

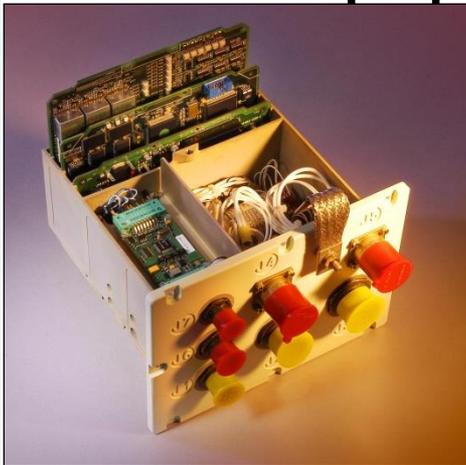
# Objets communicants portés : Vers une autonomie acceptable

Renaud BRIAND

Guillaume Terrasson, Alvaro Llaría, Valérie Dupé



- Directeur R&D d'Aquitaine Electronique  
PME de Pau (160 pers.)  
Equipementier aéronautique



Equipements Electroniques



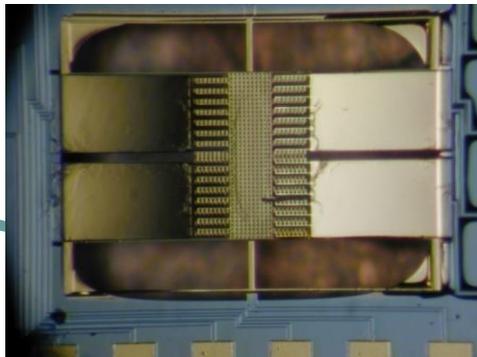
Faisceaux Electriques



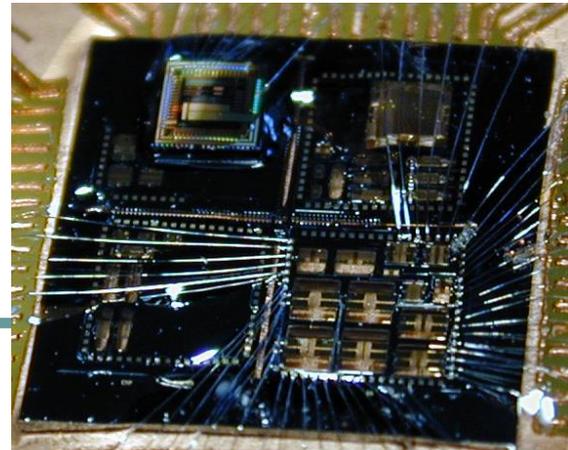
Outillages de tests

+ Smart sensors  
pour turbine hélicoptère

- Enseignant-Chercheur à l'ESTIA
  - Ecole Supérieure des Technologies Industrielles Avancées
  - Ecole consulaire (CCI Bayonne-Pays Basque)
- ESTIA-Recherche
  - Activité de recherche sur la conception de microcapteurs autonomes

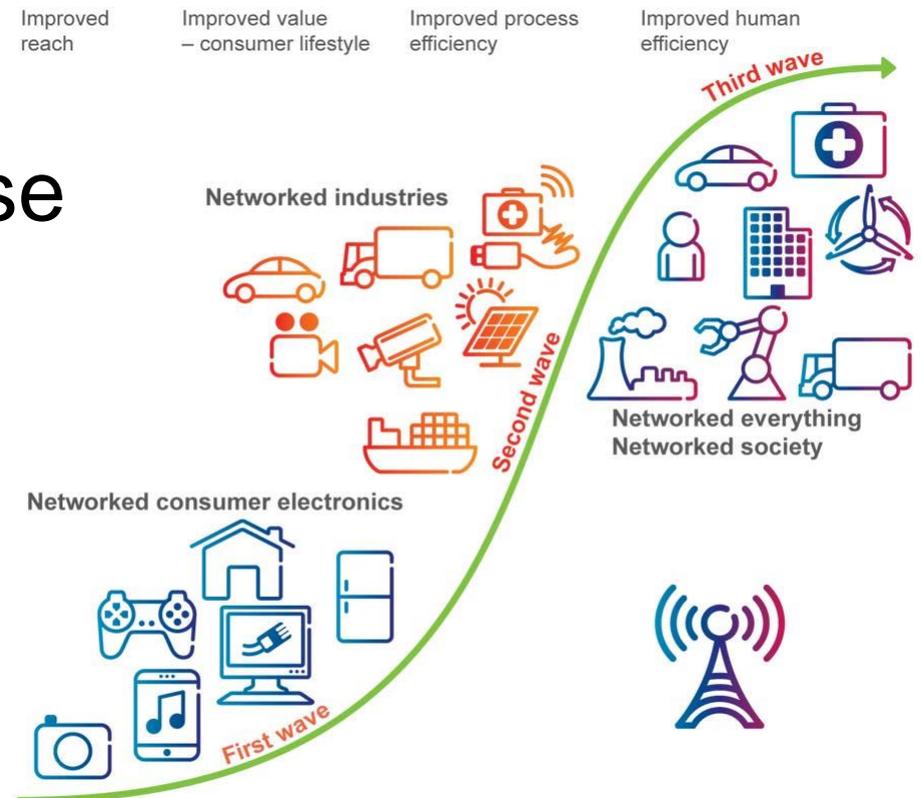


Renaud BRIAND



# Objets connectés

- Les objets communicants sont aujourd'hui devenus incontournables
- Leur nombre dépasse celui des personnes depuis 2008
- 50 Milliards d'objets connectés en 2020



