

Conception et réalisation d'un microsystème multi-mesures, autonome et communicant

Dir. de thèse : E. CAMPO (LAAS-CNRS), D. ESTEVE (LAAS-CNRS)
D. AFFLARD (EDF R&D)

Intérêts spécifiques

EDF R&D

- Surveillance des installations
- Faible coût des microtechnologies
- Maquette d'un dispositif multi-mesures
- Évaluation des capacités et avantages

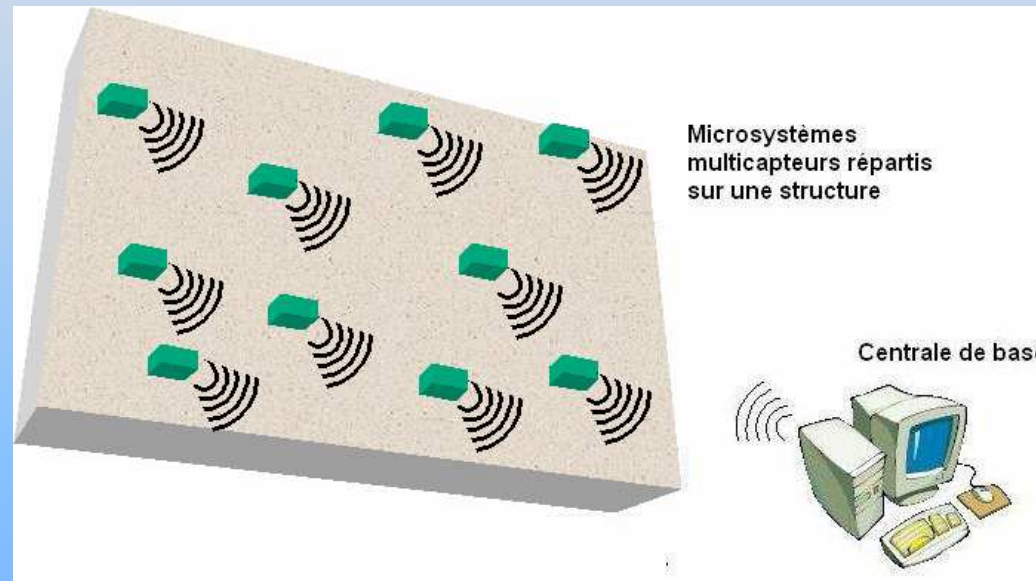
LAAS-CNRS

- Méthodologie de conception microsystemes
- Solutions techniques pour l'intégration multisensorielle

Plan

- Étapes d'avancement
- Conception amont
- État de l'art
- Description HiLeS du système
- Perspectives

L'application



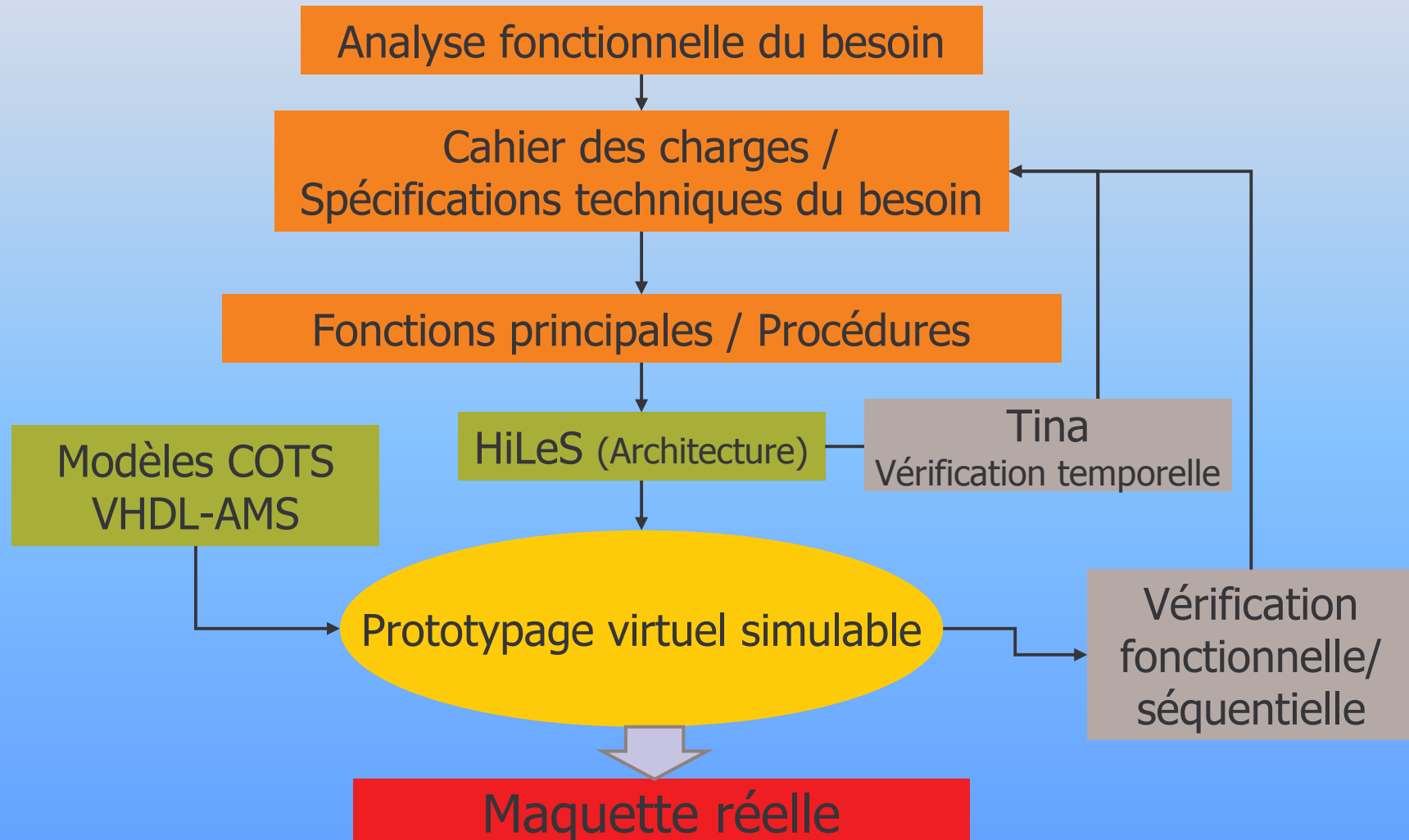
- Maillage
- Cartographie
- Mesure des paramètres d'environnement (T,H,P)
- Mesure des déformations

