



<http://lense.institutoptique.fr>

CéTI

# Bienvenue

Votre premier vrai cours d'ingénierie  
*ou presque...*

Julien VILLEMEJANE

Devenir ingénieur·e  
chercheur·se  
manager·se

innover  
entreprendre  
créer

responsable

Une mise à jour vers votre vie professionnelle



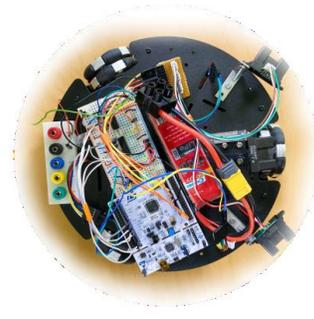
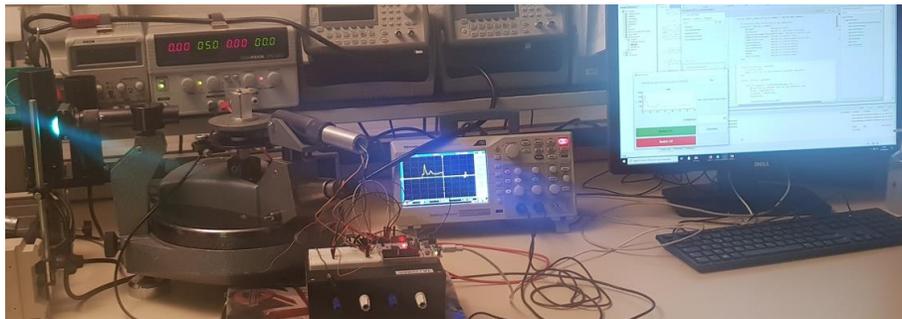
**photonique**

La science des technologies de demain



Ingénieur·e = constructeur·trice de systèmes

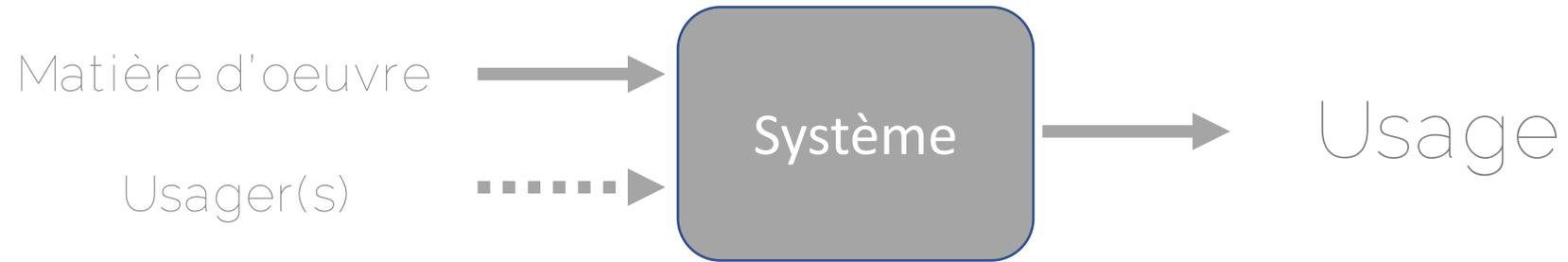
qui s'appuie sur des principes physiques  
pour les concevoir



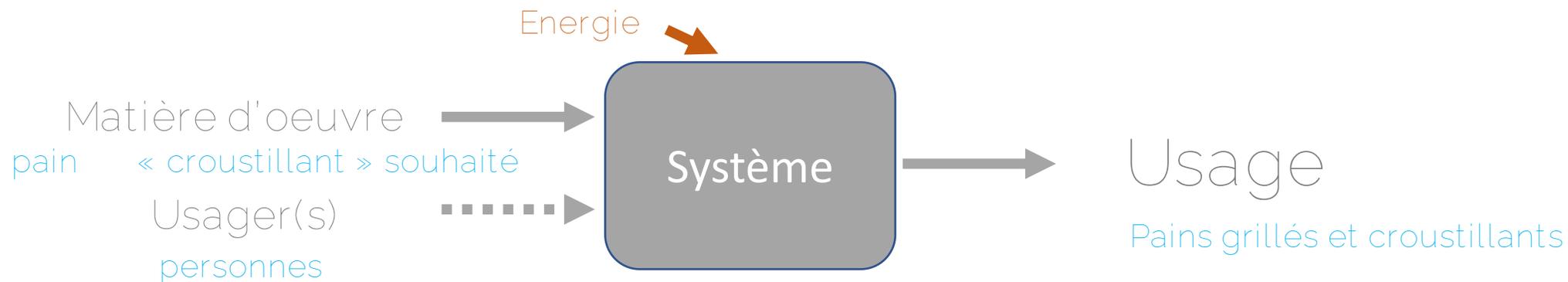
# Systemes et fonctionnalités

Définition, représentation, découpage fonctionnel

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



Fonction principale



## Fonction principale

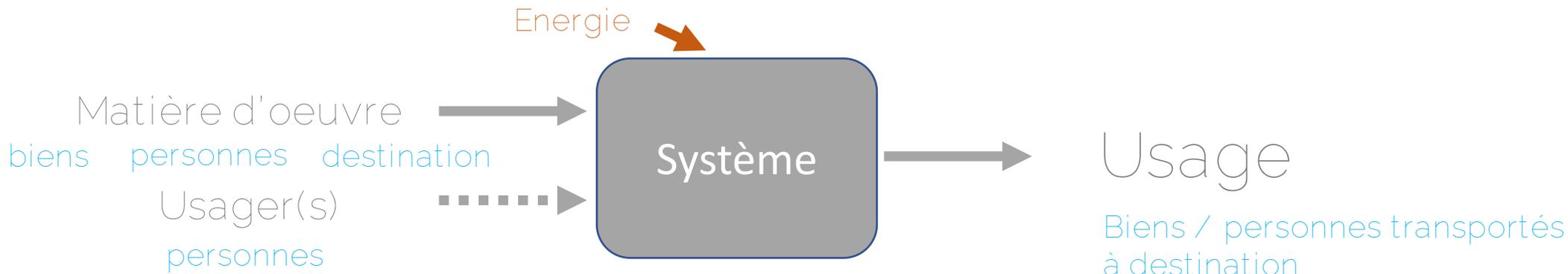
Grille pain



chauffer des tranches de pain et ainsi le rendre croustillant

# Systeme

Représentation



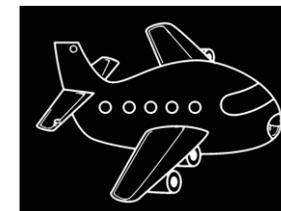
Fonction principale + Contraintes / Performances

Véhicule

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

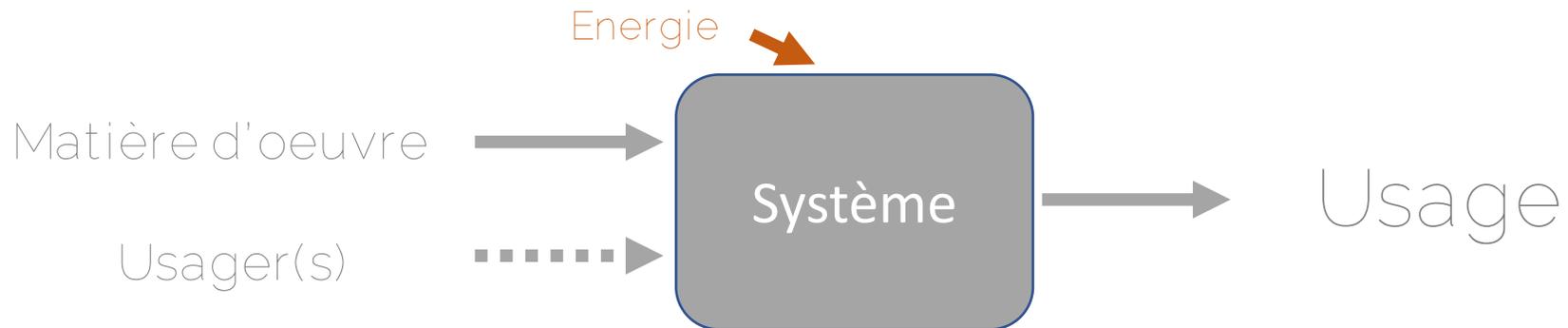


Vélo      Camion      Avion  
 Voiture      Bateau



# Systeme

Représentation

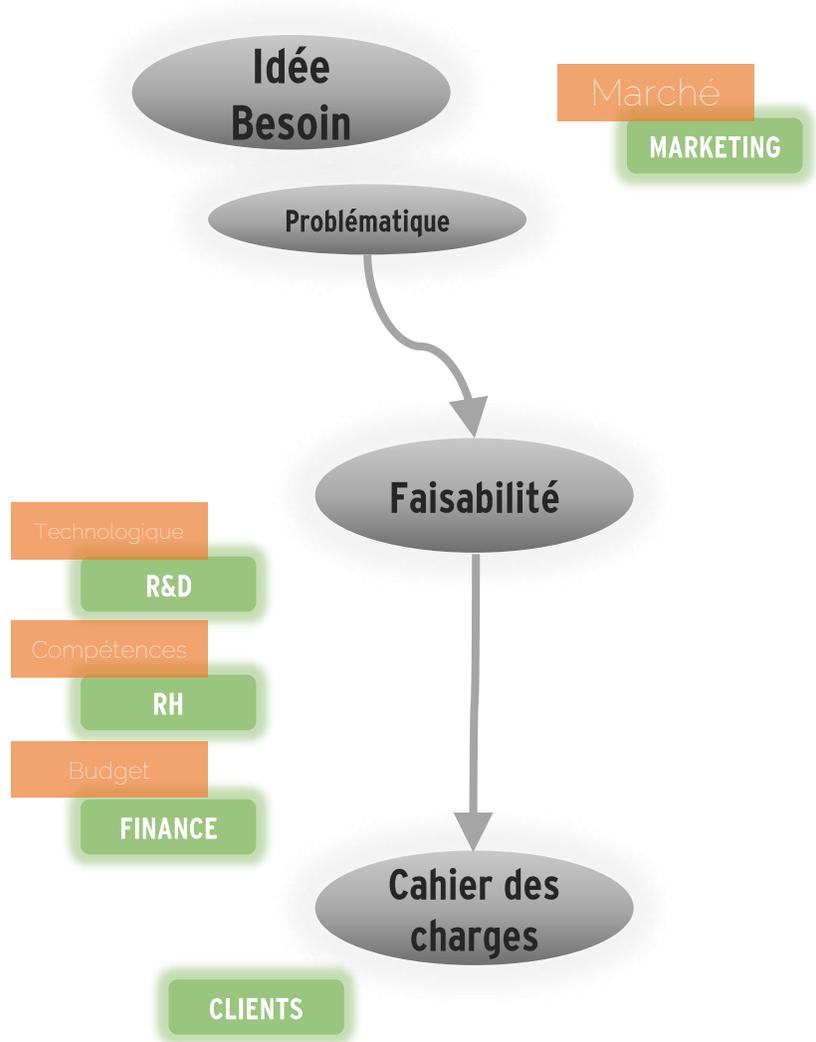


Fonction principale + Contraintes / Performances



# Concevoir un système

Du besoin au produit



- Prendre en compte tous les aspects d'un projet : **besoins**, **budget**, **compétences**, problématiques, **savoir-faire**...
- Identifier les **freins** à la bonne réalisation du projet
- Définir les objectifs à atteindre
- *Imaginer plusieurs scénarios menant à la réussite de son projet, ainsi qu'un plan d'urgence à mettre en œuvre en cas de problème*