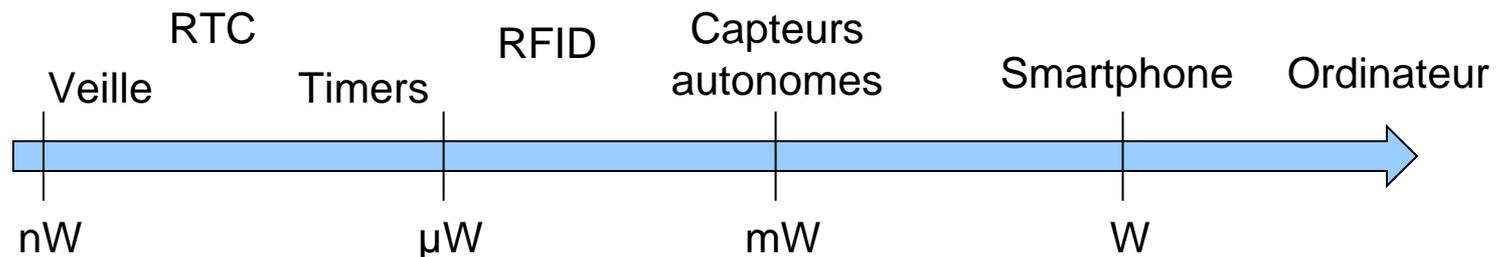
Ericsson.com

# Objets connectés



graphism.fr

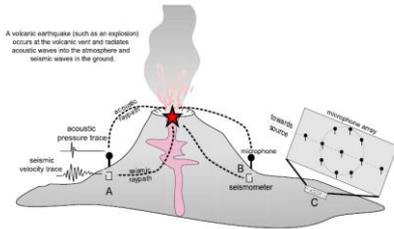
- Objets hétérogènes connectés
  - Des applications innombrables
    - Très différentes les unes des autres
    - Avec des caractéristiques parfois contradictoires
  - Des besoins différents
    - Smartphone, capteur autonome



# Objets connectés

- **Caractéristiques communes**
  - Intelligence
  - Communication
  - Energie
  - Connectivité
- **Mais critères fortement dépendants de l'application**

# Les réseaux de capteurs



**Surveillance de volcan,**  
[Werner-Allen et al.,  
2005]



**Suivi d'animaux,**  
Université de Floride

**Surveillance  
d'environnement**

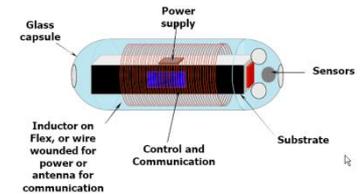


[Honeywell, 2005]



[maison-et-domotique.com](http://maison-et-domotique.com)

**Bâtiment et  
applications  
domotiques**



**Pilule intelligente,**  
Université de l'Ohio



**Implant auditif, Institut CiS  
d'analyse microsensorielle**

**Médical**

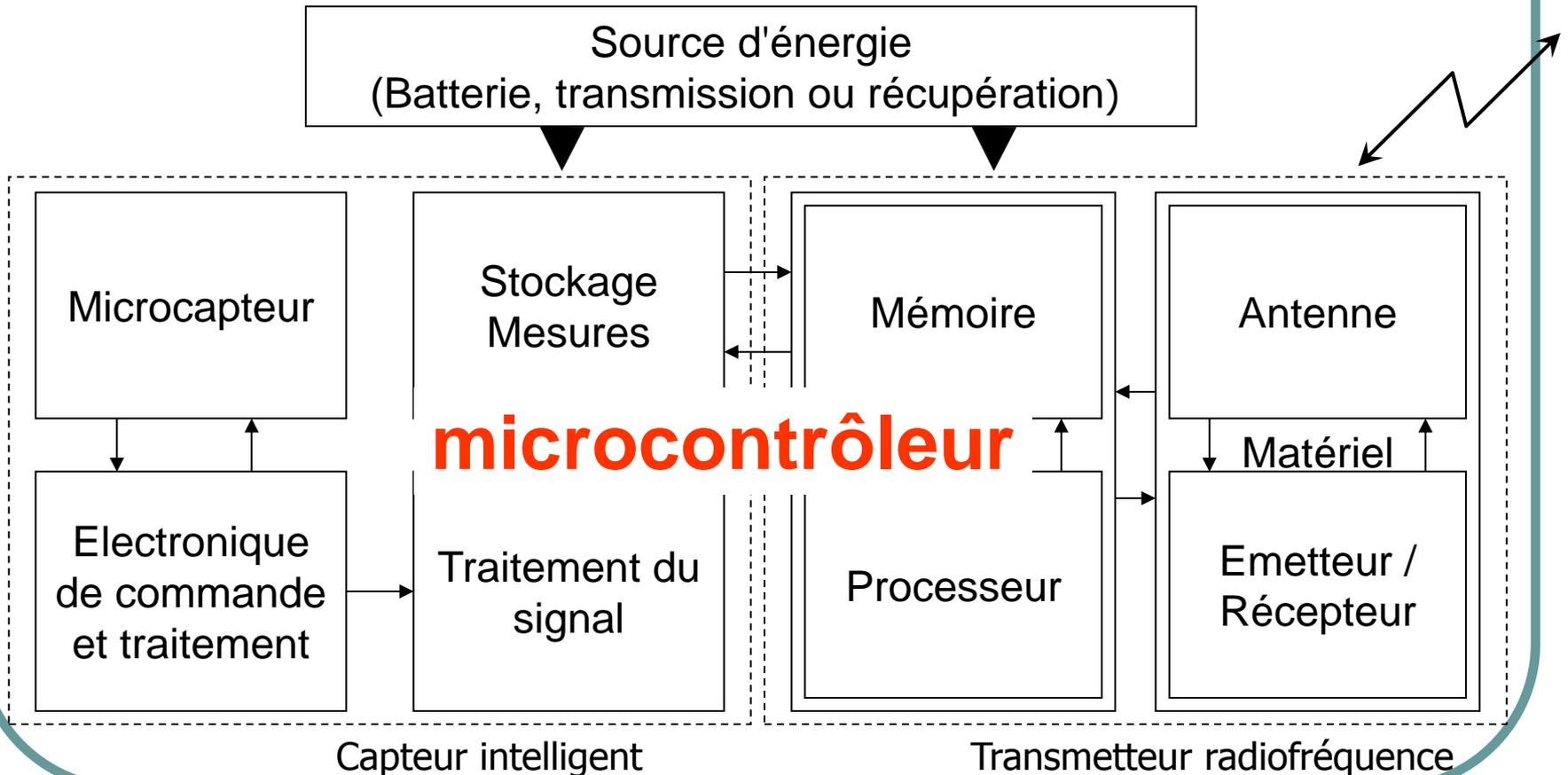
# Les réseaux de capteurs

- Problématique de consommation et de miniaturisation
  - Durée de vie des nœuds → Autonomie
  - Transmission périodique ou sur événement
  - Unidirectionnelle ou bidirectionnelle
  - Topologie du réseau
    - Distance maximale entre les éléments
    - Nombre de nœuds
    - Mobilité

