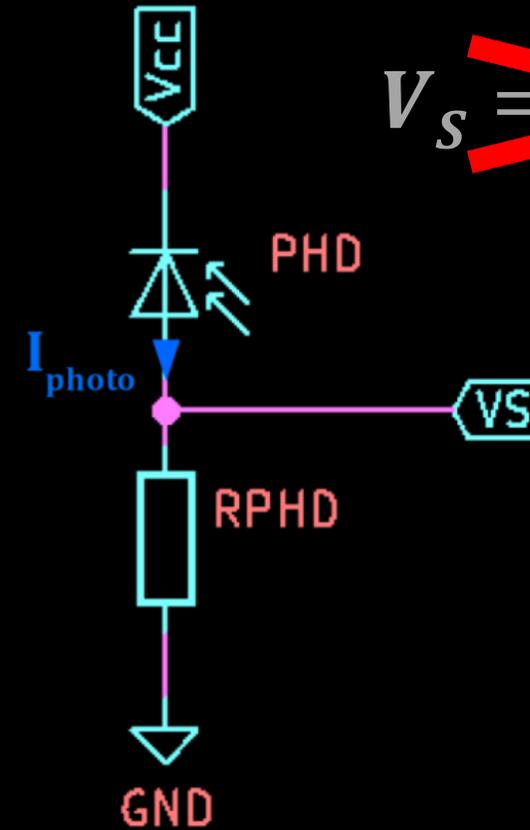
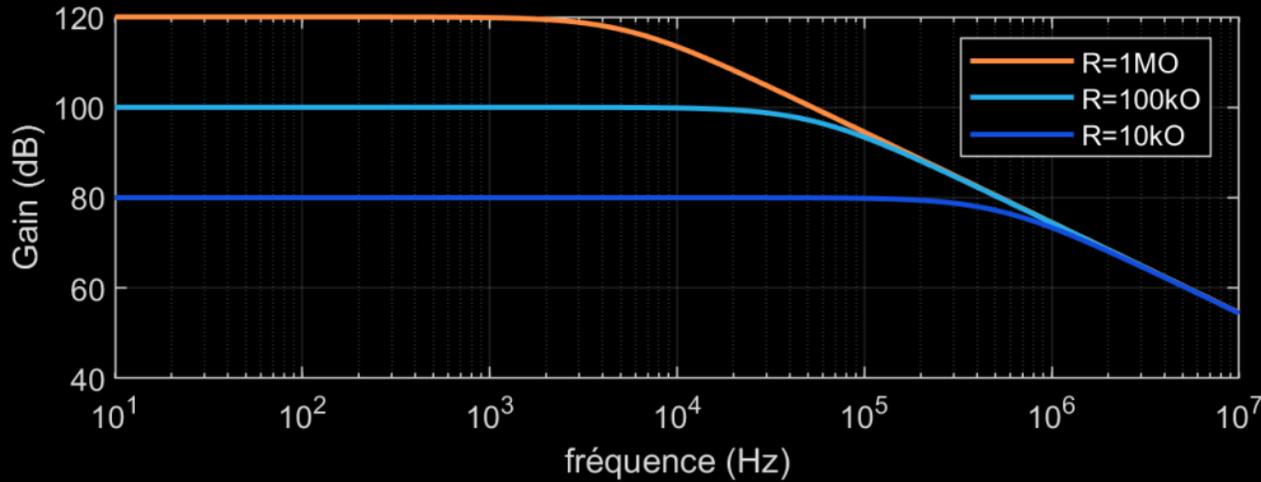
$$V_S = R_{PHD} \cdot I_{photo}$$