**INGENIEUR.E**

**Idée**

Marché

**MARKETING**

Problématique

**Conception**

**Faisabilité**

Technologique

**R&D**

Compétences

**RH**

Budget

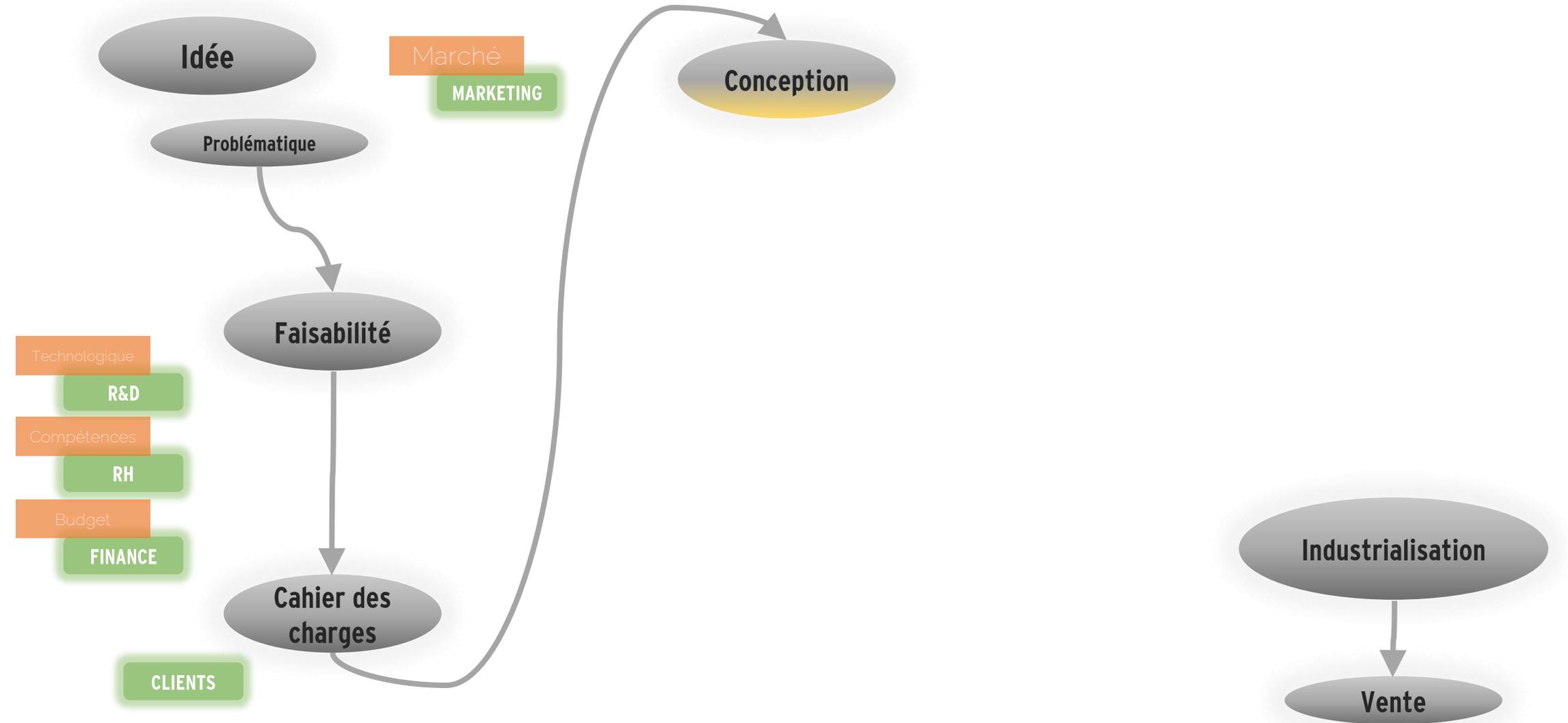
**FINANCE**

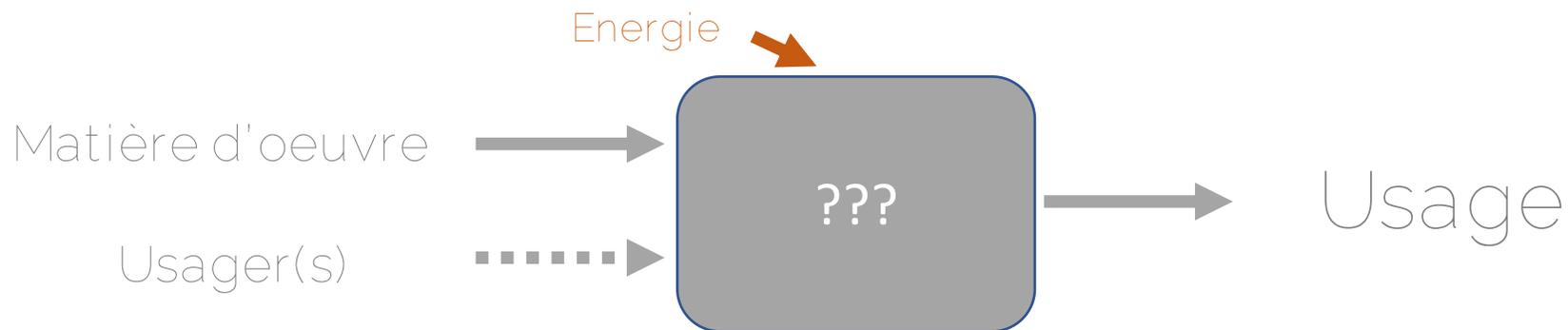
**Cahier des  
charges**

**CLIENTS**

**Industrialisation**

**Vente**



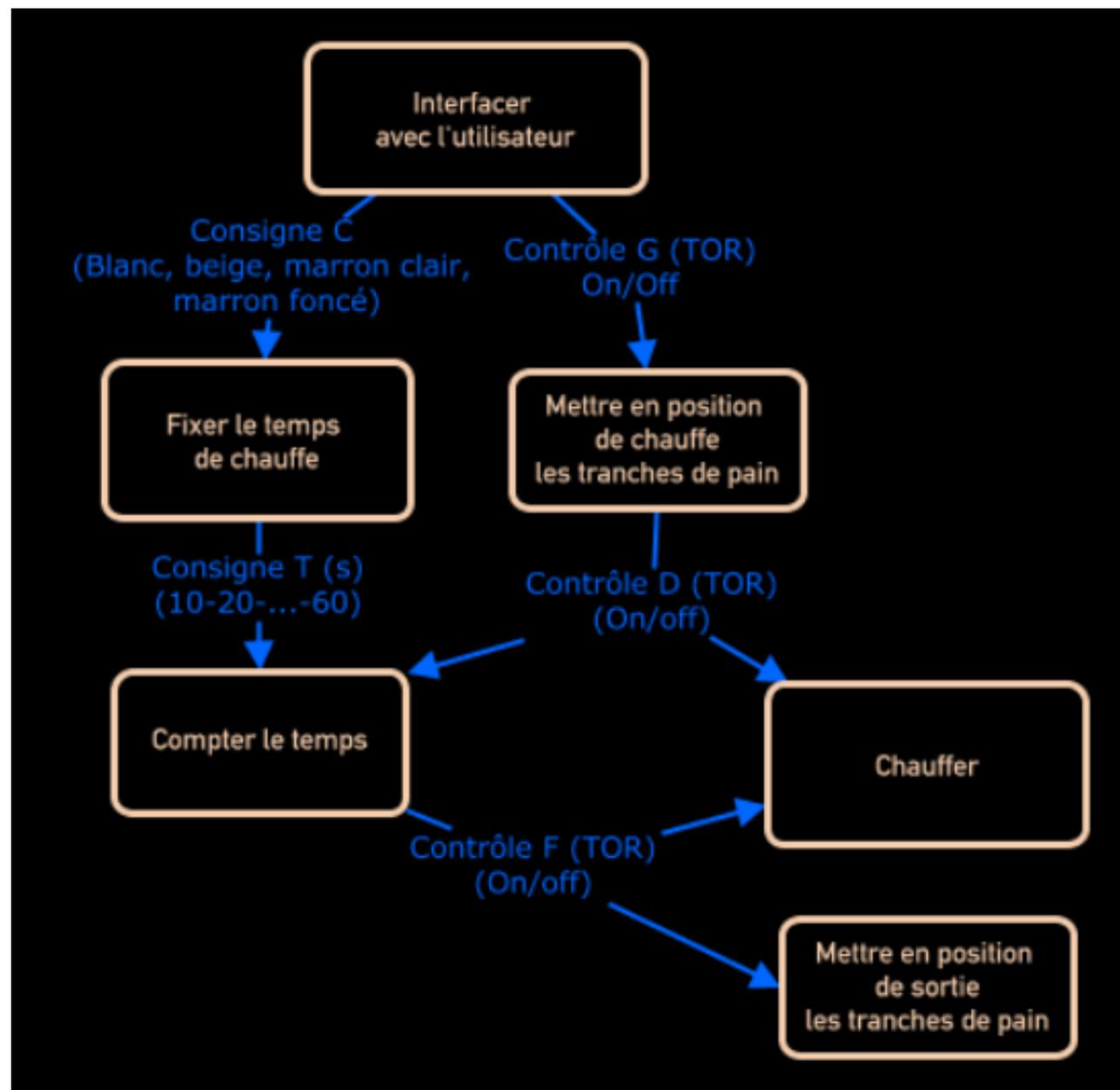


## Analyse fonctionnelle

Démarche qui « consiste à rechercher et à caractériser les fonctions offertes par un produit pour satisfaire les besoins de son utilisateur »