Étapes d'avancement

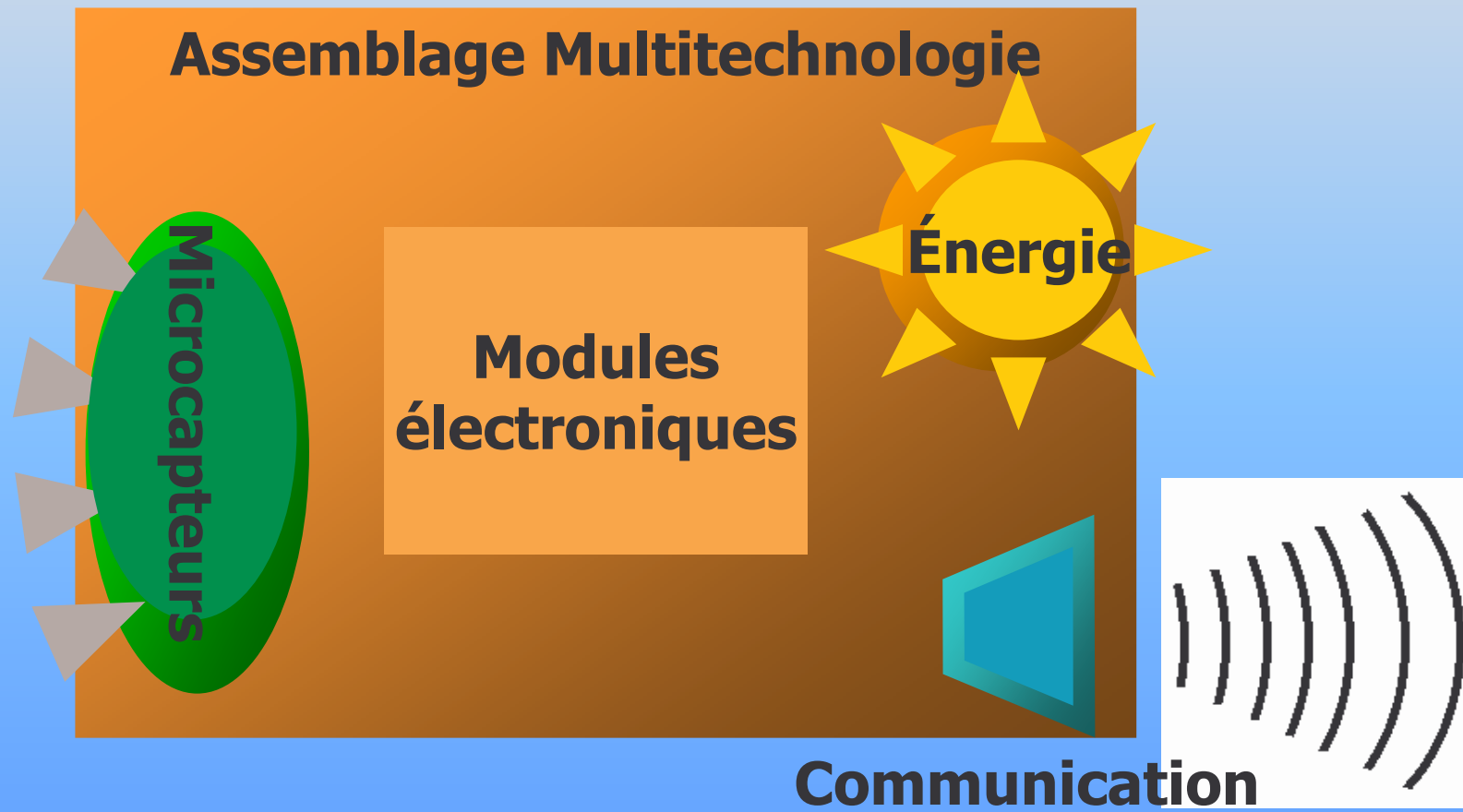
- ü État de l'art (technologies, microcapteurs, sources d'énergie, communication)
- ü Spécification du besoin, écriture d'un cahier des charges
(formalisme textuel)
- ö Conception amont, prototypage virtuel haut niveau HiLes/Tina
(vérification événementielle)
- × Matérialisation virtuelle, modèles COTS, simulation VHDL-AMS
- × Test, modifications du prototypage virtuel
- × Réalisation d'une maquette prototype

Conception Amont

Démarche Top-Down



Principaux constituants d'un DMC



État de l'art

Microcapteurs

Pression

Modèle	Consommation	Taille	Donnée en sortie	Précision
Sensor SP13	3-3.6V		SPI output	± 10kPa
Cimous microtechnologies	3.5 V 85 µA	0,8*2mm Flip chip	Pulse Width Modulated output	
Endevco 32394	5V 2.5mA	1,65*1,2 mm Flip Chip	Analogique	
Infineon KP-100	5V 1.8mA	7*9mm	SPI Output	±15 dq5/kPa
Fujitsu X3AM	3V 6mA	14*12mm	Analogique	± 2,5kPa
Motorola MPX4100	5V 7mA	18*10mm	Analogique	