# Des photons aux électrons

## Photodétection

### Système de photodétection



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





# Electronique embarquée

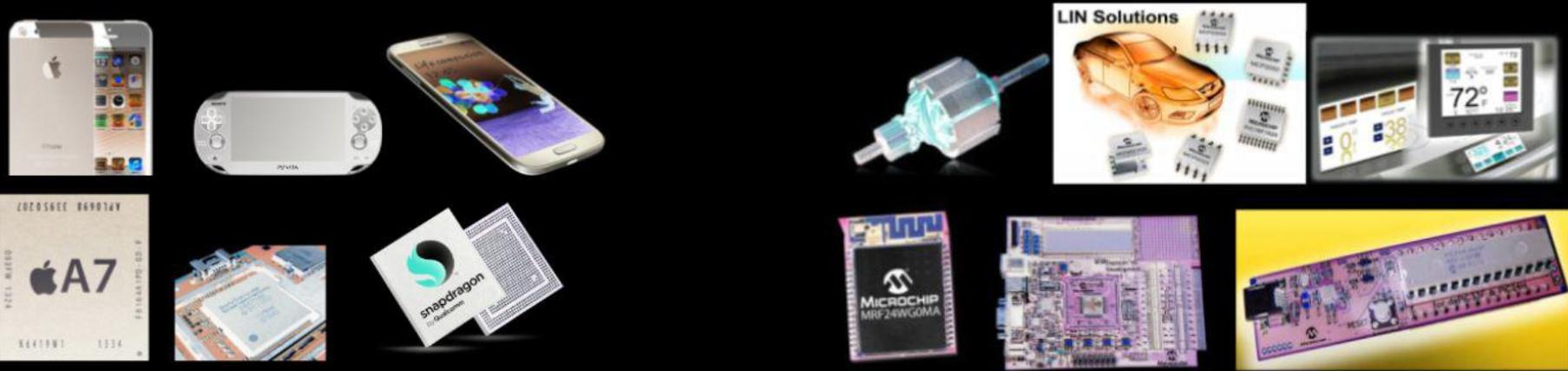
Microcontrôleur, un composant à tout faire