# Systeme et fonctionnalités

Représentation



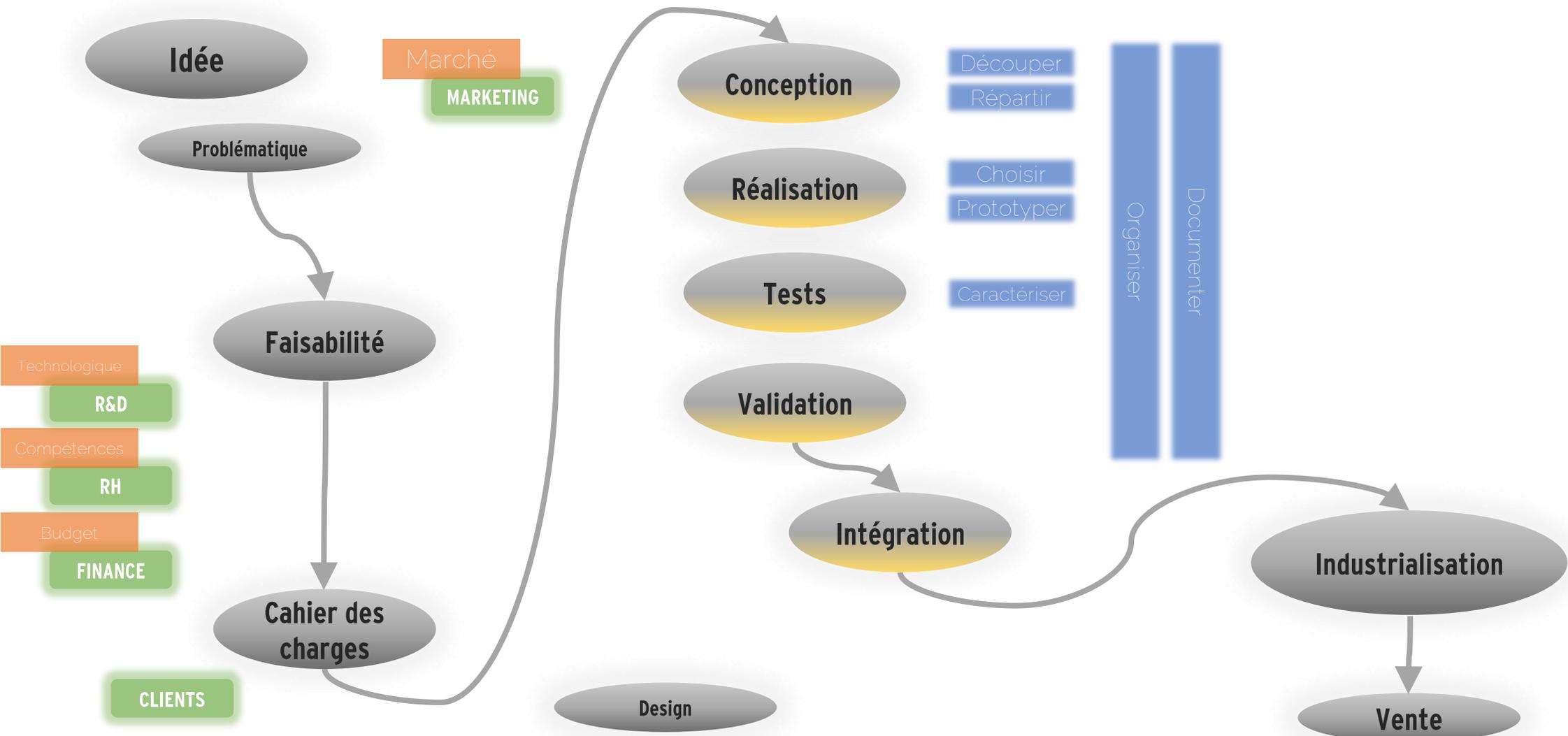
Fonction principale

Grille pain

chauffer des tranches de pain et ainsi le rendre croustillant



**INGENIEUR.E**





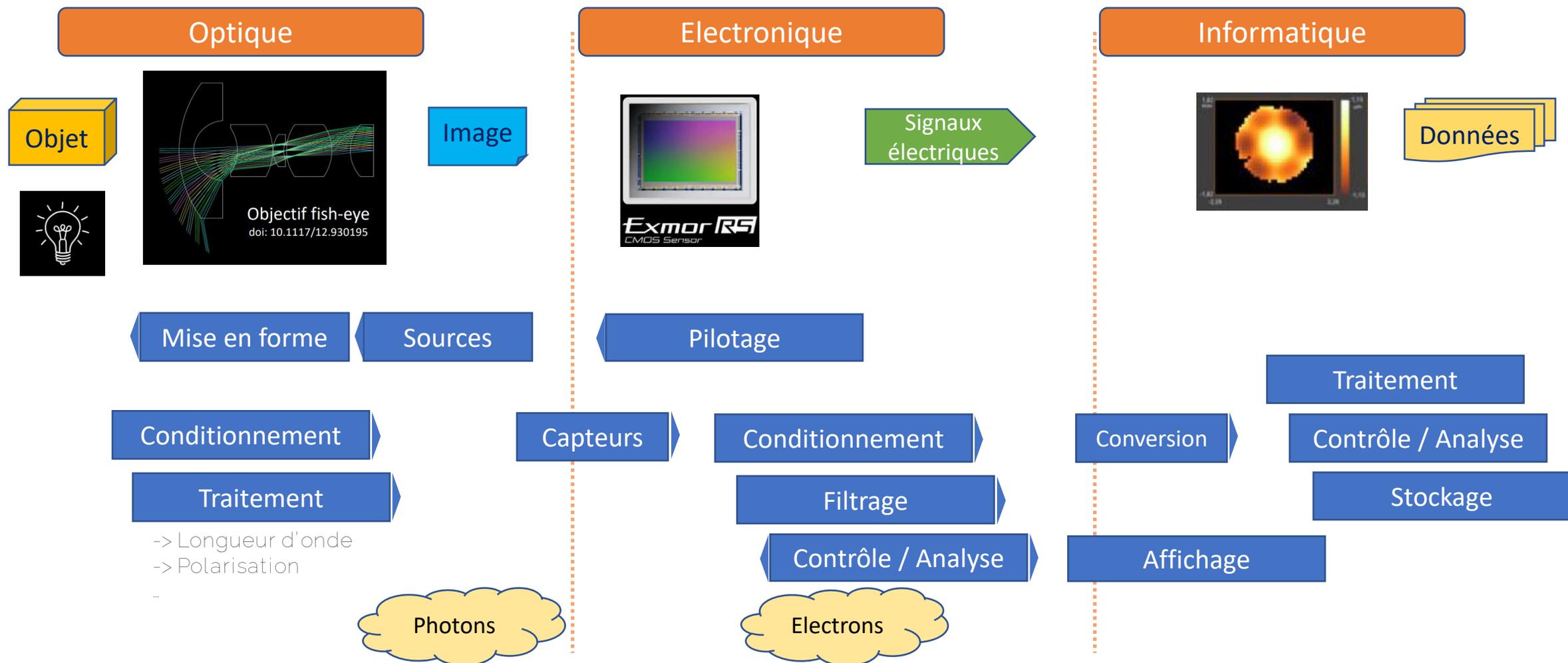
<http://lense.institutoptique.fr>

# Photonique et système imageant

De l'objet à son analyse

# Photonique et système imageant

Assemblage de fonctions





<http://lense.institutoptique.fr>

# Fonctionnalités électroniques

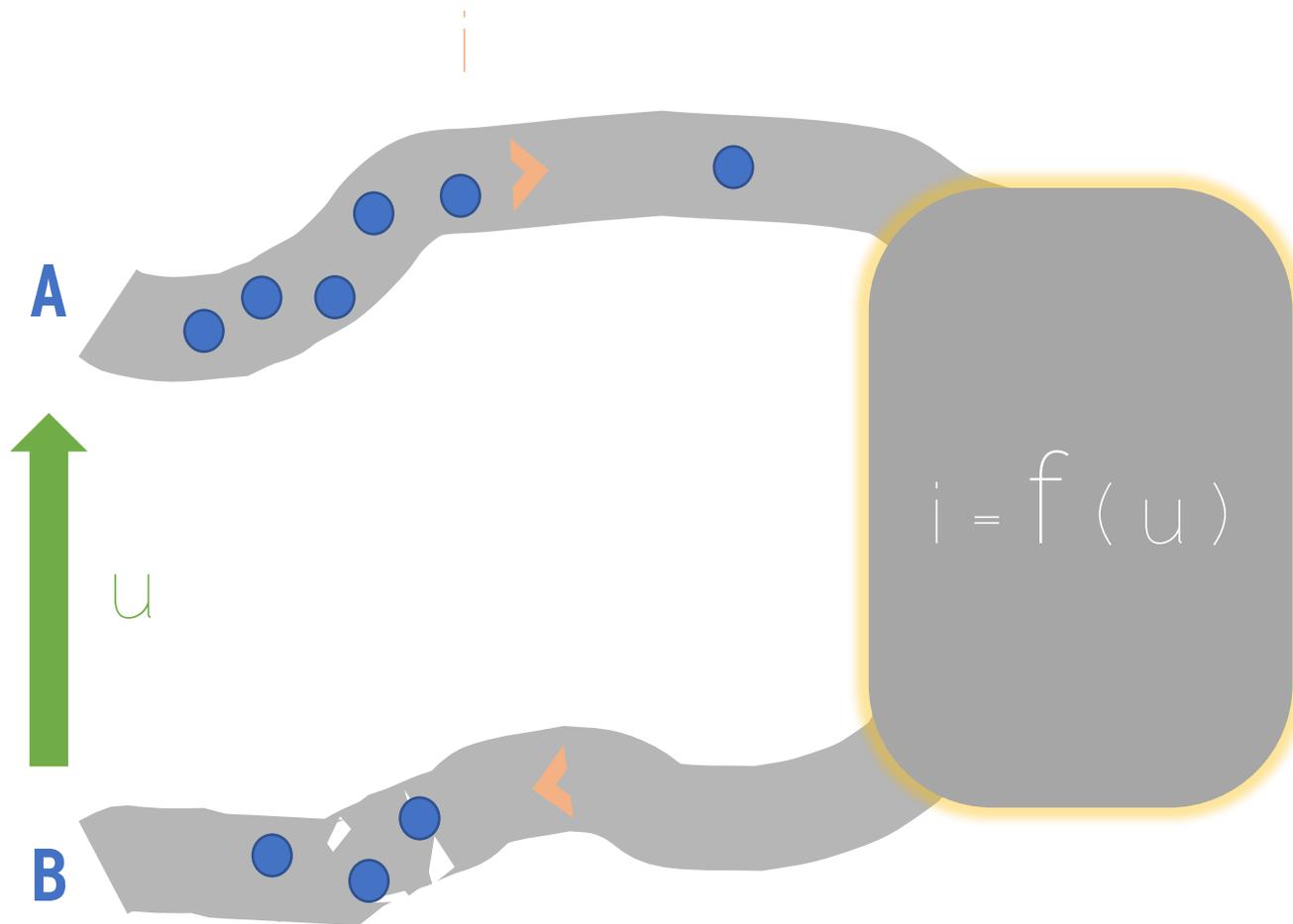
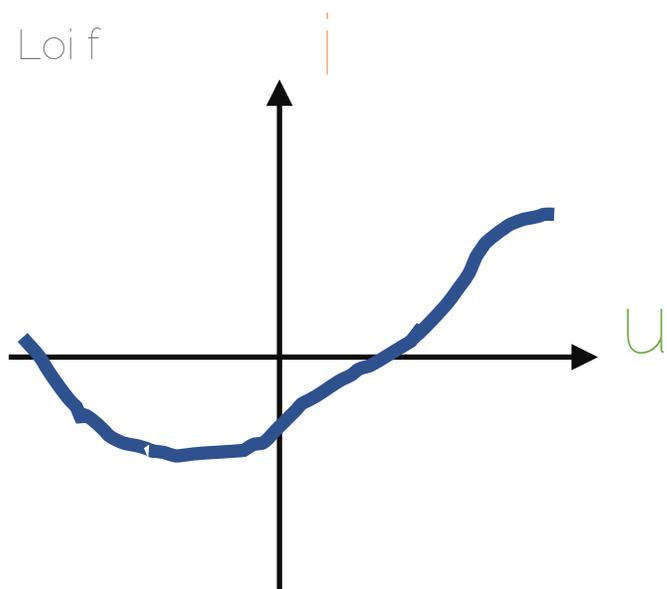
Dipôles, composants, circuits