Spécifications de l'application

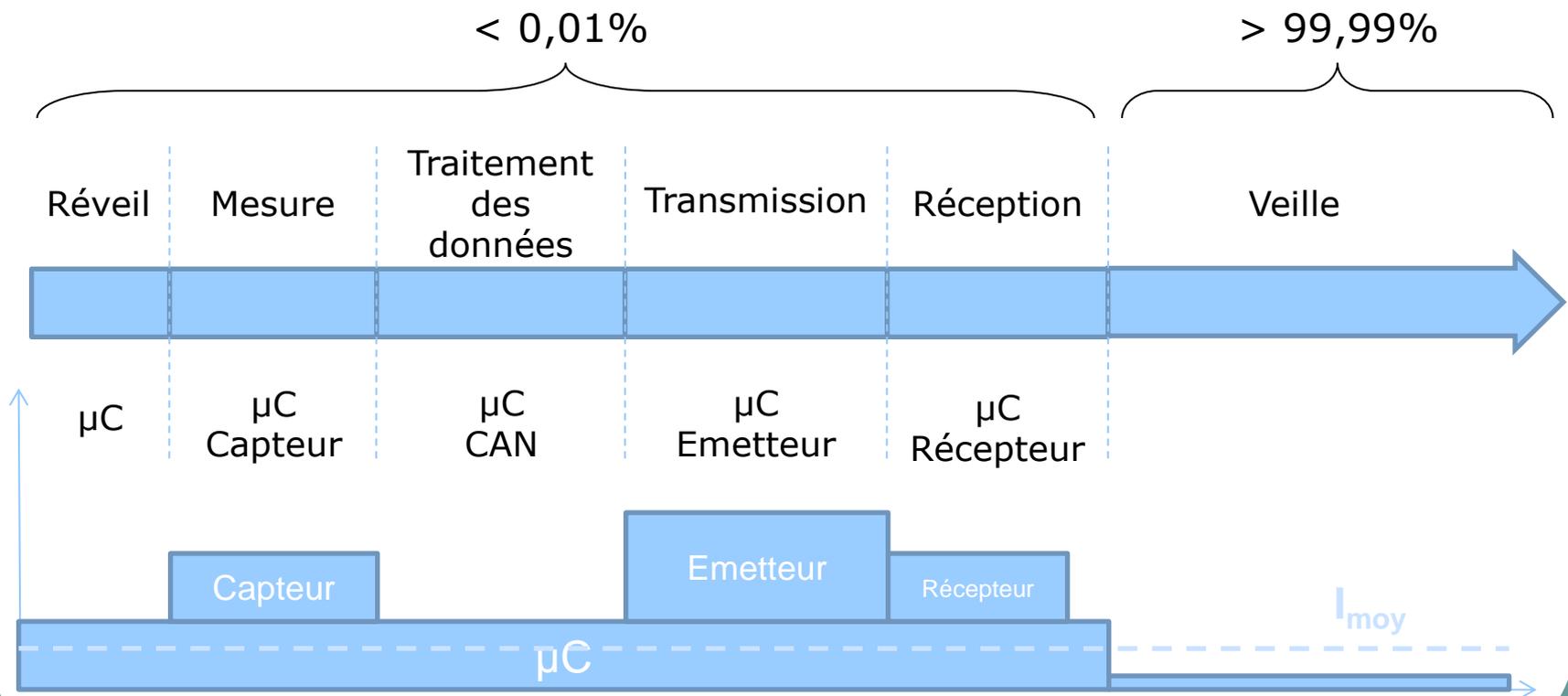
# Les réseaux de capteurs

- Le microcapteur autonome



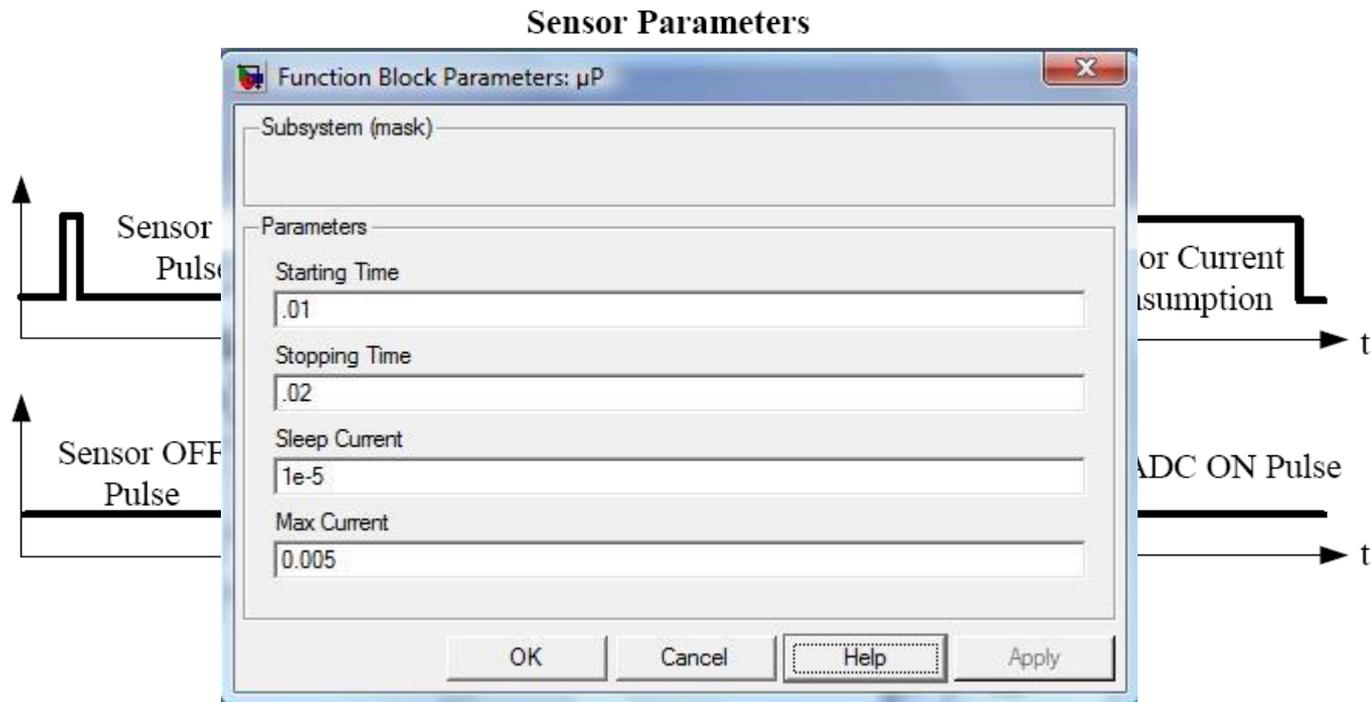
# Modélisation de la consommation

- Séquencement du fonctionnement