Julien VILLEMEJANE



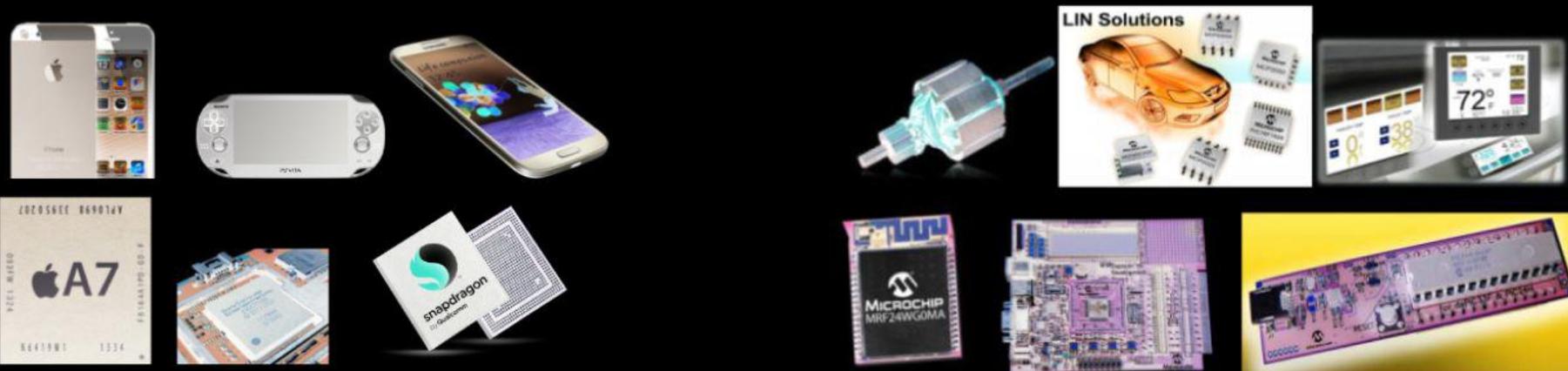
# Electronique embarquée

Microcontrôleur, un composant à tout faire