# Fonctionnalités électroniques

Dipôles, composants, circuits

Dipôle

Loi f

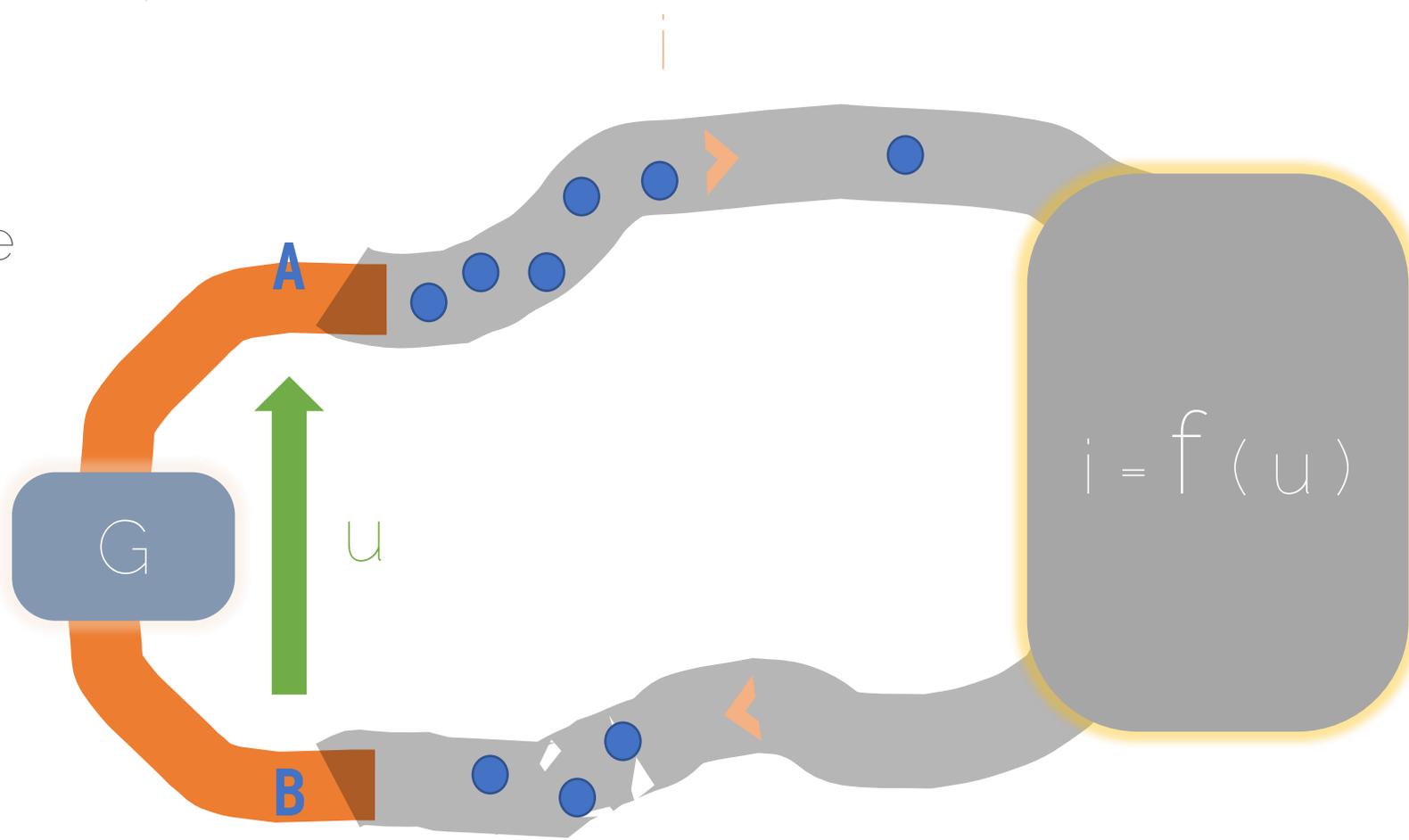
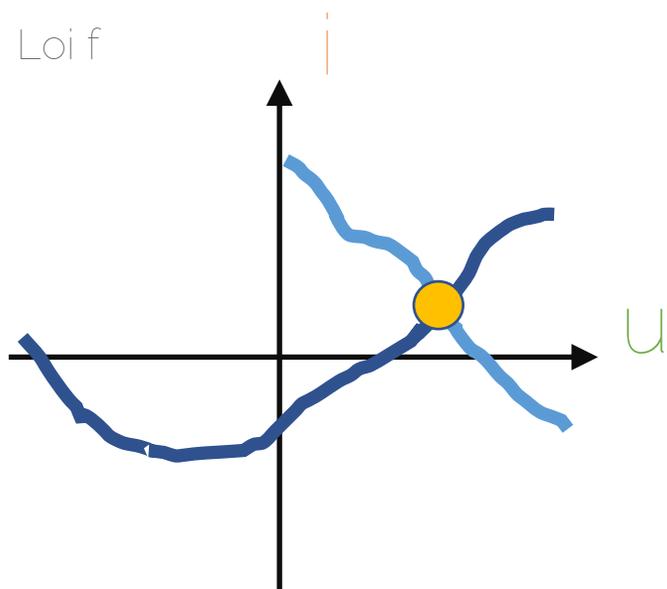


# Fonctionnalités électroniques

Dipôles, composants, circuits

Dipôle

Loi f

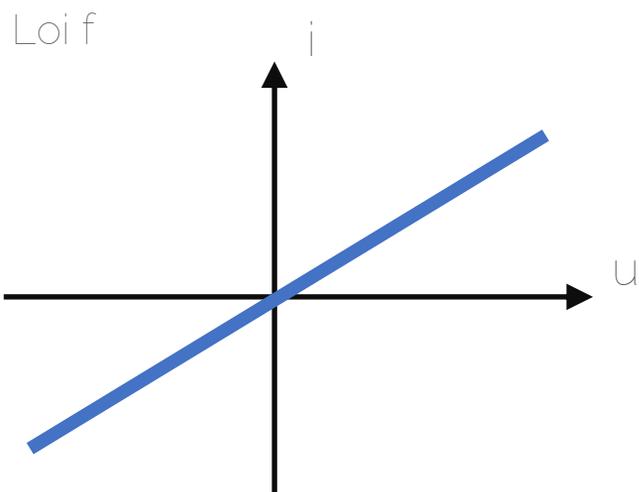


**POINT DE FONCTIONNEMENT**  
***CIRCUIT FERME***

Dipôles « standard »

**LINEAIRES**

Résistance



$$u = R \cdot i$$

$$Z_R = R$$

Condensateur

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

$$Z_C = 1 / jC\omega$$

Inductance

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

$$Z_L = jL\omega$$

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

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

# Fonctionnalités électroniques

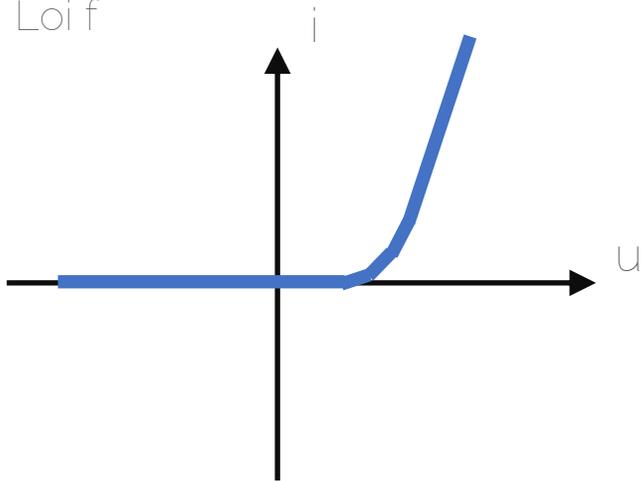
Dipôles, composants, circuits

Dipôles « standard »

**NON - LINEAIRES**

Diode

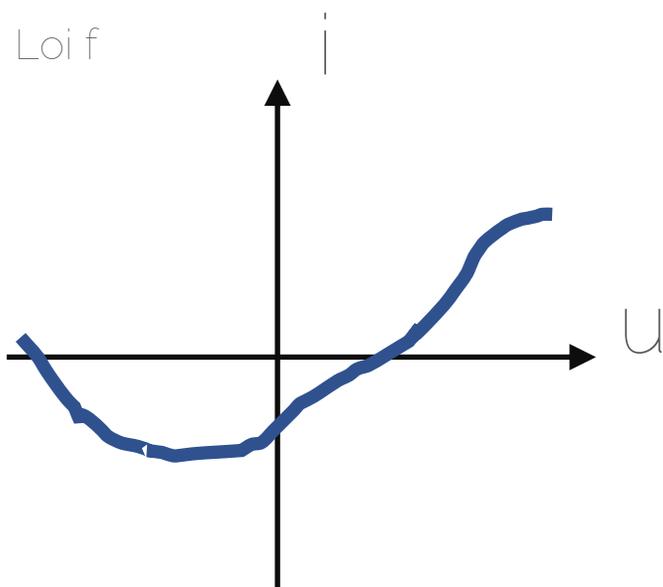
Loi f



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

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

Dipôles « standard »



## LINEAIRES

Résistance  
Condensateur  
Inductance

## NON-LINEAIRES

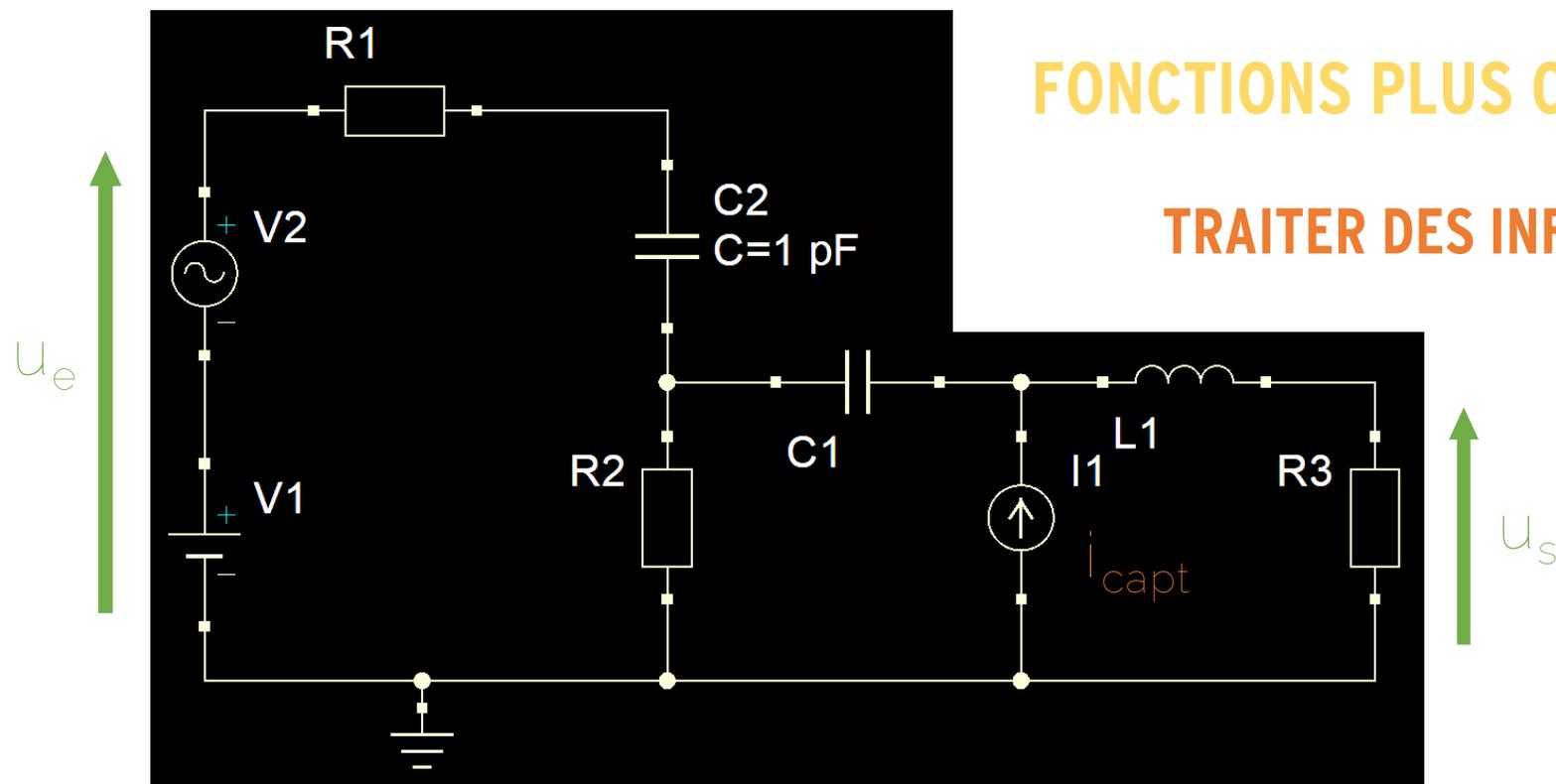
Diode

## GENERATEURS

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

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

Circuits = association de dipôles



**FONCTIONS PLUS COMPLEXES**

**TRAITER DES INFORMATIONS ELECTRIQUES**

Circuits = association de dipôles

Pour tout le reste...