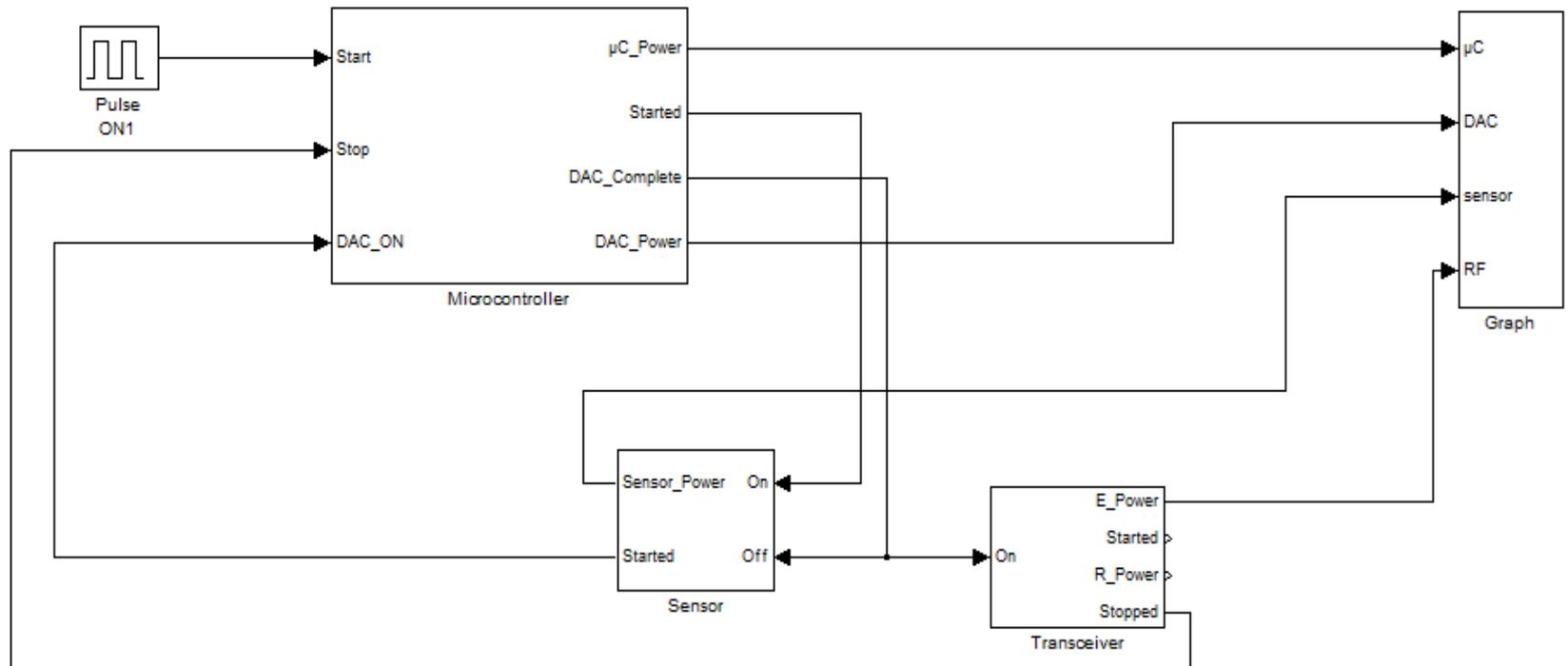
# Modélisation de la consommation

- Modélisation simple des éléments
  - Exemple : le capteur



# Aide à la conception

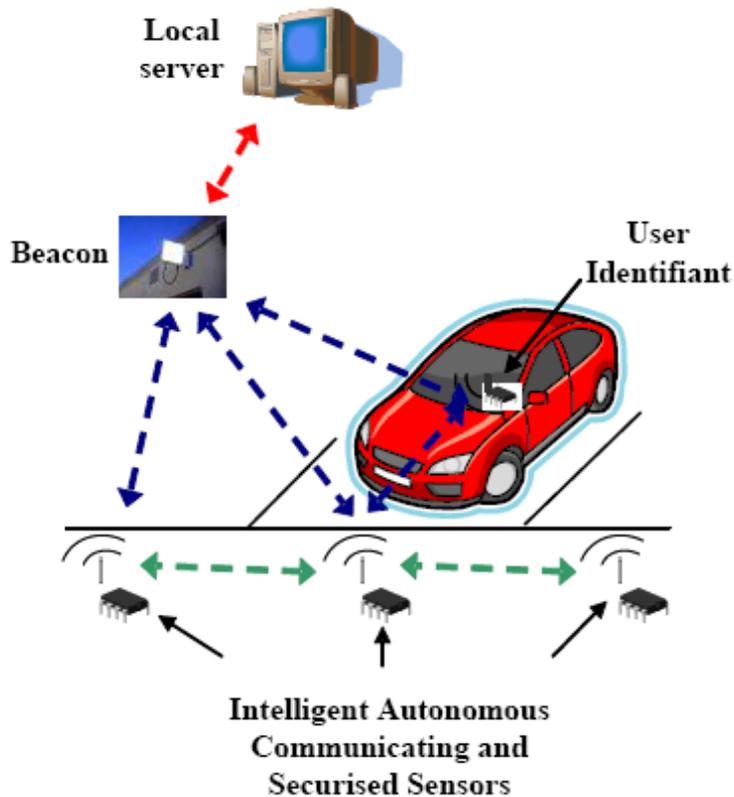