# Electronique embarquée

Microcontrôleur, un composant à tout faire



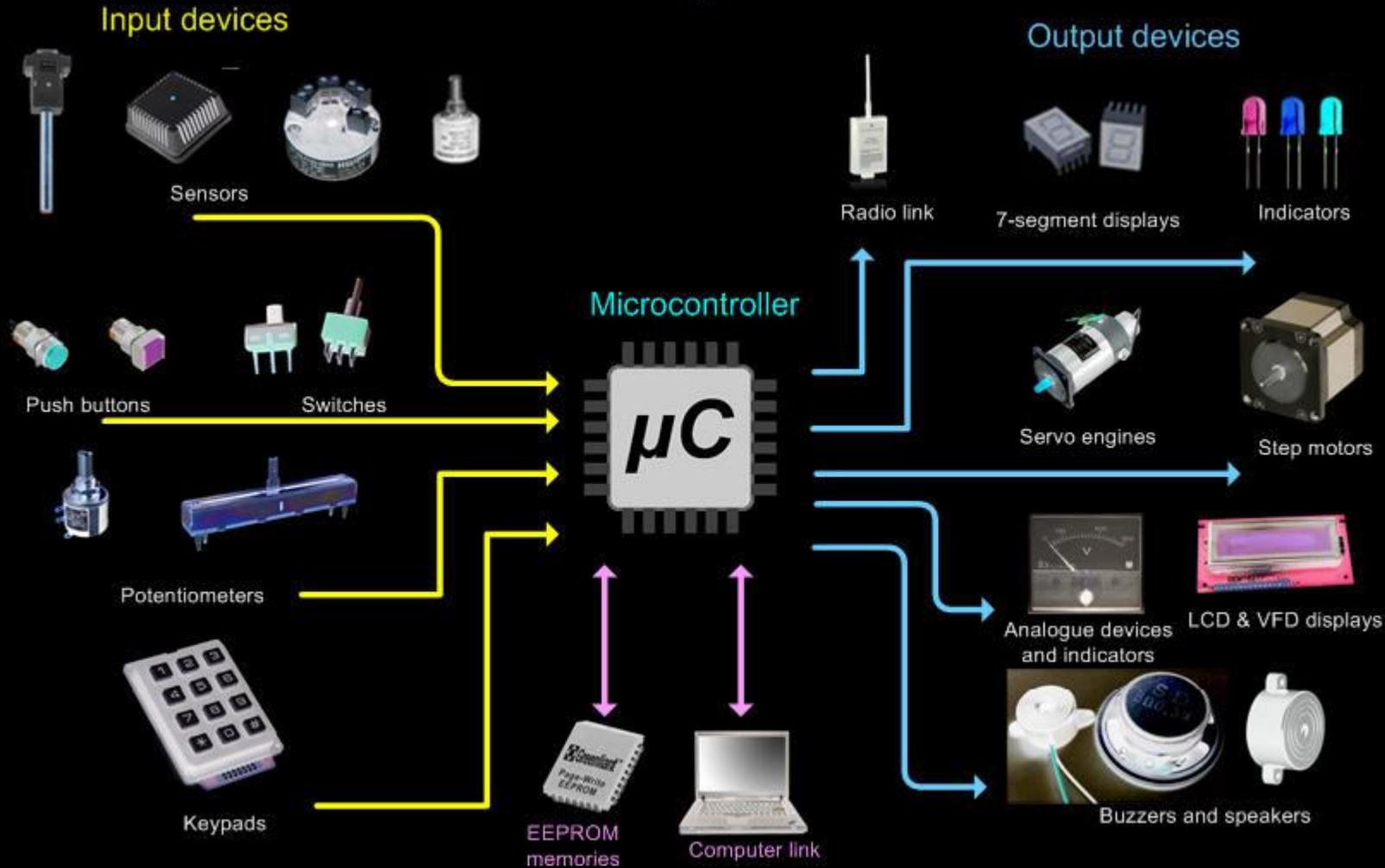
Interaction