**LOI DES NŒUDS (courants)**  
**LOI DES MAILLES (ddp)**

## DOCUMENTATION TECHNIQUE

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

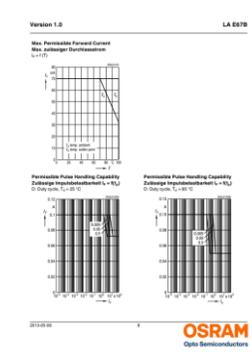
**THEOREME DE SUPERPOSITION  
(circuits linéaires)**  
**THEOREME DE MILLMANN  
(simplification loi des nœuds)**



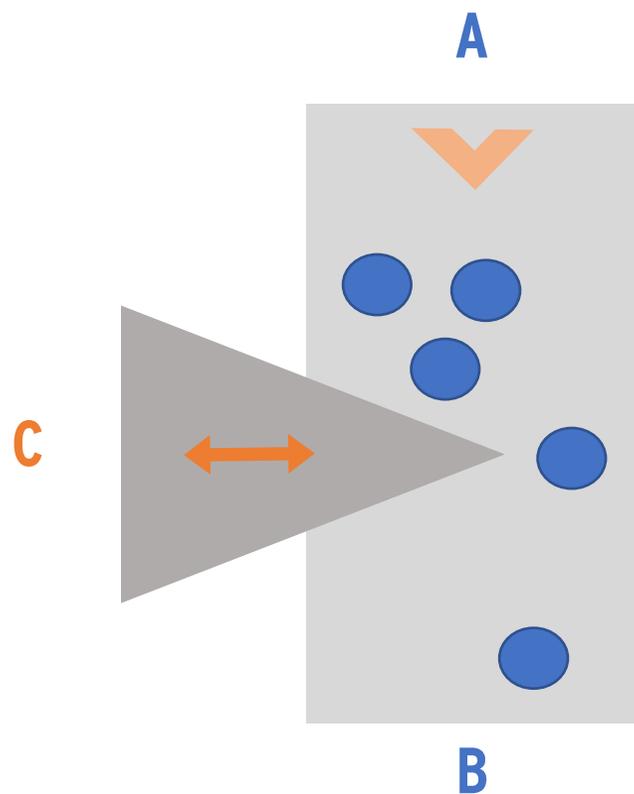
Version 1.0 LA 687B

Parameter	Symbol	Value	Unit
Max. Power	$P_m$	100	mW
Operating temperature range	$T_{op}$	-40 ... 100	°C
Storage temperature range	$T_{stg}$	125	°C
Light intensity	$I_v$	70	mA
Forward current	$I_f$	100	mA
Reverse current	$I_r$	10	µA
Reverse voltage	$V_r$	10	V
Wavelength	$\lambda$	630	nm
Wavelength spread	$\Delta\lambda$	10	nm
Max. junction temperature	$T_{jmax}$	125	°C
ESD protection		2	kV

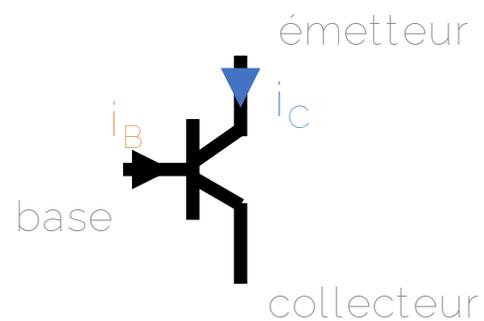
OSRAM Opto Semiconductors



## Tripôles ou transistors

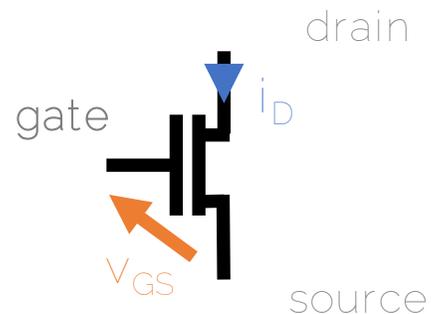


### BIPOLAIRES



$$i_C = k \cdot i_B$$

### A EFFET DE CHAMP (fet)



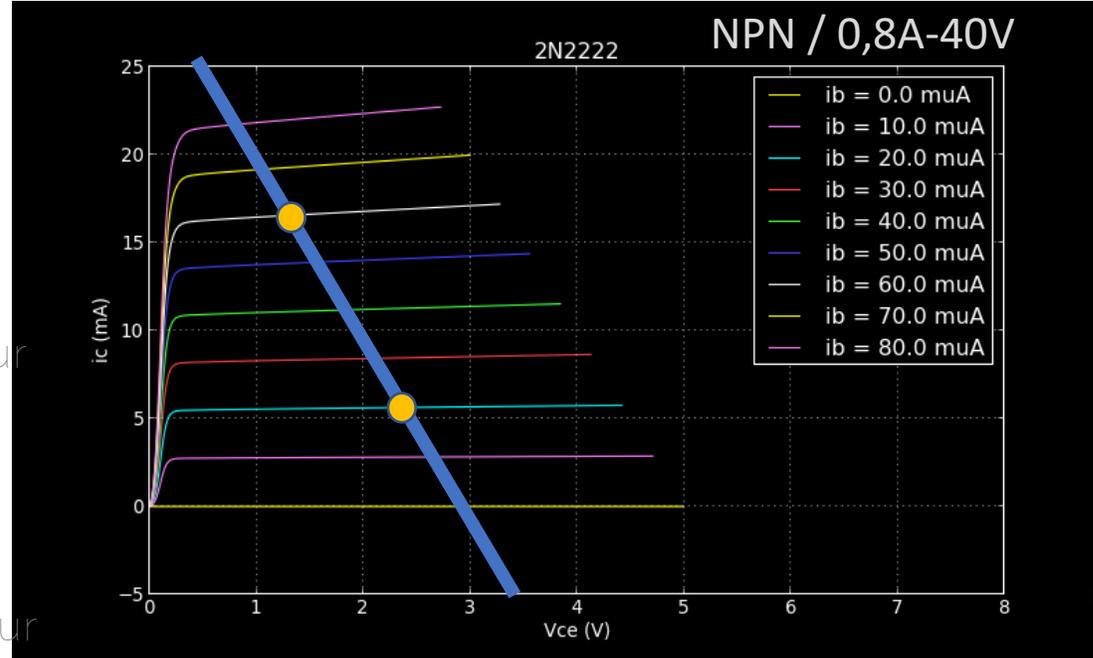
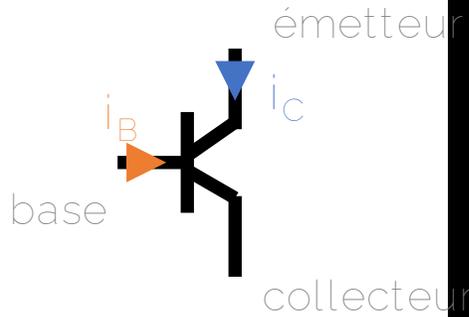
$$i_D = k \cdot V_{GS}$$