Humidité

Modèle	Précision	Alimentation	Signal de sortie
Cimous Microtechnologies	± 1,5%		Digital Pulse Width
Maxim SH11A / SH17x	± 23,5%	2,5 à 5,5 V ; 550 µA	Digital Compatible SPI
Honeywell HIH Series 3603	± 2%	5V ; 200µA	Tension
National DS11B0 / 1101	± 2%	5V	Capacitance
Hygrometrix Hygrosol		1,2V ; 0,7 mA	Tension
General Eastern RH-01	± 5%	1-4 VAC 200Hz 0,2mW	Resistance

Température

Modèle	Consommation	Signal de sortie	Précision
Seiko S-6120 Series (haute précision)	4,5µA 2,4-6V	Voltage linéaire à la température	± 2,5°C
Maxim Max6607	8µA 1,8-3,6	Voltage linéaire à la température	± 0,6°C entre +20 et 50°C ± 0,7°C entre 0 et 70°C
Maxim Max6628	30µA 3-5,5	Digital compatible SPI	± 1°C entre 0 et 125°C
Heraeus SMD 1206	0,1 à 0,3 mA	ΔOhm Signal standardisé DIN EN 60751 (IEC 75 1)	± 0,5% de la résistance
Heraeus SOT 223 Pt1000	0,1 à 1mA	ΔOhm Signal standardisé DIN EN 60751 (IEC 75 1)	± 0,5% de la résistance

Déformation

- Méthode optique (Interférométrie, triangulation)
- Méthode inductive
- Méthode capacitive
- Méthode magnétique (Effet hall)

Contraintes :

- Faible consommation
- Précision de mesure en accord avec le cahier des charges

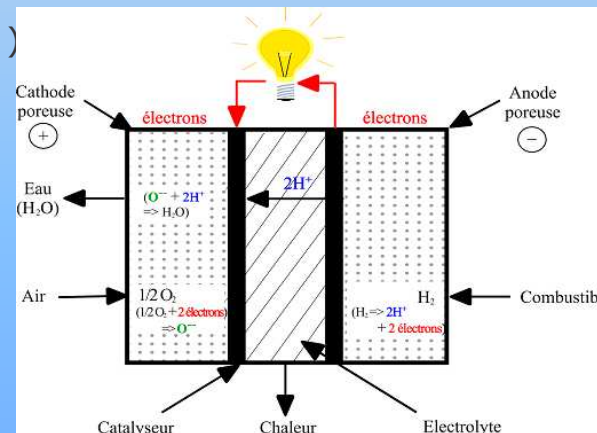
- Sources solides

En 2001	Densité d'énergie massique (Wh/Kg)	Densité d'énergie volumique (Wh/l)	Prix* / Capacité € / Ah
NiCd	60	210	2
NiMh	100	320	5
Li-ion	160	380	6
Li-polymère	200	390	9

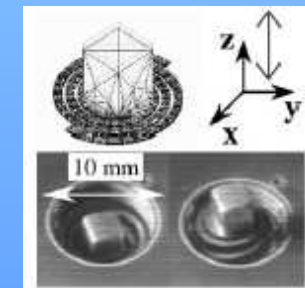
Contraintes :

- Faible volume
- Grande capacité

- Piles à combustible (CEA, Didier Bloch)
Projets Micromet et H2-Minipac



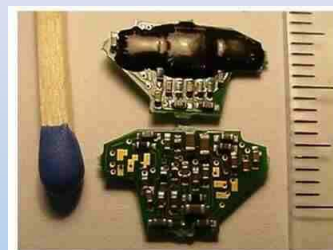
- Vibrations (M. El-hami, University of Southampton)
 - Mouvement relatif d'un aimant et d'une bobine (MEMS)
 - 12mV pour 25µm d'amplitude
 - délivre 1mW à 320Hz (volume de 240mm3)



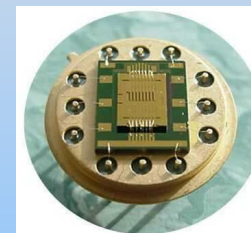
Wen J. Li et al. de l'Université Chinoise de Hong-Kong

État de l'art Technologie

- Chip on board



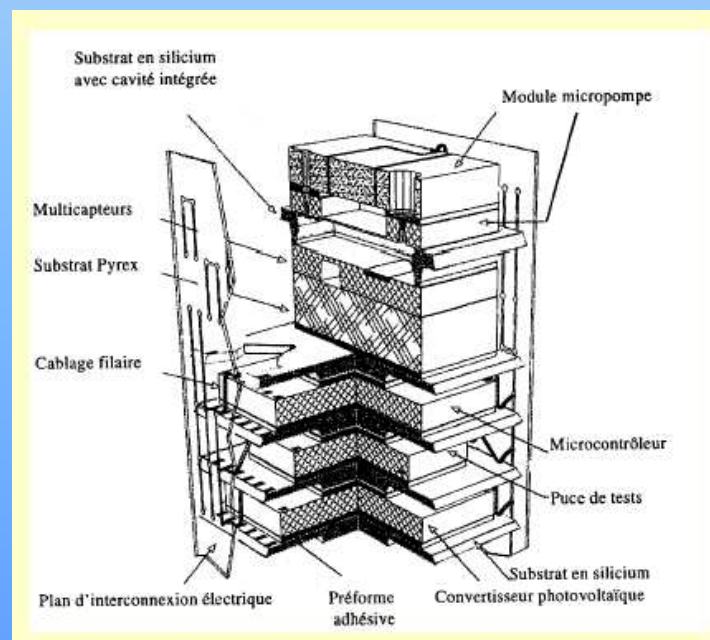
- Multi Chip Module



- Projet Européen Barmint
Multi-technologies

Contraintes :