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

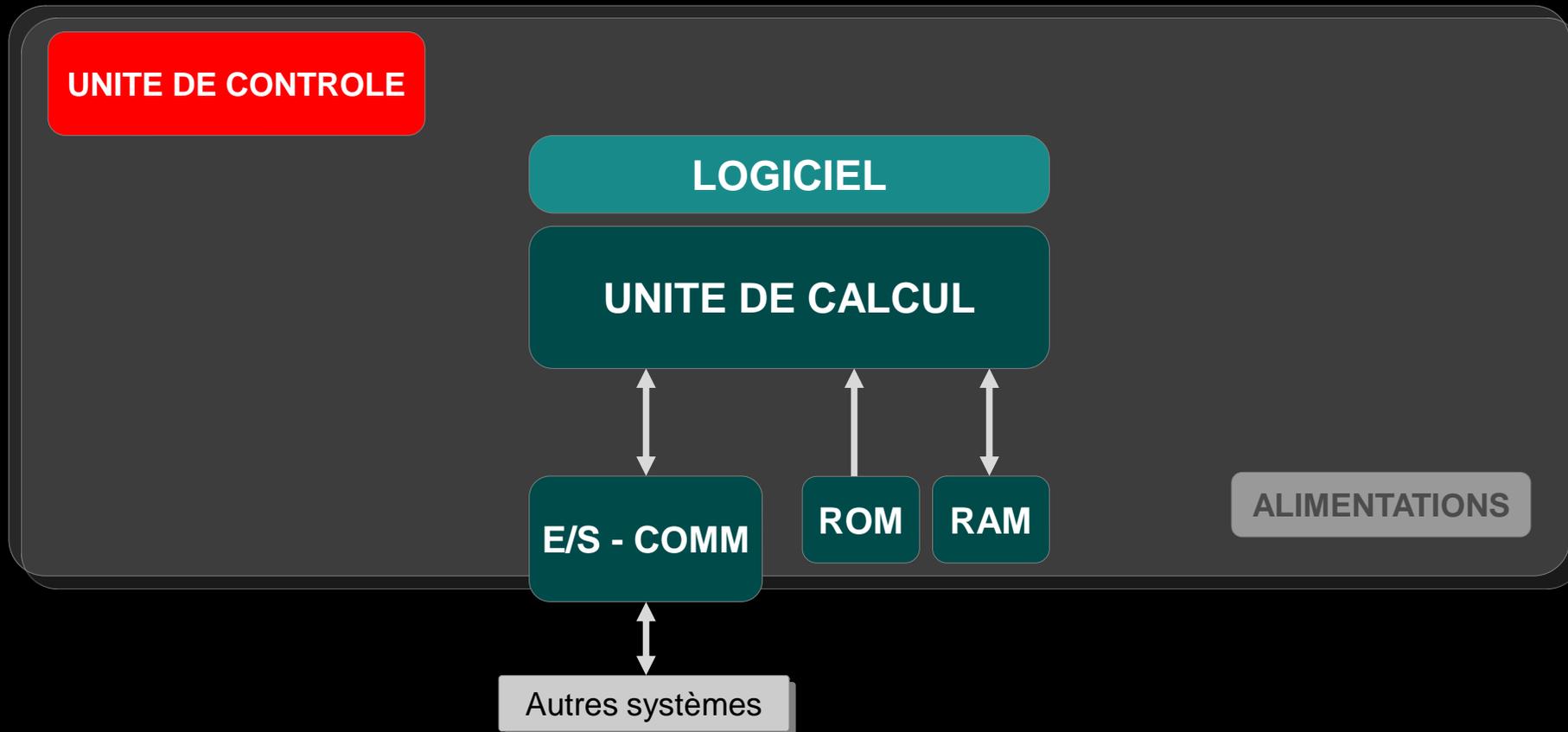
ROM

RAM

ALIMENTATIONS



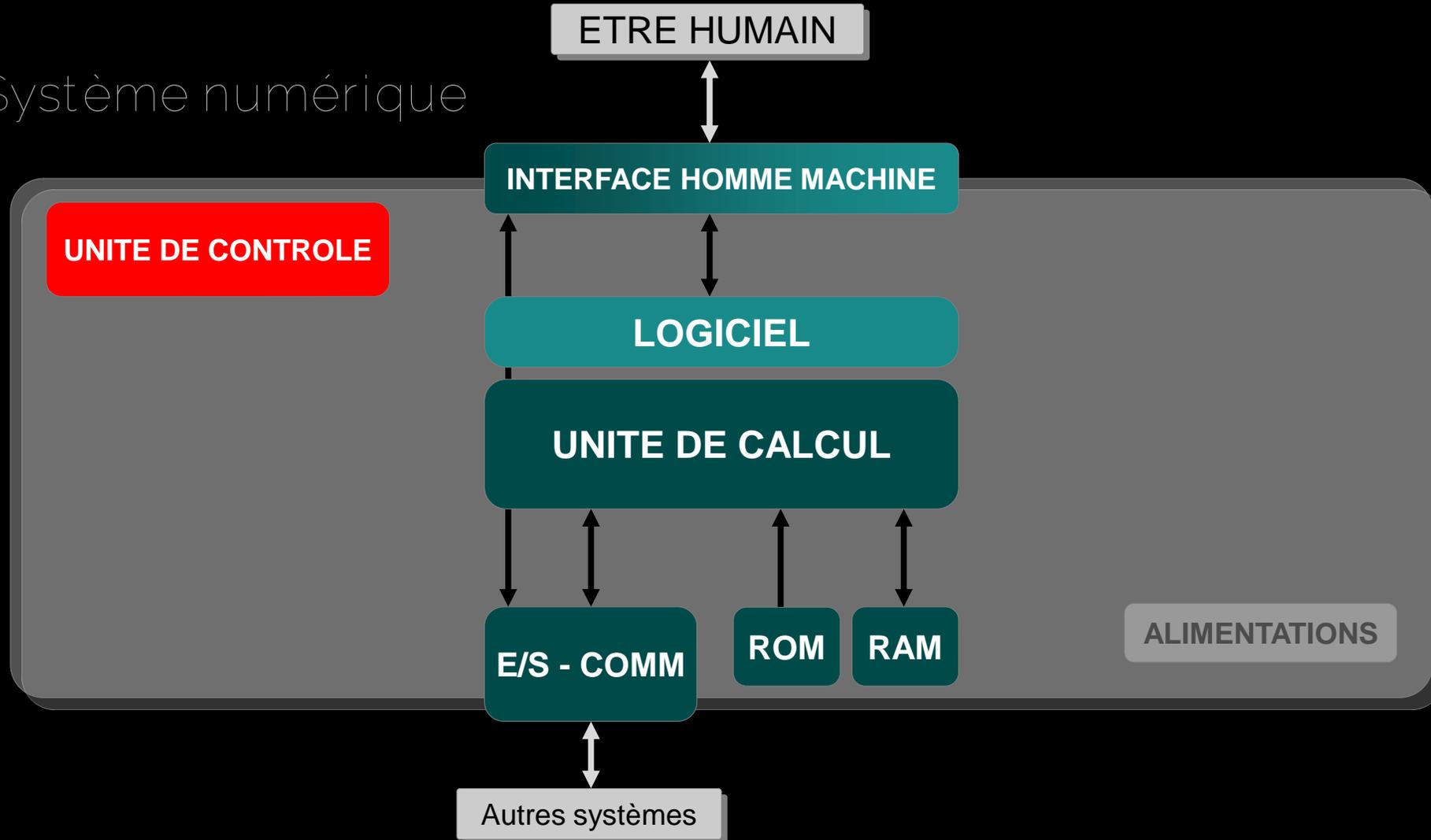