# Fonctionnalités électroniques

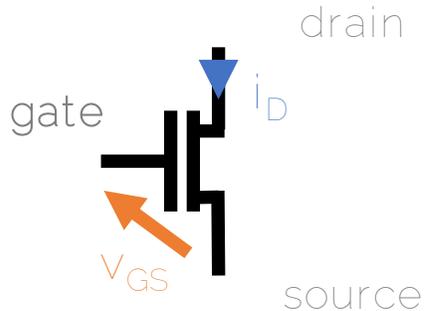
Dipôles, composants, circuits

Transistors

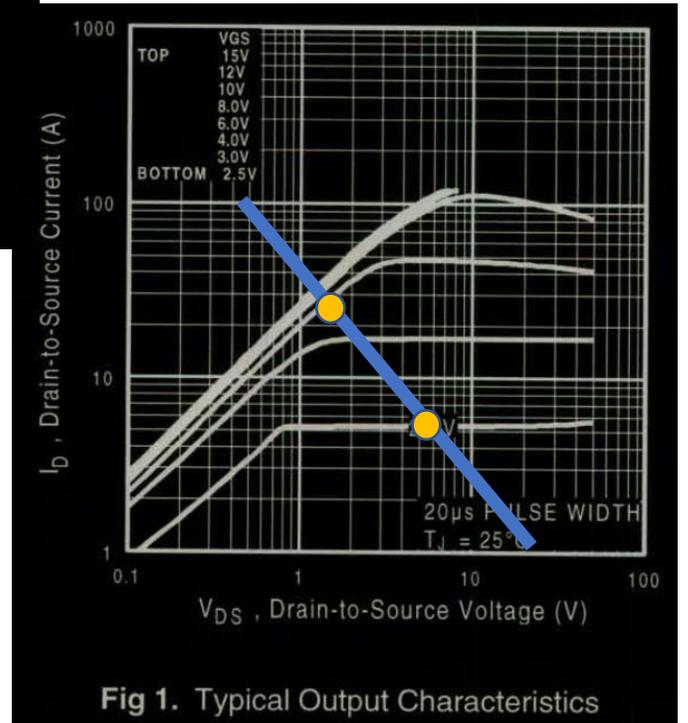
**BIPOLAIRES**



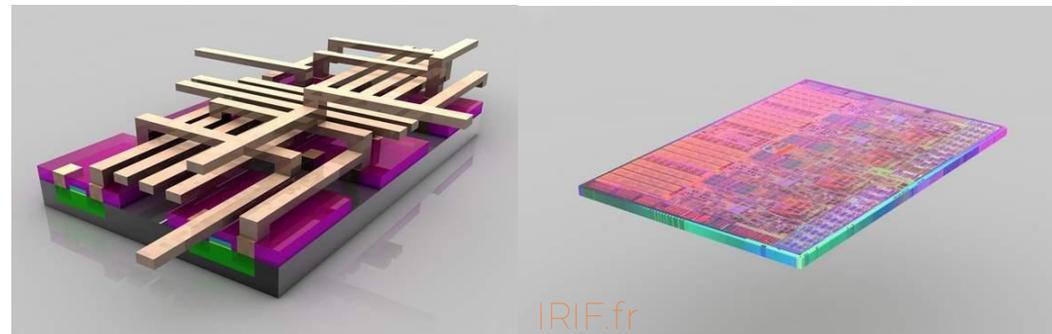
**A EFFET DE CHAMP (fet)**



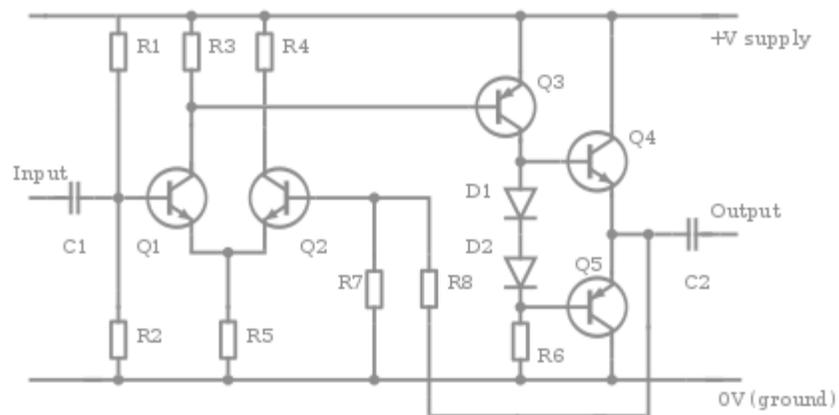
IRL540 / MOS FET / 36A-100V



## Transistors

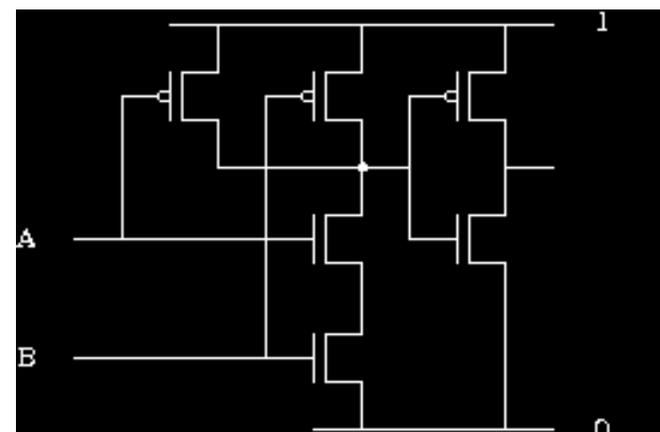


## AMPLIFICATEUR



Amplificateur intégré, composants complexes...

## SYSTÈME NUMERIQUE



Processeur, microcontrôleur...

Transistors

## SYSTÈME NUMERIQUE

Processeur, microcontrôleur...



<b>Intel 4004</b> (4-bit, 16-pin)	2,250	1971
-----------------------------------	-------	------

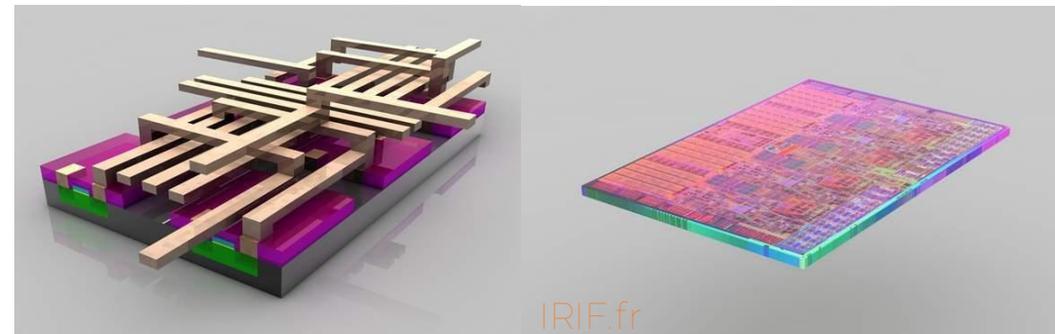
<b>Intel 8008</b> (8-bit, 18-pin)	3,500	1972
-----------------------------------	-------	------

**IBM PC - 5150 (1981)**

<b>Motorola 68000</b> (16/32-bit, 32-bit registers, 16-bit <u>ALU</u> )	68,000	1979
--	--------	------

**MacIntosh 128k (1984)**

<b>Intel Pentium 4 Willamette</b> (32-bit, large cache)	42 millions	2000
--	-------------	------



<b>Intel Core i7 Broadwell-E</b> (10-core 64-bit, <u>SIMD</u> , caches)	3,2 milliards	2016
--	---------------	------

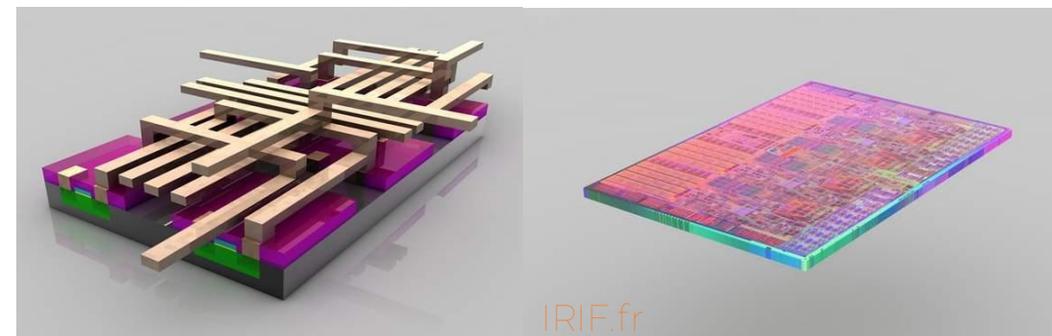
<b>AMD Ryzen 9 3900X</b> (64-bit, <u>SIMD</u> , caches, I/O die)	9,89 milliards	2019
---	----------------	------

<b>Qualcomm Snapdragon 865</b> (octa-core 64/32-bit ARM64 "mobile SoC)	10,3 milliards	2020
---	----------------	------

Transistors

## SYSTÈME NUMERIQUE

Processeur, microcontrôleur...



<a href="#">Intel Pentium 4</a> Willamette (32-bit, large cache)	42 millions 2000
---	---------------------

<a href="#">Intel Core i7 Broadwell-E</a> (10-core 64-bit, <a href="#">SIMD</a> , caches)	3,2 milliards 2016
--	-----------------------

<a href="#">AMD Ryzen 9 3900X</a> (64-bit, <a href="#">SIMD</a> , caches, I/O die)	9,89 milliards 2019
---	------------------------

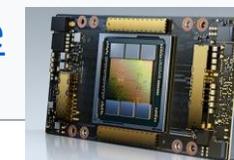
<a href="#">Qualcomm Snapdragon 865</a> (octa-core 64/32-bit ARM64 "mobile SoC)	10,3 milliards 2020
--	------------------------

<a href="#">Apple A14 Bionic</a> (hexa-core 64-bit ARM64 "mobile SoC)	11,8 milliards 2020
--	------------------------



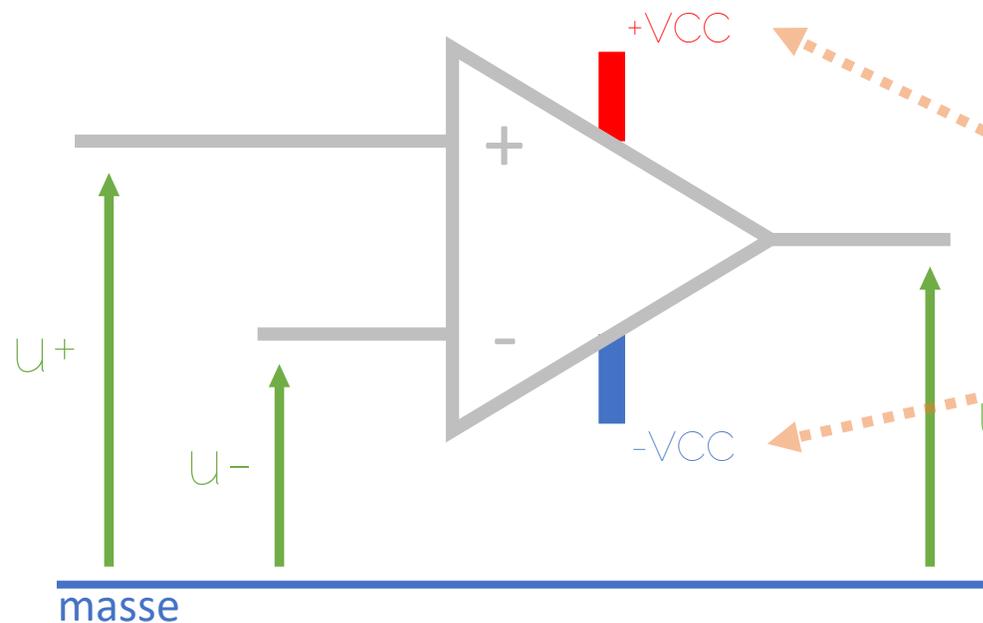
<a href="#">Samsung SDRAM (DDR4) 128 Go</a>	137 milliards 2018
---	-----------------------

<a href="#">Nvidia GA100 Ampere</a> (~7000 CUDA Cores)	54 milliards 2020
---	----------------------



## Amplificateur linéaire intégré

**ALI AOP AmpliOp**



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

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

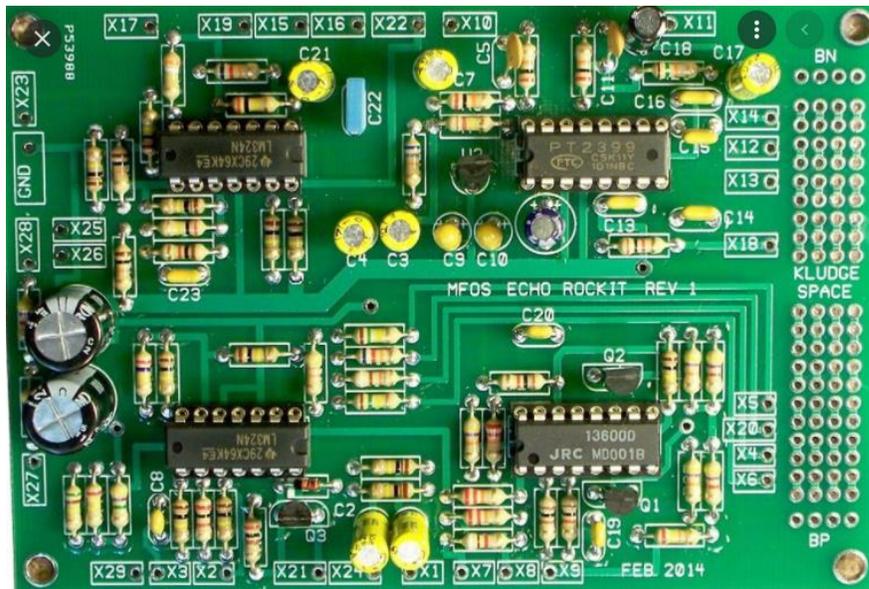


Vous savez tout sur l'électronique !

Ou presque...