- Volume de qq cm³
- Faible coût
- Résistance à une forte humidité

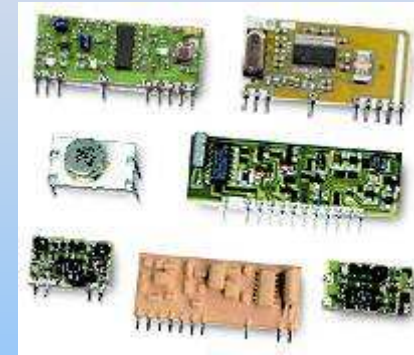


- 433 Mhz ; 868 MHz

Modules RF grande consommation

(télécommande de portail, téléphonie sans fil pour le domicile)

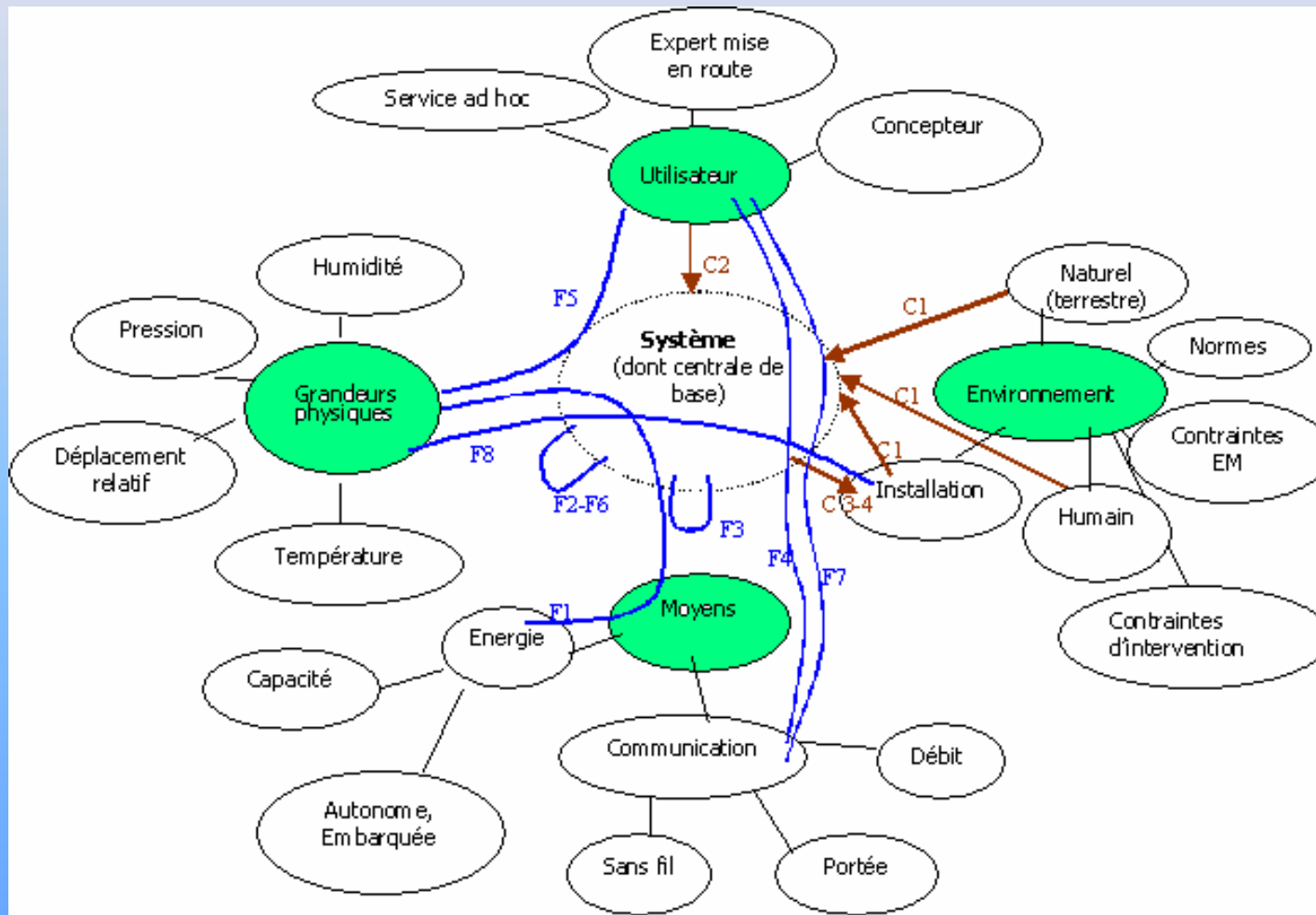
- Bluetooth (Transmission de données haut débit, 1 Mbit/s)
- Zigbee (Transmission de données faible débit, 20 Kbit/s)



Contraintes :