- Modélisation du séquençement



# Aide à la conception



## ● Projet de gestion de parking

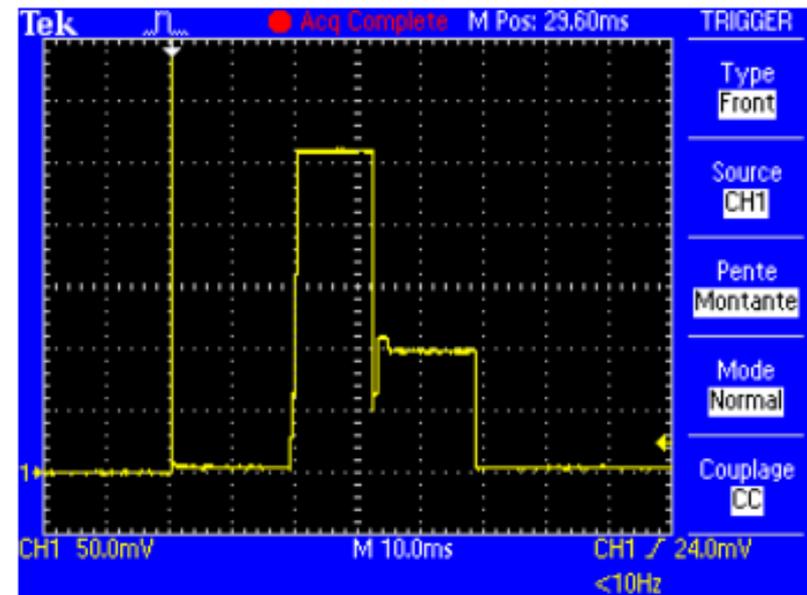
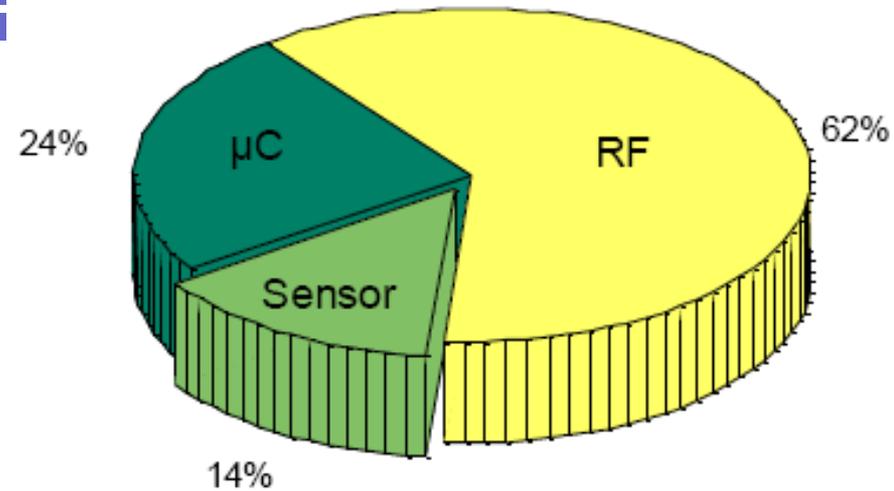
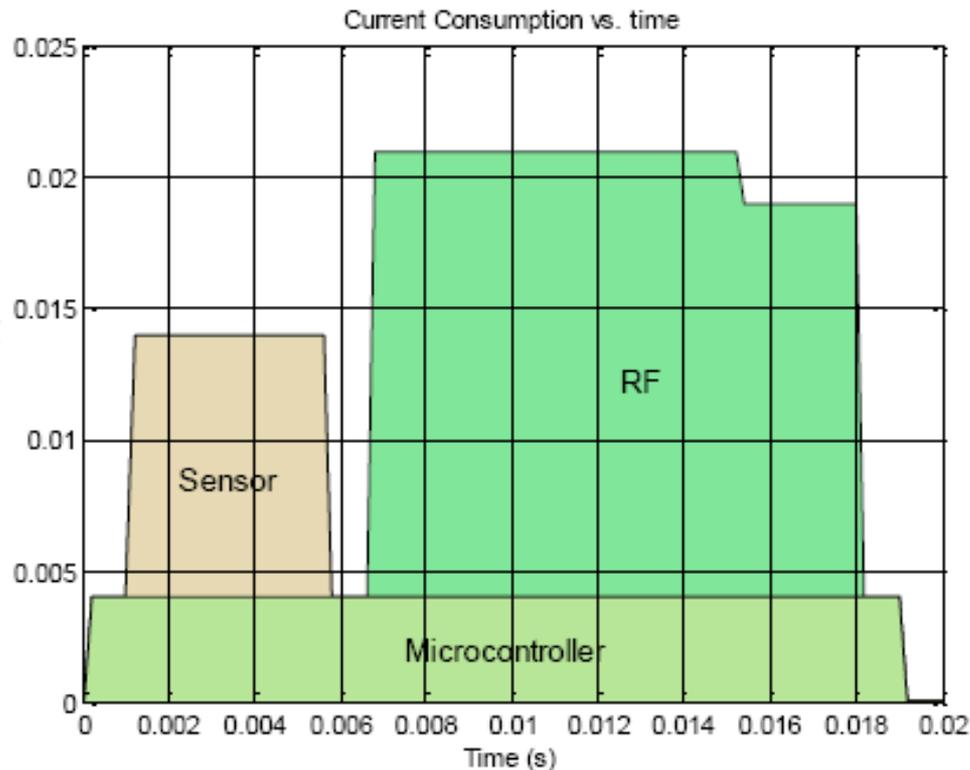