## Système numérique



# Electronique embarquée

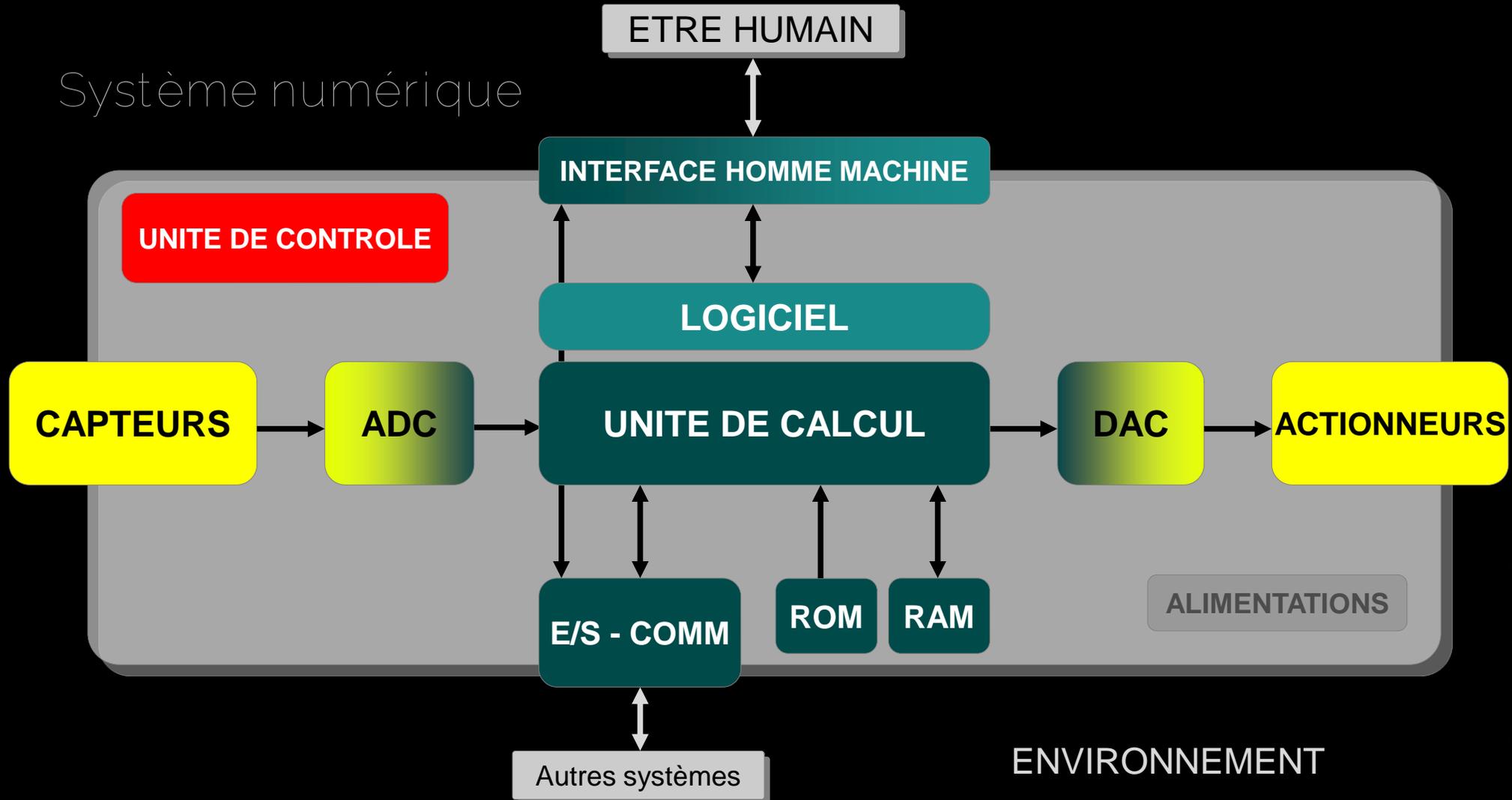
Microcontrôleur, un composant à tout faire