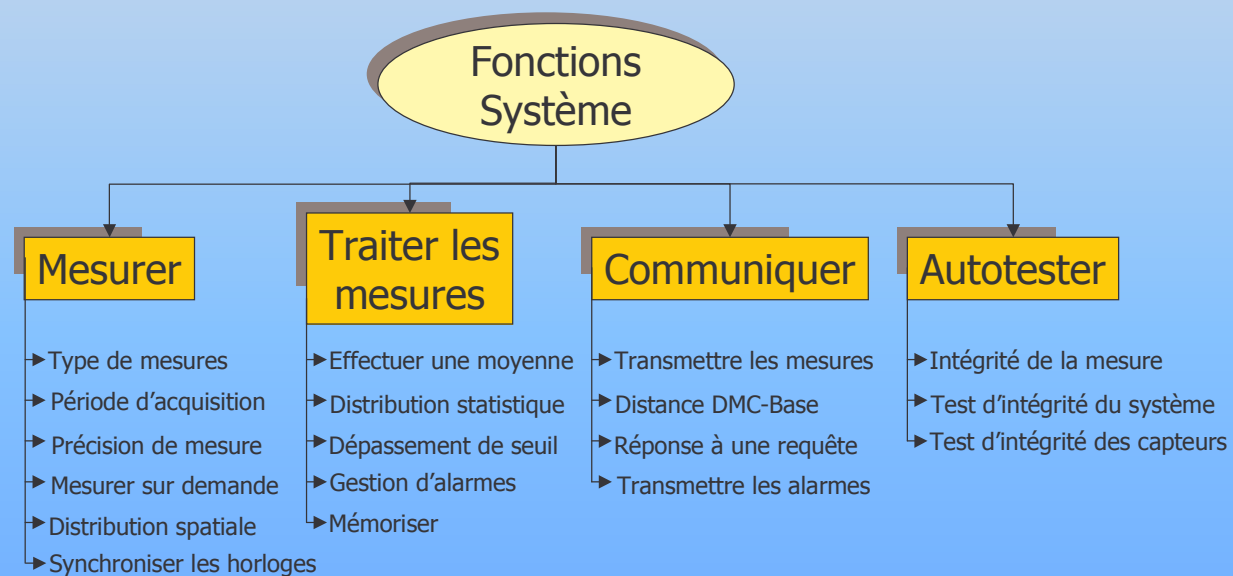
- Faible consommation
- Limité en fréquence
- Limité en puissance d'émission

Analyse fonctionnelle



Cahier des charges

Fonctions principales



Procédures

1 Séquences opérationnelles de fonctionnement : Procédures

Les séquences temporelles décrites dans ce paragraphe peuvent faire interagir plusieurs modules du système. La gestion temporelle est faite à l'aide de réseaux de Pétri formés d'un assemblage de places (cercles), de transitions (trait gras) reliées entre elles par des arcs (flèches pointillées) (Annexe 12). Toutes les places précédant une transition doivent être validées par un jeton pour pouvoir « tirer » à la place suivante.

1.1 Initialiser

Le module Initialise (Annexe 9) gère la séquence de mise en marche d'un Dispositif MultiCapteurs.

-Réveil automatique du DMC, par impulsion d'une horloge interne au DMC « auto_wake_up », ou sur demande de la centrale de base et activation manuelle sur le DMC « wake_up ».

-Mise en route séquentielle de tous les DMC du réseau (chaque DMC est indépendant)

-Alimentation (réveil) de tous les modules composant le DMC « start_power », puis attente d'un délai T.

-Le test du niveau de batterie de chaque DMC est réalisé par le gestionnaire d'énergie (Power manager, Annexe 7) qui communique le niveau de la batterie, ou une alarme en cas de niveau faible à l'émetteur/récepteur (E/R) (Transceiver).

-Test hors ligne en série des microcapteurs « Start test ».

-Réception d'un acquittement de fin de test « TestX_ON/OFF » = OFF du module Sensor Test.

-Mise en disponibilité du DMC « Idle » (l'analyse du test est réalisé par le module Analyse qui peut commander l'émission d'une alarme « Alarm_test_meas » dans le cas d'un test s'est négatif).

-Les conditions de mise en veille sont générées par le bloc Selector, interne au module Initialise. Mise en veille après accusé réception de :

-la transmission des données mesurées vers la centrale de base « Ack_sent_data » (dans le cas d'une mise en route sous requête de la centrale de base ou manuelle « wake_up »)

-la mémorisation des données « Ack_mem_datas_X » (dans le cas de la marche automatique « Auto_wake_up »).

1.2 Tester (hors ligne) : Test des microcapteurs

Le module Sensor Test (Annexe 5) génère les signaux de test pour chaque type de microcapteur.

-Début de test sur impulsion du module initialiser « Start_test » (cas d'un test séquentiel de tous les microcapteurs) ou sur demande de la centrale de base « Start_test_X » (cas d'un test ciblé d'un microcapteur X).

-Mise en mode test de l'unité de mesure : émission de « TestX_ON/OFF » vers le module Analyse.

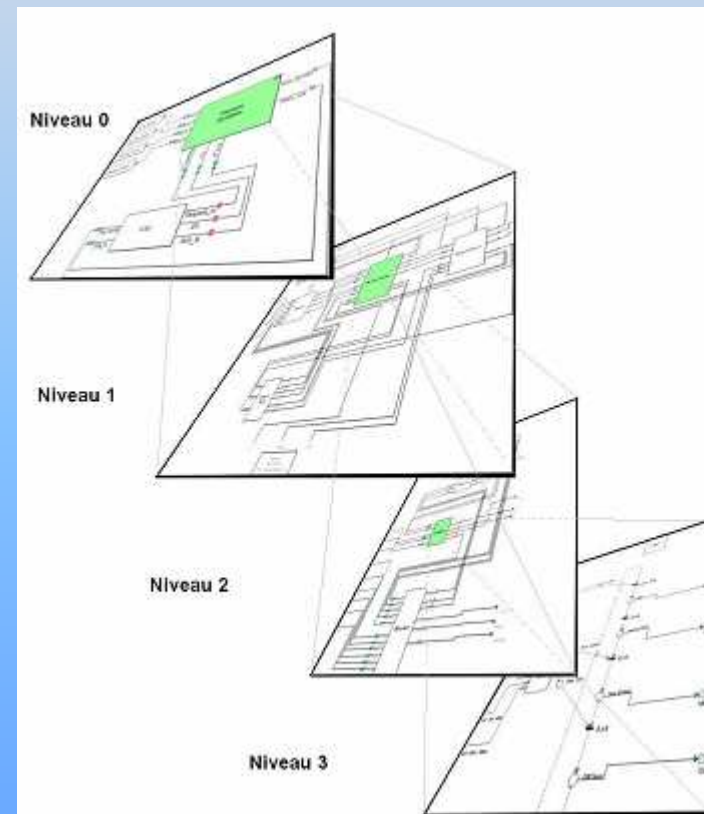
-Le module de test envoie séquentiellement un signal test spécifique vers chaque microcapteur.