Parameters	Value
Bits to transmit ( $N_{\text{bits\_trans}}$ )	200 bits
Bits to receive ( $N_{\text{bits\_rec}}$ )	50 bits
Measure periodicity ( $T_{\text{cycle}}$ )	30s
Autonomy	> 8 years

Node element	$I_{\text{on}}$ (mA)	$I_{\text{off}}$ ( $\mu\text{A}$ )	$t_{\text{on}}$ (ms)	$t_{\text{wake-up}}$ (ms)
Magnetic sensor HMC105	10	1	2	3
Microcontroller PIC16F @ 20MHz	4	1	18	1
TR1000	Transmitter	12	6.7	0.02
	Receiver	4.8	1.7	0.01
CC1100	Transmitter	17	6.7	1
	Receiver	15	1.7	0.5

# Aide à la conception

## ● Simulation Matlab



# Aide à la conception

## Notre outil

- Point de départ : spécifications de l'application
- Simulations de différentes configurations
  - Pour le choix des éléments du nœud
  - Pour le choix du séquençement optimal
- Simulations de différents scénarios
  - Pour le choix de la communication
  - Evaluation du protocole le plus adapté
- Graphe de répartition des consommations
  - Evaluation des éléments à optimiser

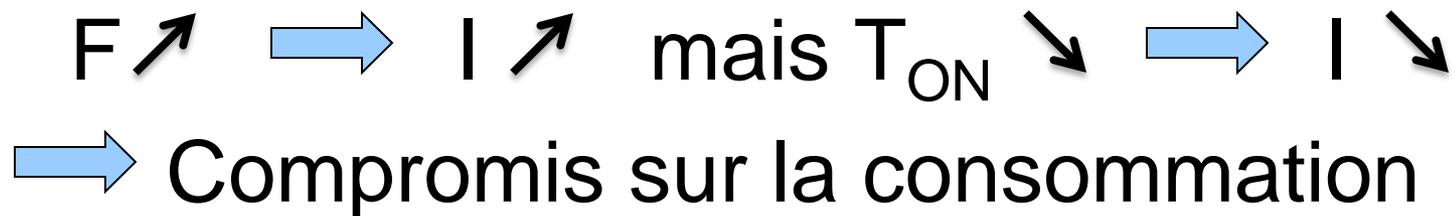
# Aide à la conception

## Exemple d'utilisation

- Fréquence microcontrôleur

$f_{\mu C}$	$I_{\mu C}$	$T_{on} (ms)$	$P_{on} (mW)$	$P_{off} (\mu W)$
31kHz	84 $\mu$ A	1725	0.537	31.63
4MHz	2.9mA	256.57	11.31	31.42
8MHz	5.1mA	250.7	18.61	31.42
48MHz	22.7mA	245.958	76.73	31.42