Système numérique



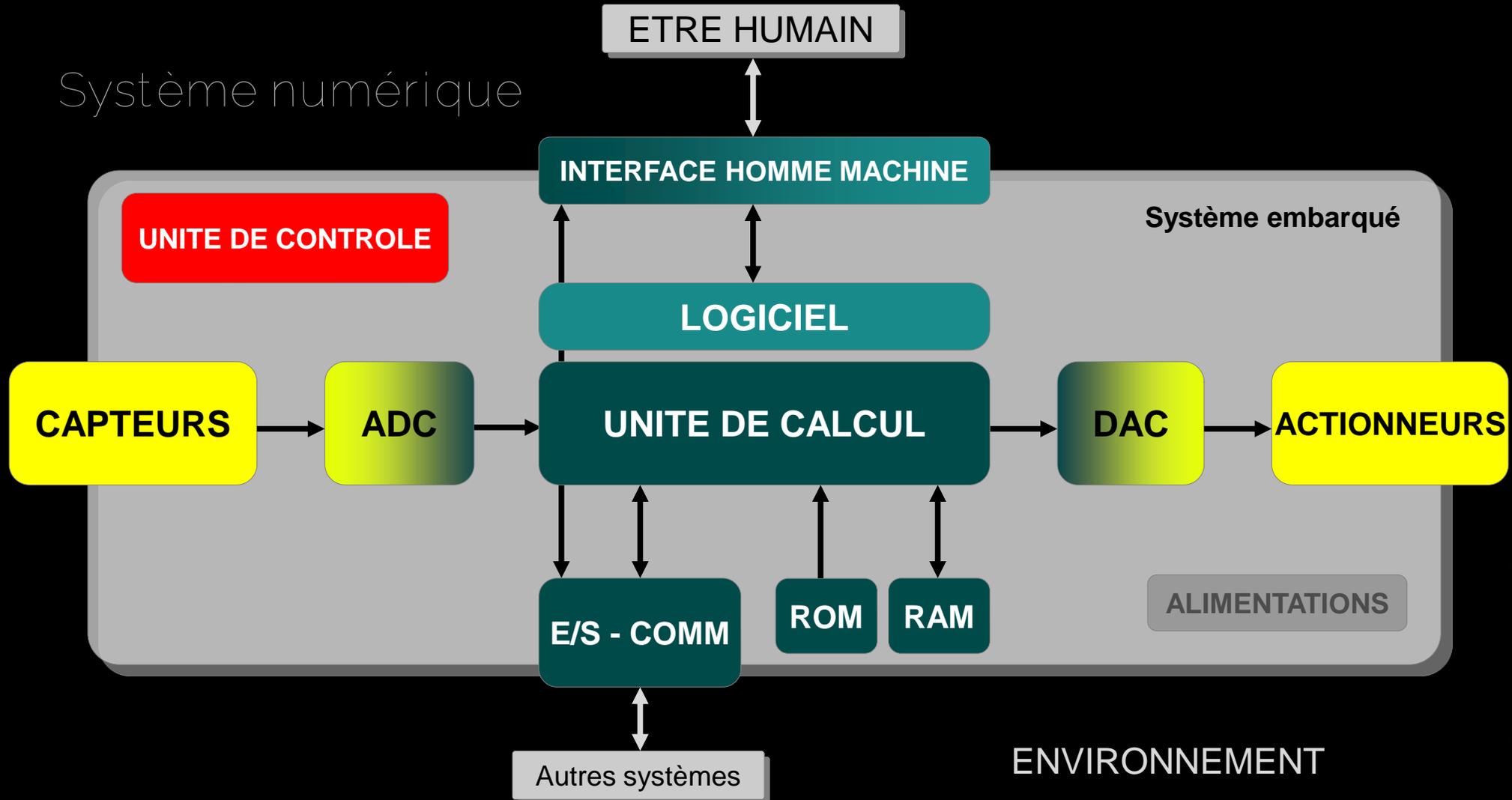
# Electronique embarquée

Microcontrôleur, un composant à tout faire



# Electronique embarquée

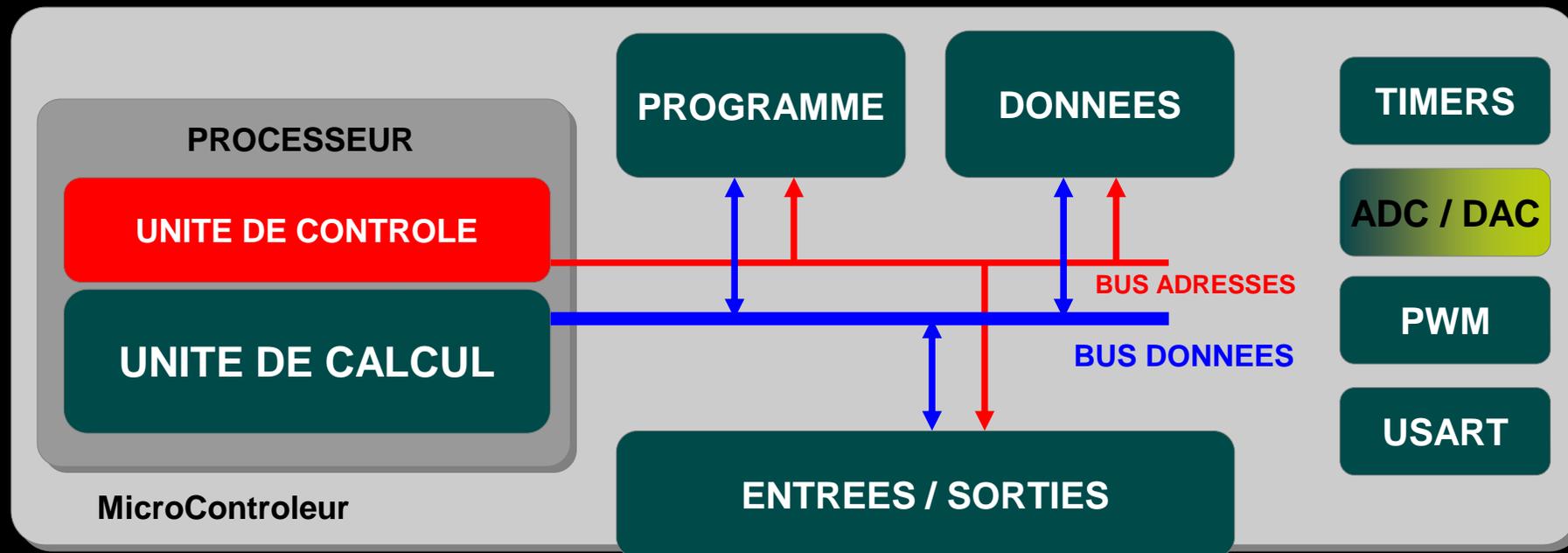
Microcontrôleur, un composant à tout faire