-Le signal issue du microcapteur X est échantillonné par la fonction Sampler du module Analyse (Annexe 10) et comparé à un signal de référence provenant de la mémoire « Database ».

Description HiLeS du Système

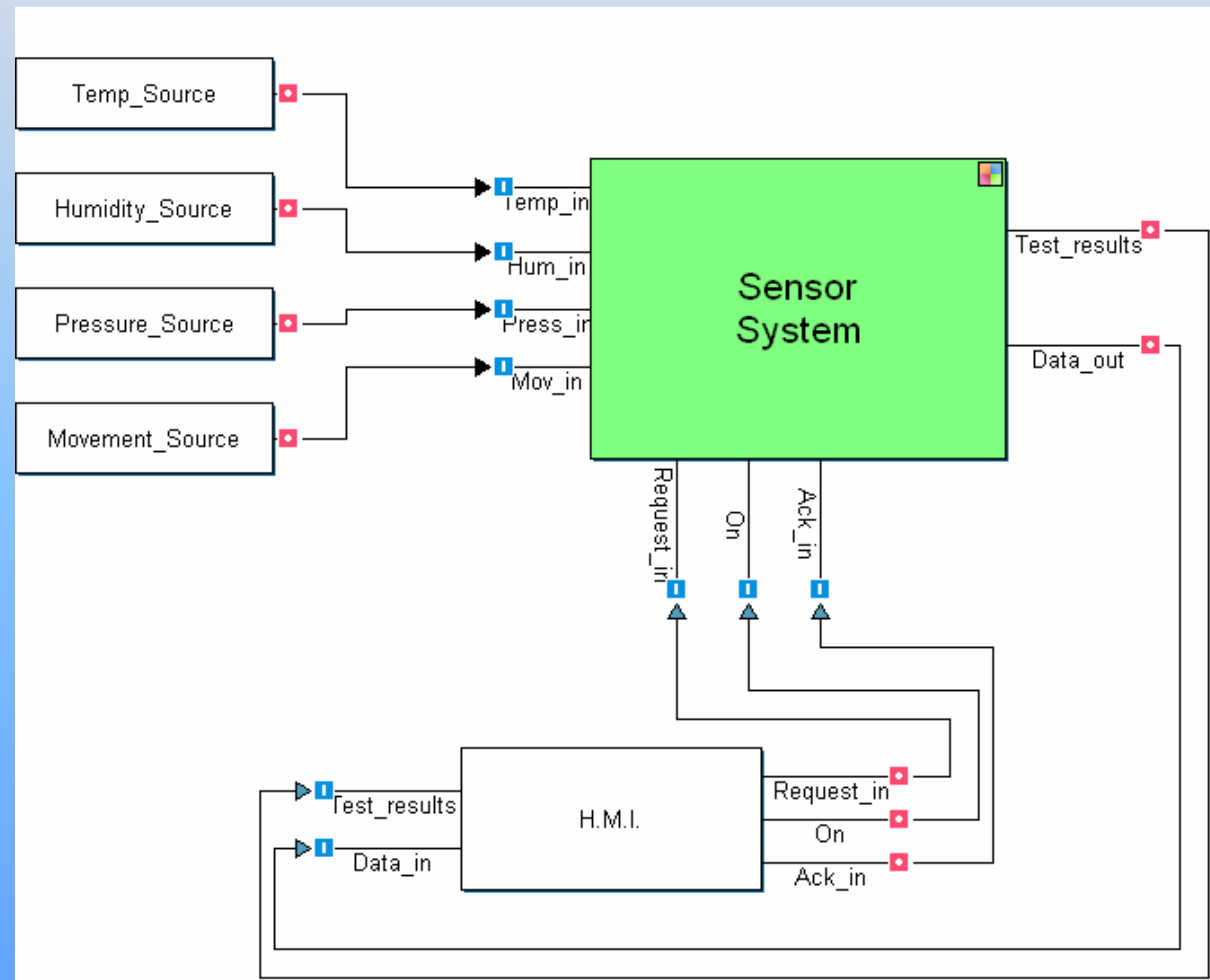
Cahier des charges => Fonctions principales + Procédures

- Le **niveau 0**. environnement du système, les acteurs, les entrées et les sorties.
- Le **niveau 1**. fonctions principales du système, connections logiques mutuelles.
- Le **niveau 2**. fonctions complémentaires non spécifiées dans le cahier des charges.
- Le **niveau 3**. gestion temporelle des événements (réseaux de Pétri).