- Débit de transmission



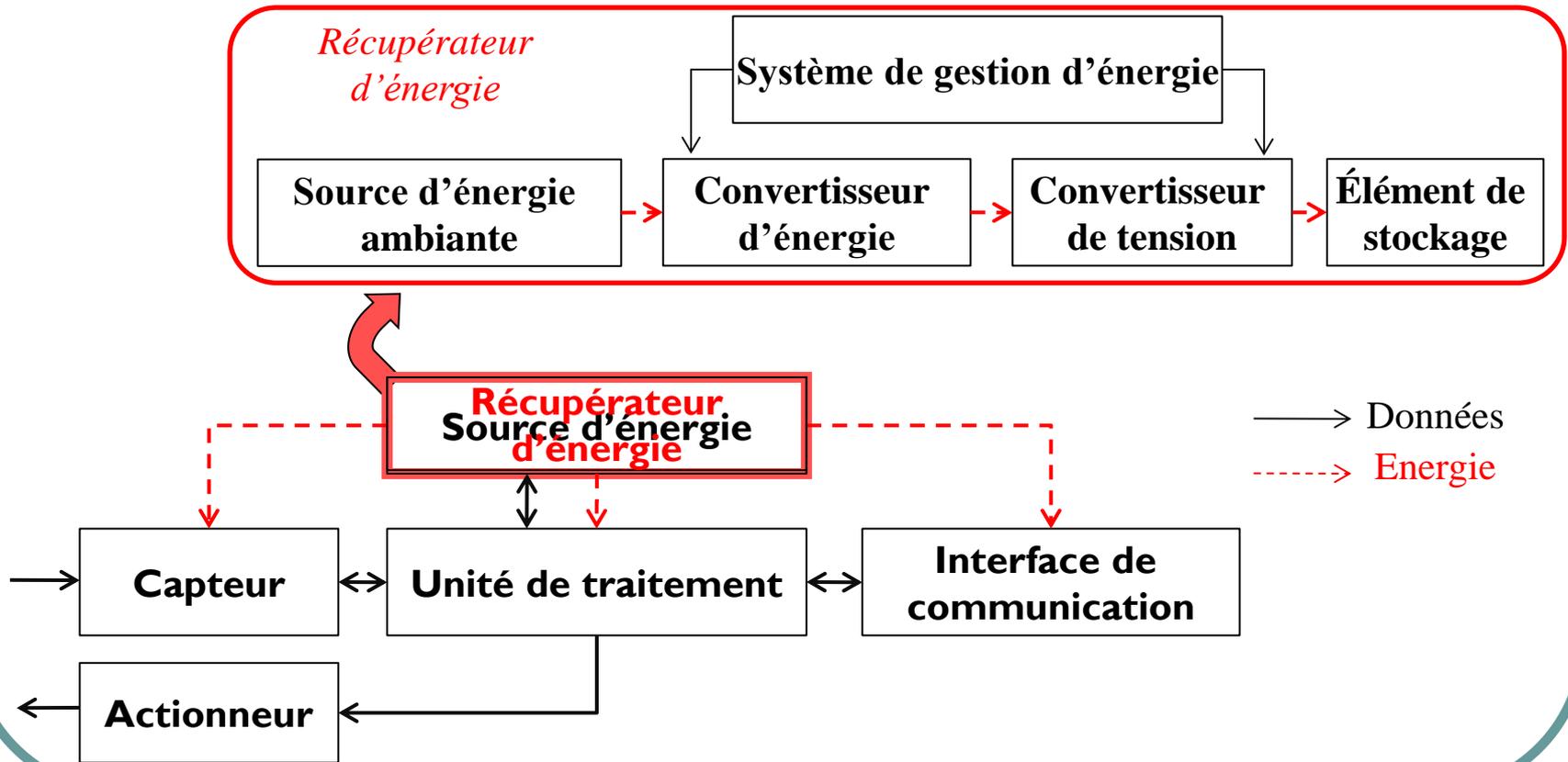
# Réseau de capteurs

- Objets autonomes en énergie
  - Utilisation de batteries ou piles
    - Problématique environnementale
- Alternative: récupération d'énergie
  - Utilisation de l'environnement proche
  - Théoriquement illimitée dans le temps
  - Dépendant de l'application
  - Différents types de sources d'énergie potentielles
    - Solaire, mécanique, thermique, électromagnétique, chimique, ...