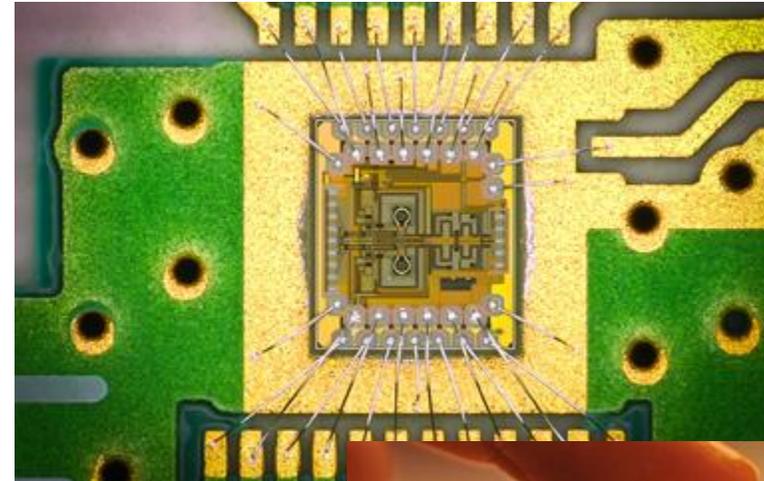
## Composants intégrés « complexes »

### ELECTRONIQUE « CLASSIQUE »

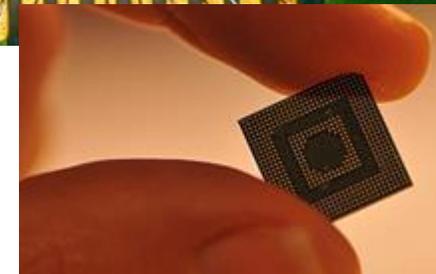


Falconer Electronics

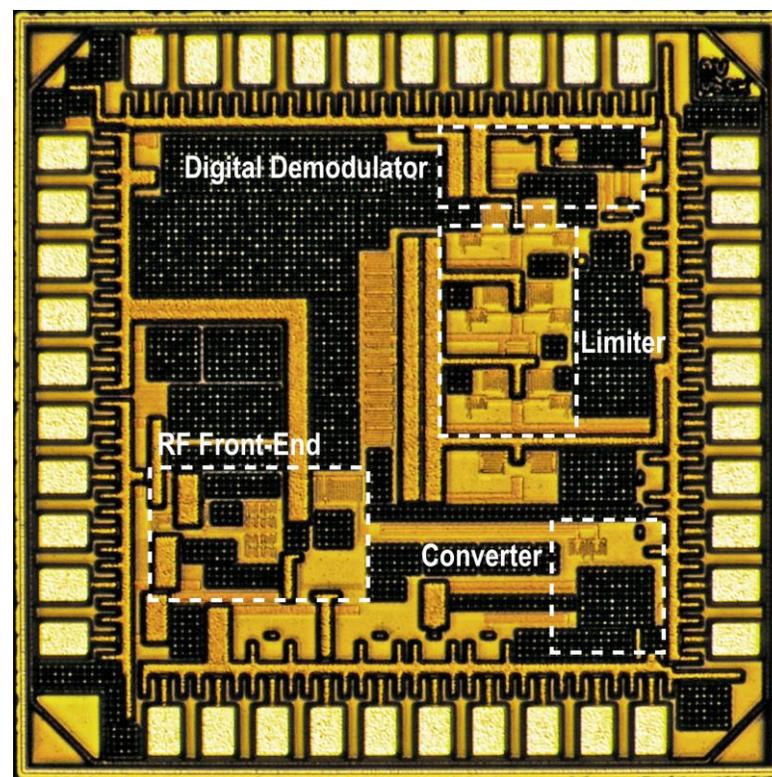
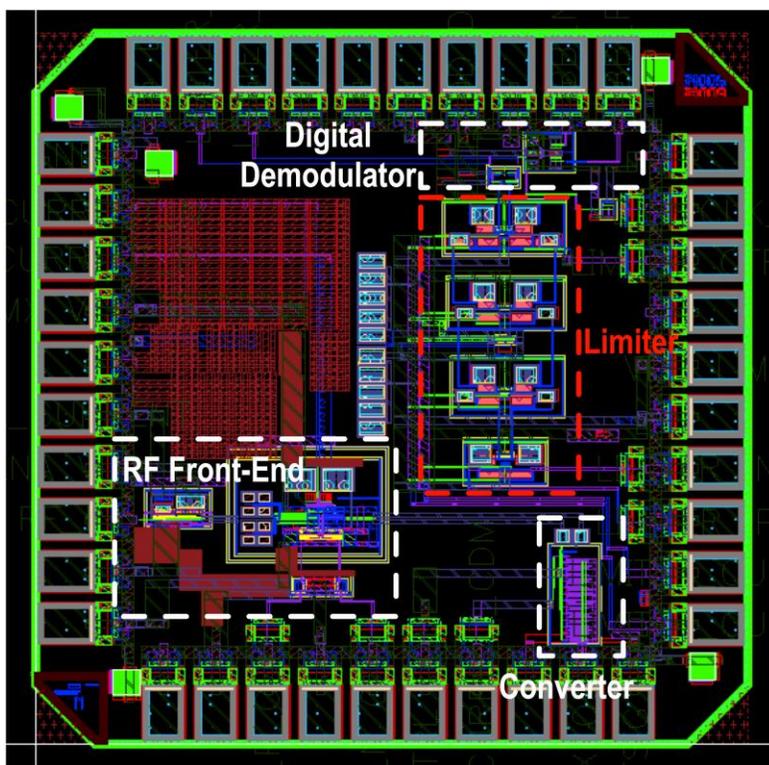
### ELECTRONIQUE « INTEGREE »



CEA Tech

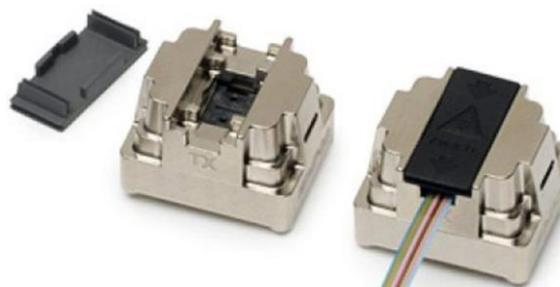
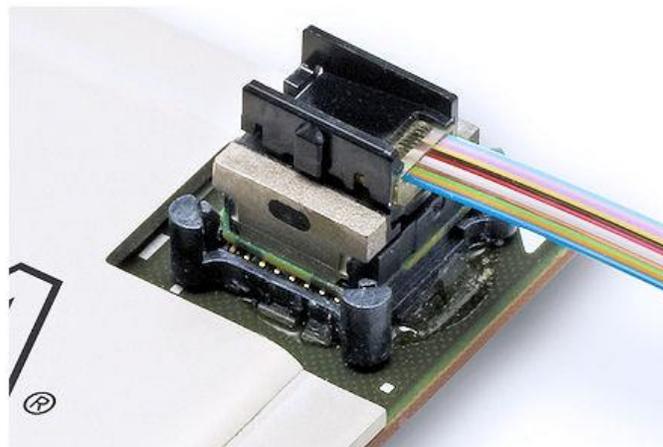
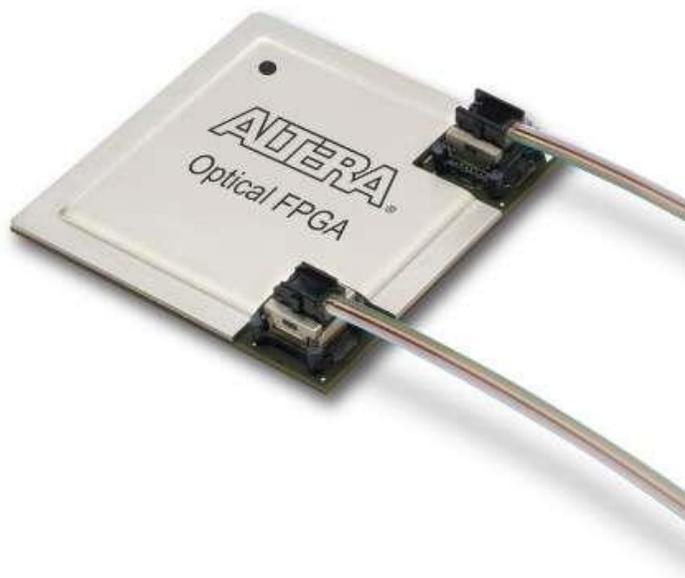


## Composants intégrés « complexes »

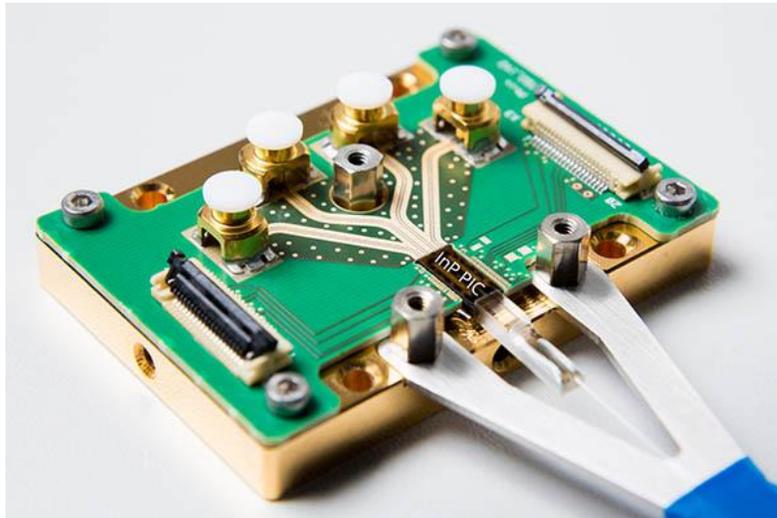


SUB-MW FM RECEIVER  
Guoxiang Han & Nanyu Zeng / Columbia University

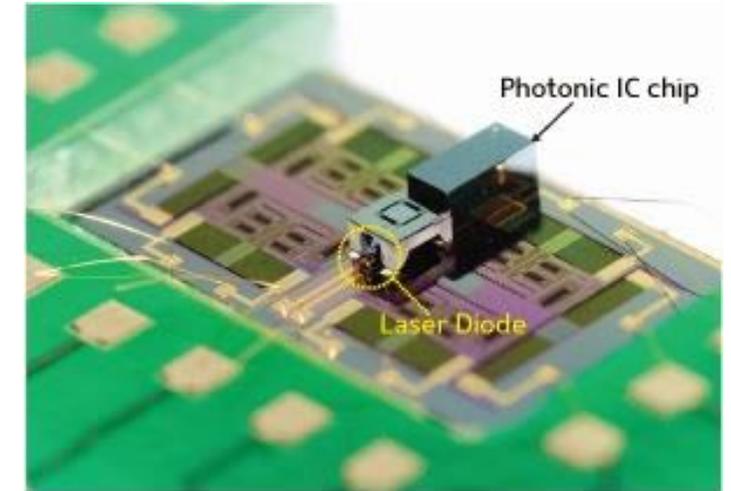
## Composants intégrés « optiques »



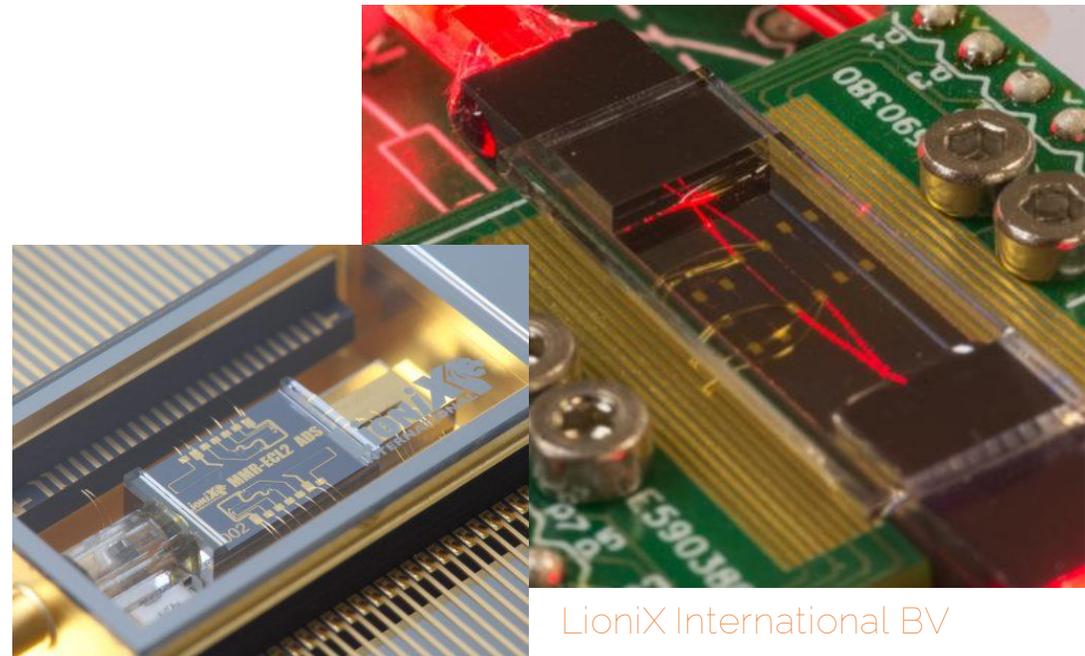
## Composants intégrés « optiques »