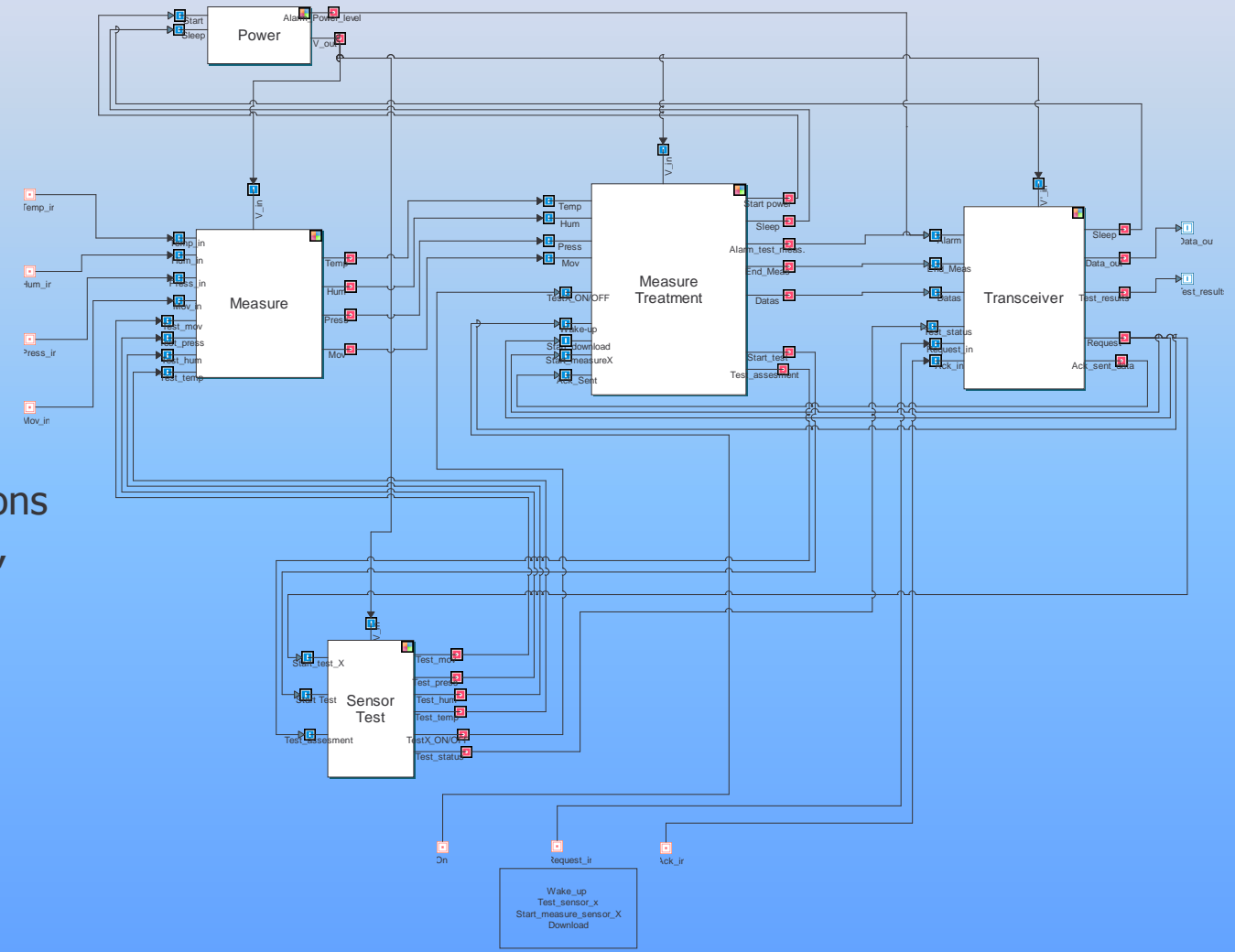


HiLeS Niveau 0

- Le **niveau 0.** environnement du système, les acteurs, les entrées et les sorties.