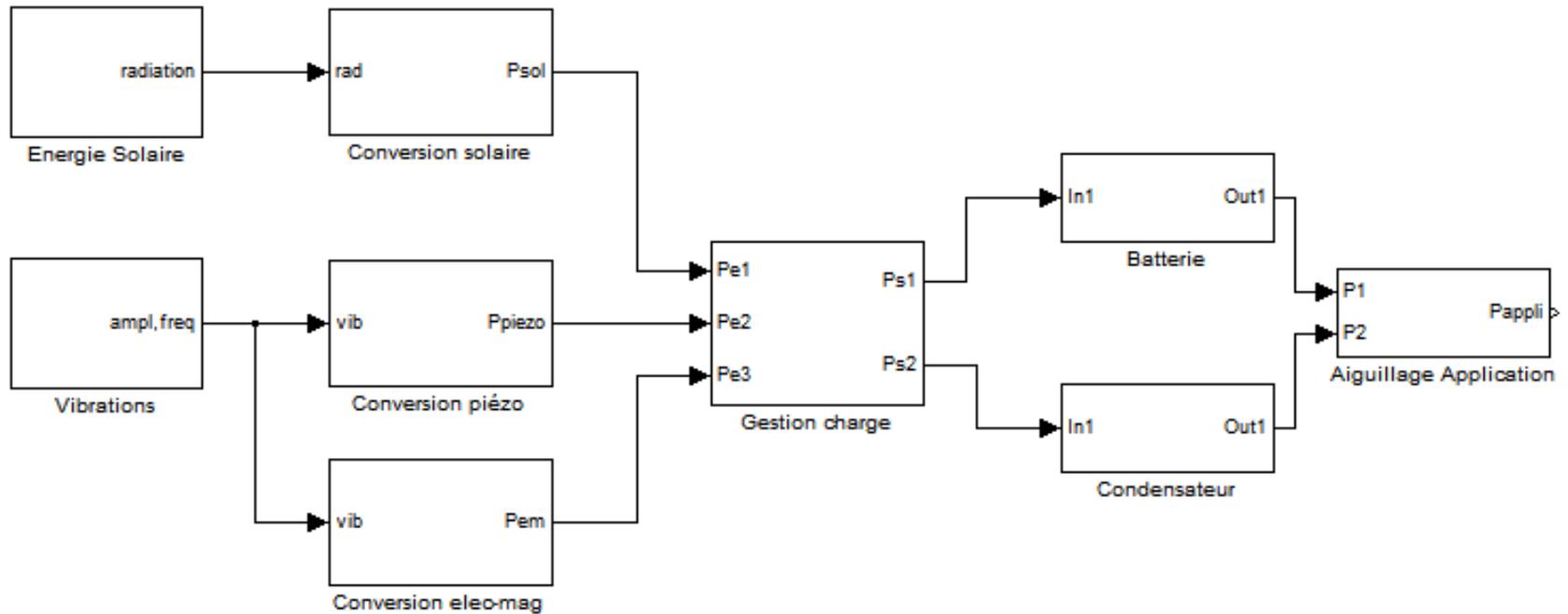
# Récupération d'énergie

- Architecture du noeud



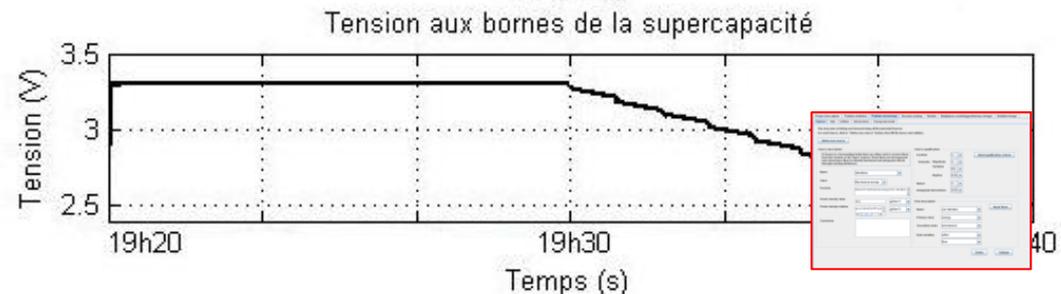
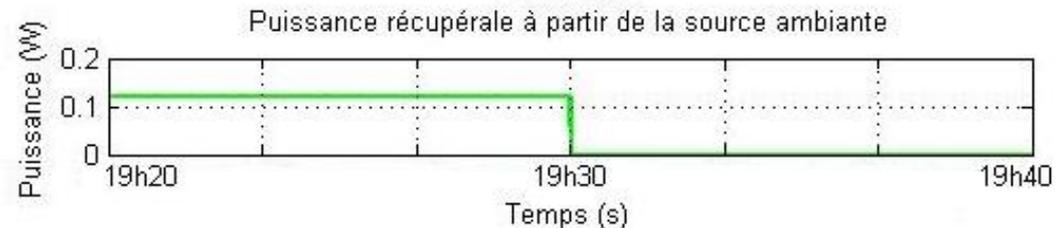
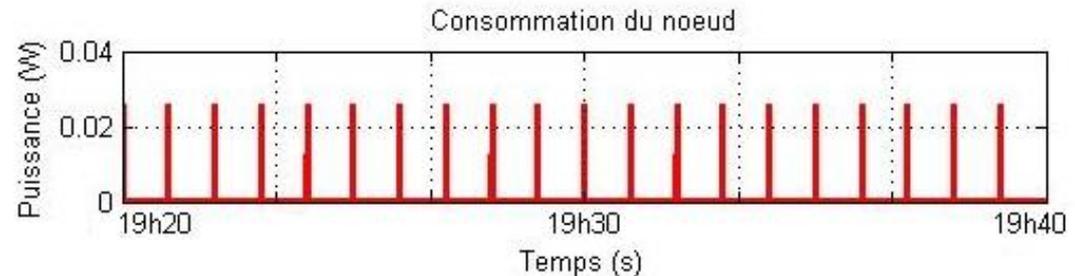
# Modélisation de la récupération

- Modélisation de l'énergie embarquée



# Modélisation de la récupération

- Pré-dimensionnement
  - Résultats avec le solaire
    - Éléments considérés
      - Panneau photovoltaïque
      - Convertisseur DC/DC
    - Autonomie du nœud
      - 7 ans (batterie)

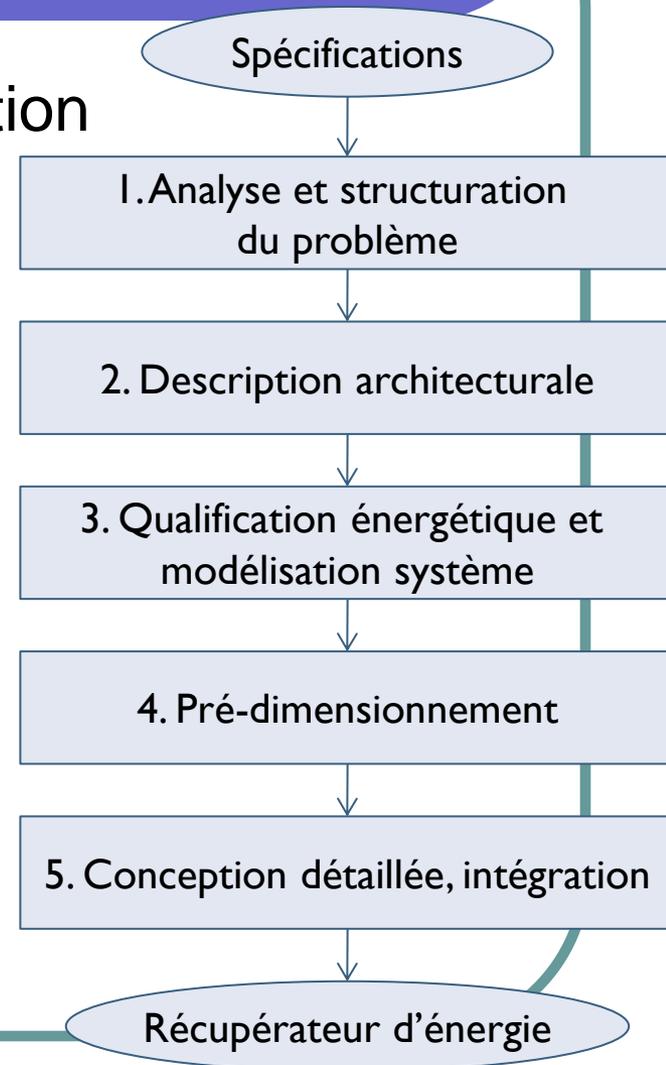


# Conception d'objets autonomes

- Conception spécifique
    - Liée à l'application
  - Conception pluridisciplinaire
    - Mécanique, Électronique, Énergétique
  - Technologies en pleine expansion
    - Choix des composants difficile
- ➔ Besoin d'outil d'aide au choix de la source

# Conception d'objets autonomes

- Modélisation du problème de conception
  - Décomposition fonctionnelle
  - Identification des sources
- Décomposition physique
  - Caractérisation des flux et des effets
- Qualification des sources
  - Choix de l'architecture
- Pré-dimensionnement
  - Représentation physique du récupérateur d'énergie
  - Amélioration des performances



# Conclusion

- Modélisation et simulation des éléments composant un capteur autonome
- Evaluation de la consommation
- Récupération d'énergie
- Outils d'aide aux choix de conception
- Développements
  - Gestion d'un parc de stationnement
  - Architecture de communication pour le bâtiment
  - Surveillance de feux de forêts
  - Réseau de capteurs pour le MAD des patients

# Conclusion

- La conception d'objets communicants réellement autonomes est complexe
  - Chaque application est un cas particulier
  - Nécessité d'outils pour le concepteur
- Outil orienté « Application » et ouvert
  - Aide aux choix de conception
  - Optimisation
  - Nombreuses évolutions envisagées