PhiX BV



<http://www.electronicfuturemarket.com/>



LioniX International BV

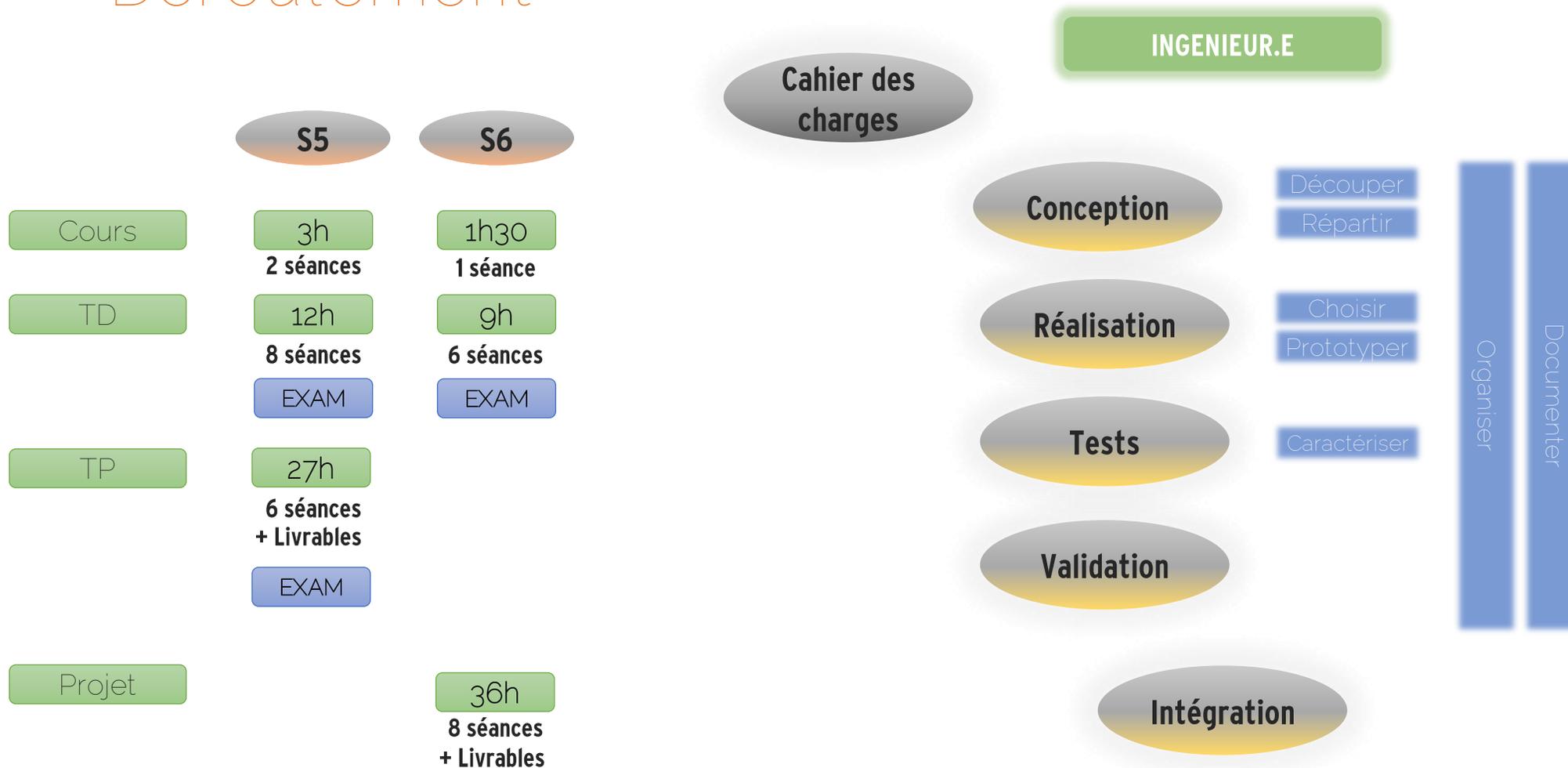


<http://lense.institutoptique.fr>

# 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** Filtrés universels
- F3** Filtrés 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

**Séance 2** Préparation présentation

**Séance 3** Présentation / 10 min

- Globale / Composants / Fonctions

**Séance 4** Retour sur les notions principales

x 2

## Déroulement

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

## TP / Vers le métier d'ingénieur.e

### Cahier des charges / Missions Documents à produire / Livrables

#### Cahier des charges

A l'issue de ce thème, vous devez proposer un système permettant de **transmettre un signal électrique analogique** d'un émetteur à LED à une récepteur à photodiode.

#### Contraintes et performances

Le signal électrique pourra comporter des **composantes fréquentielles jusqu'à 100 kHz**.

La **distance** entre l'émetteur et le récepteur sera **de l'ordre de 1 cm**.

Le transport de l'information devra se faire dans le **domaine du visible**, à l'aide d'une LED "classique" et d'une photodiode.

#### Matériels à utiliser

- une LED (rouge, bleu, verte...)
- une photodiode (SFH206 – PDF)
- un multimètre
- une alimentation stabilisée (multi-tensions)
- un oscilloscope
- un générateur de fonction
- quelques câbles, une plaquette de prototypage et des composants standards : résistances, capacités, ALI...

## Déroulement

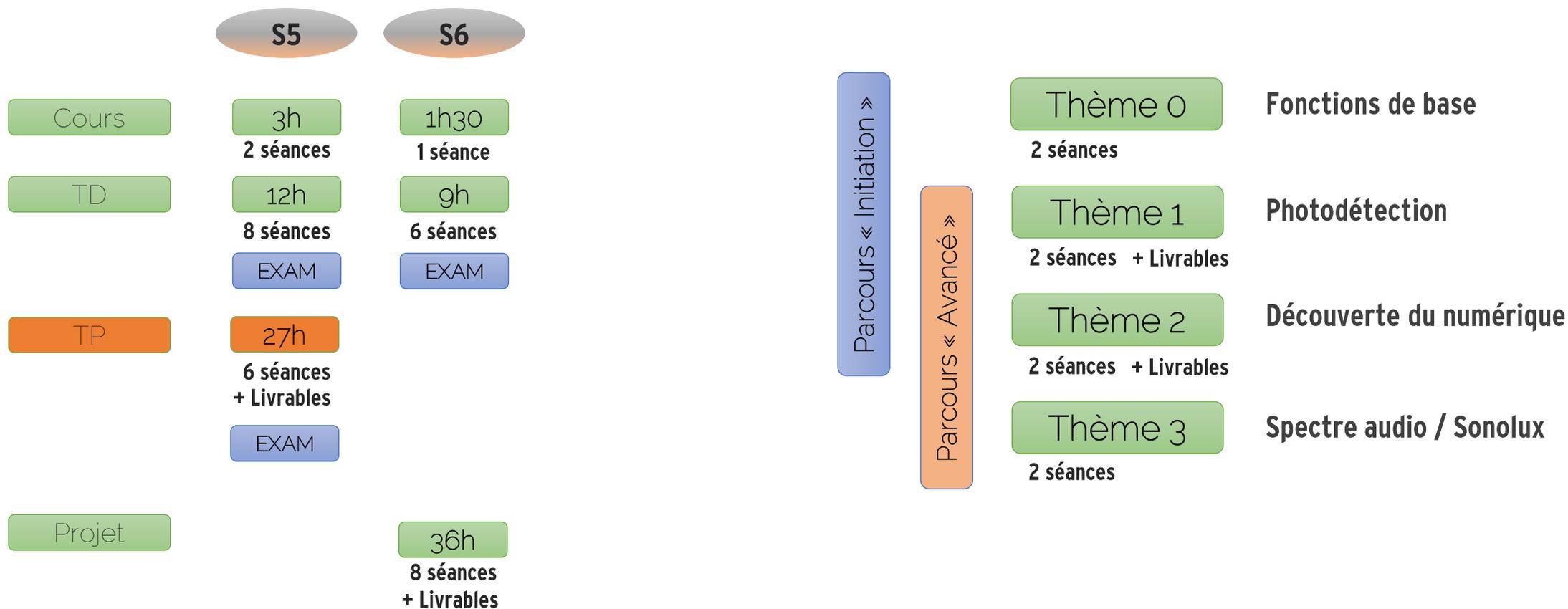
## TP / 4 thèmes

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

Thème 0	Fonctions de base
2 séances	
Thème 1	Photodétection
2 séances + Livrables	
Thème 2	Découverte du numérique
2 séances + Livrables	
Thème 3	Spectre audio / Sonolux
2 séances	

## Déroulement

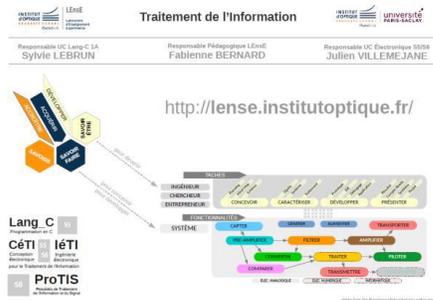
## TP / 2 parcours



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'Informations

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



Conception Electronique pour le Traitement de l'Information  
Julien VILLEMEJANE / Avenir universitaire 2020-2021  
MInE / Centre d'Innovation Electronique Saclay

**TD 1 / MAÎTRISER LES BASES DE L'ELECTRONIQUE**

**Objectifs préliminaires**

- À la fin de cette formation, les étudiants seront capables de :
  - établir les sections dimensionnelles de l'électronique analogique :
    - resistor / inductif / passif
    - diodes / transistors
  - calculer et appliquer les lois dimensionnelles de l'électronique :
    - Loi de Kirchhoff / Équation de superposition / Millman
    - réaliser et analyser la réponse harmonique d'un réseau simple
    - calculer et appliquer un prototype expérimental de manière précise :
      - la caractéristique temporelle d'un diode
      - la caractéristique dynamique d'un circuit linéaire du premier ordre

**Contenus préliminaires**

- Leçon 1 : Les bases de l'électronique (1h)
- Cours de Franck Delcourt - PARTIE A / Electronique Analogique
- Stages de TD1
- Stages de TPs (inclut-TP GUT)

**Remarques Complémentaires**

- Faire réaliser : Fundamentals / Diodes et résistors
- Faire réaliser : Filtrage / Analyse Harmonique / Ombre 1
- Exercices supplémentaires proposés sur Canvas (avec correction)

**Références**

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