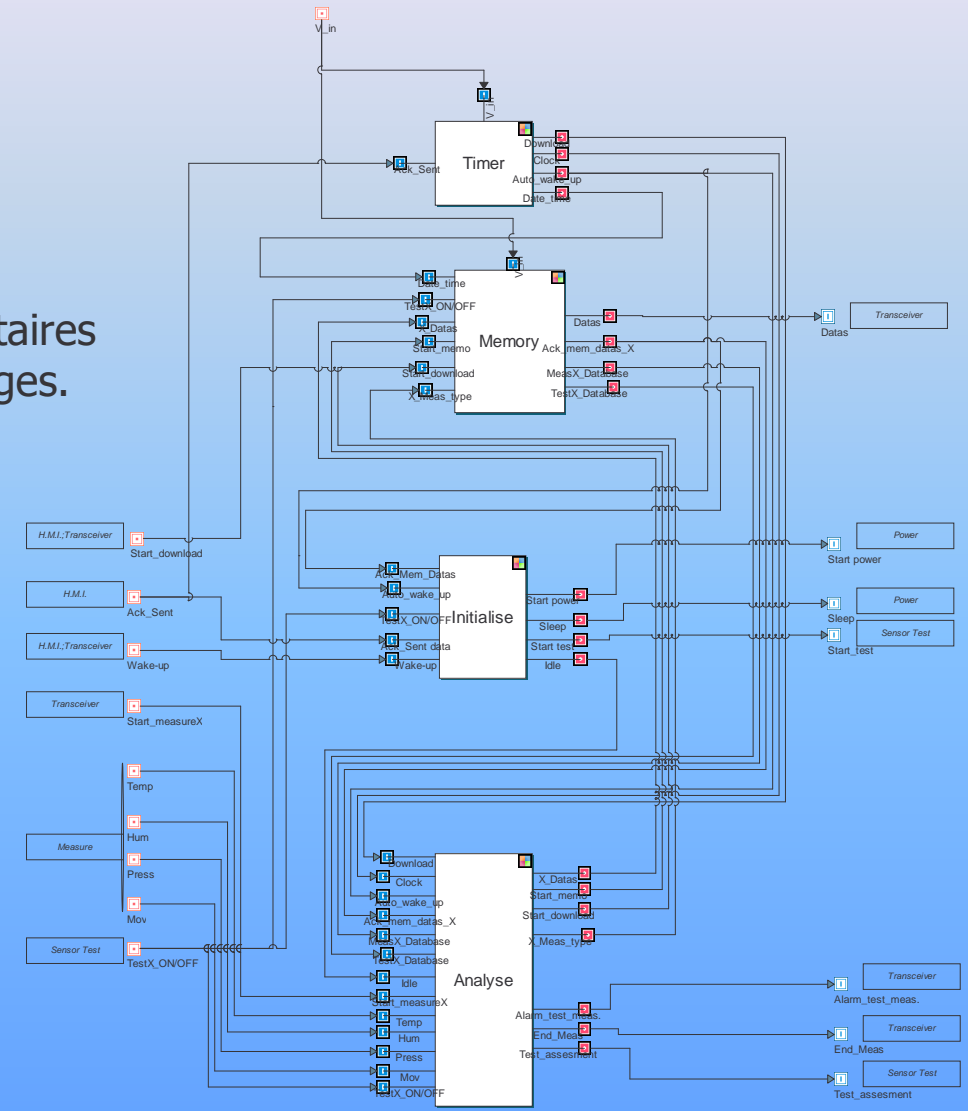
HiLeS Niveau 1



- Le **niveau 1**. fonctions principales du système, connexions logiques mutuelles.

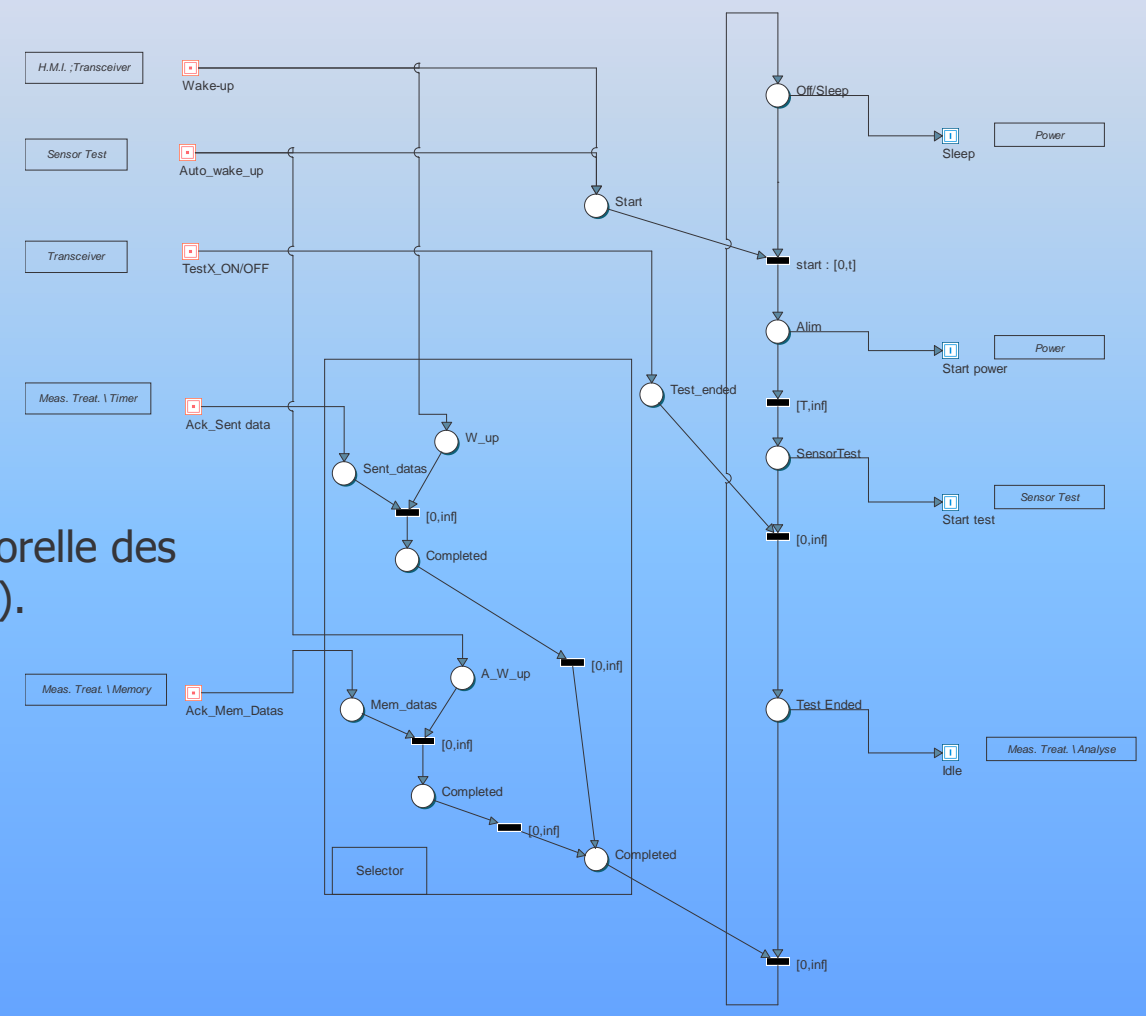
HiLeS Niveau 2

- Le **niveau 2**. fonctions complémentaires non spécifiées dans le cahier des charges.



HiLeS Niveau 3

- Le **niveau 3**. gestion temporelle des évènements (réseaux de Pétri).



Objectifs

- Regrouper les outils et les méthodes
- Conserver le savoir
- Proposer une démarche générique de conception

Conclusion

- Suivi d'une démarche Top-Down
- Représentation du système global sous HiLeS
- Validation temporelle sous Tina

Perspectives

- Matérialisation virtuelle
- Optimisation et validation des performances
- Matérialisation réelle