# Electronique embarquée

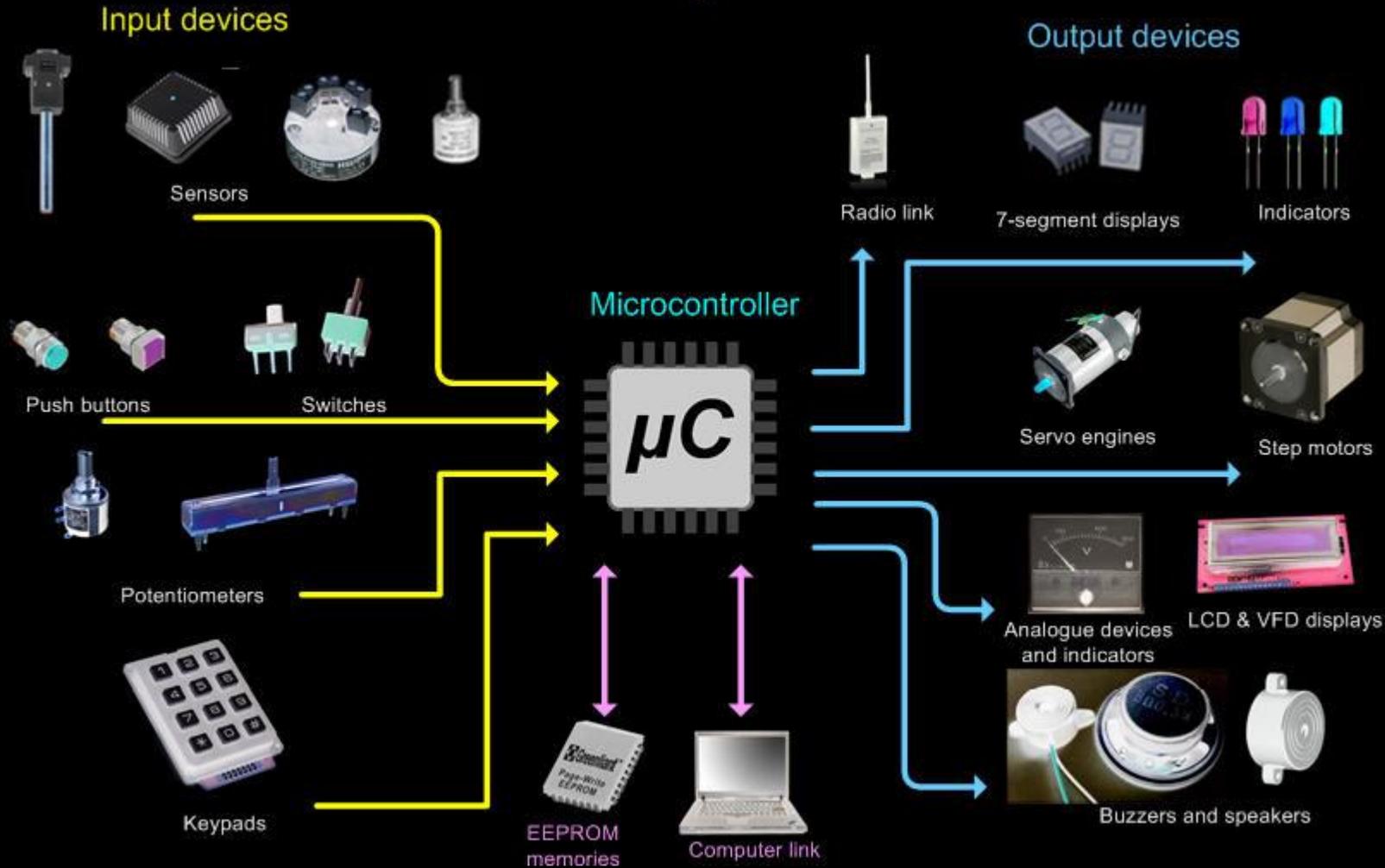
Microcontrôleur, un composant à tout faire

## Microcontrôleur



# Electronique embarquée

Microcontrôleur, un composant à tout faire



Interaction

Temps réel





# Conception Electronique

*pour le Traitement de l'Information*

Julien VILLEMEJANE

