



RECHERCHE 

INSTITUT NATIONAL DES SCIENCES APPLIQUÉES DE LYON

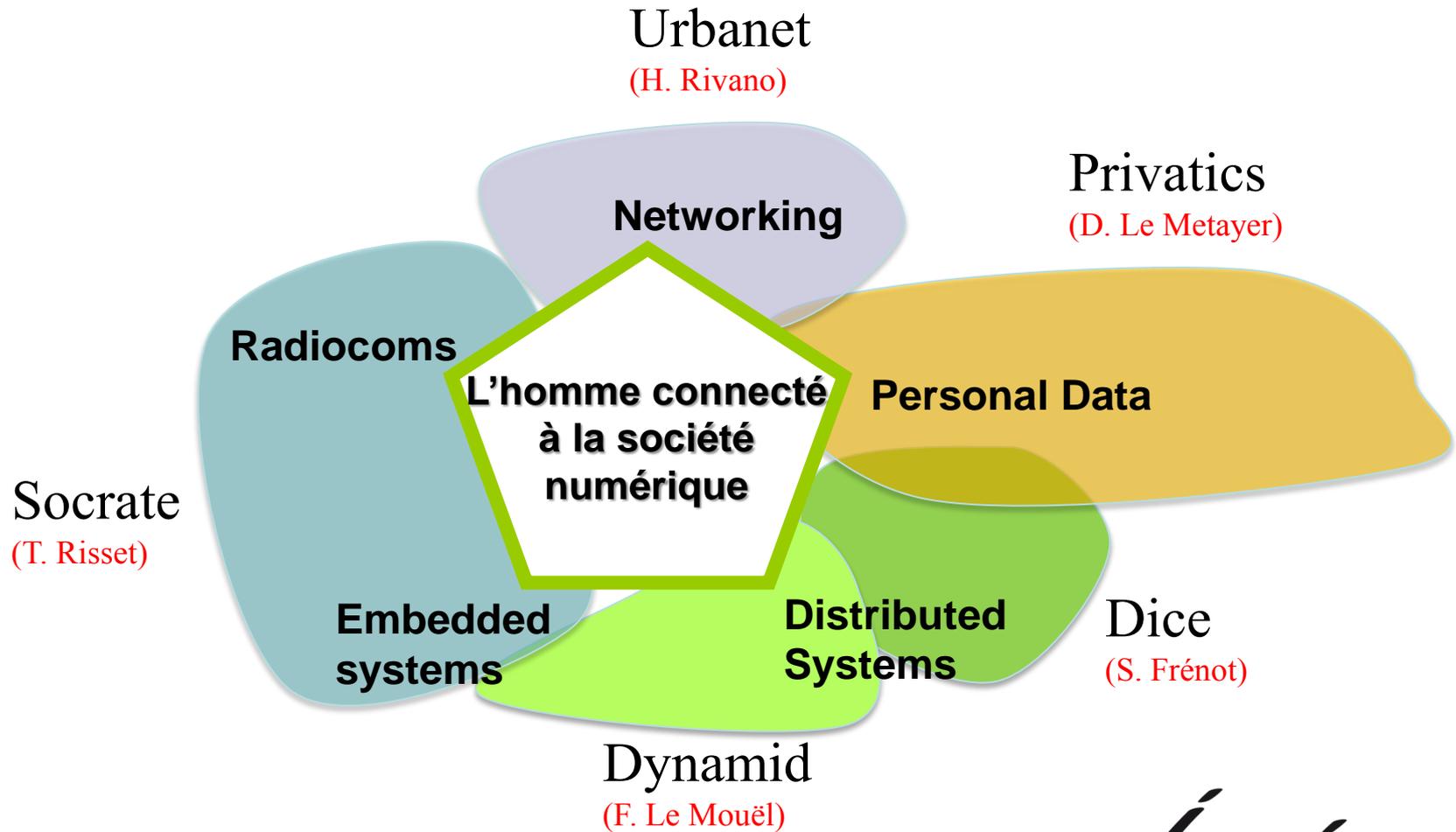
# Enjeux et propositions sur les architectures RF pour l'homme connecté à la société numérique



Guillaume VILLEMAUD,  
Florin Hutu, Tanguy Risset, Jean-Marie Gorce

Journées Scientifiques URSI 2014  
26 mars 2014

# Le CITI en bref...



*Inria*  
INVENTEURS DU MONDE NUMÉRIQUE

Nouveau challenge:  
« L'homme connecté à la société numérique »

SmartCitySDK

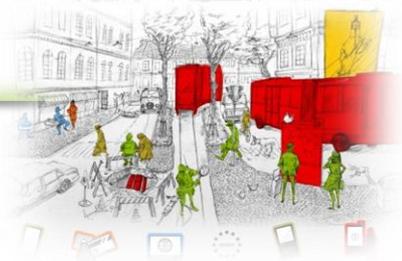
www.culminatium.fr

Les enjeux:

- Continuité de services
- Convergence/hétérogénéité
- Autonomie
- Acceptabilité
- Evolutivité



# Sur les architectures radio



## Les enjeux:

- Continuité de services
- Convergence/hétérogénéité
- Autonomie
- Acceptabilité
- Evolutivité

Hautes  
Performances  
Multi-\*

WSN et  
réseaux  
domestiques

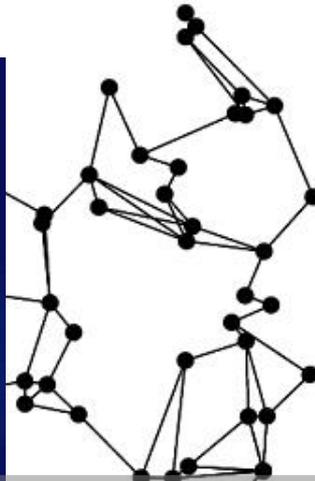
Radio  
logicielle

# Terminaux hautes performances

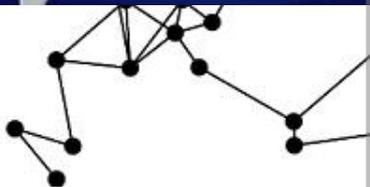


Coexistence des interfaces radios

802.11a/b/g/n/ac/p  
WiMax  
LTE-Advanced  
BAN  
Femtocell



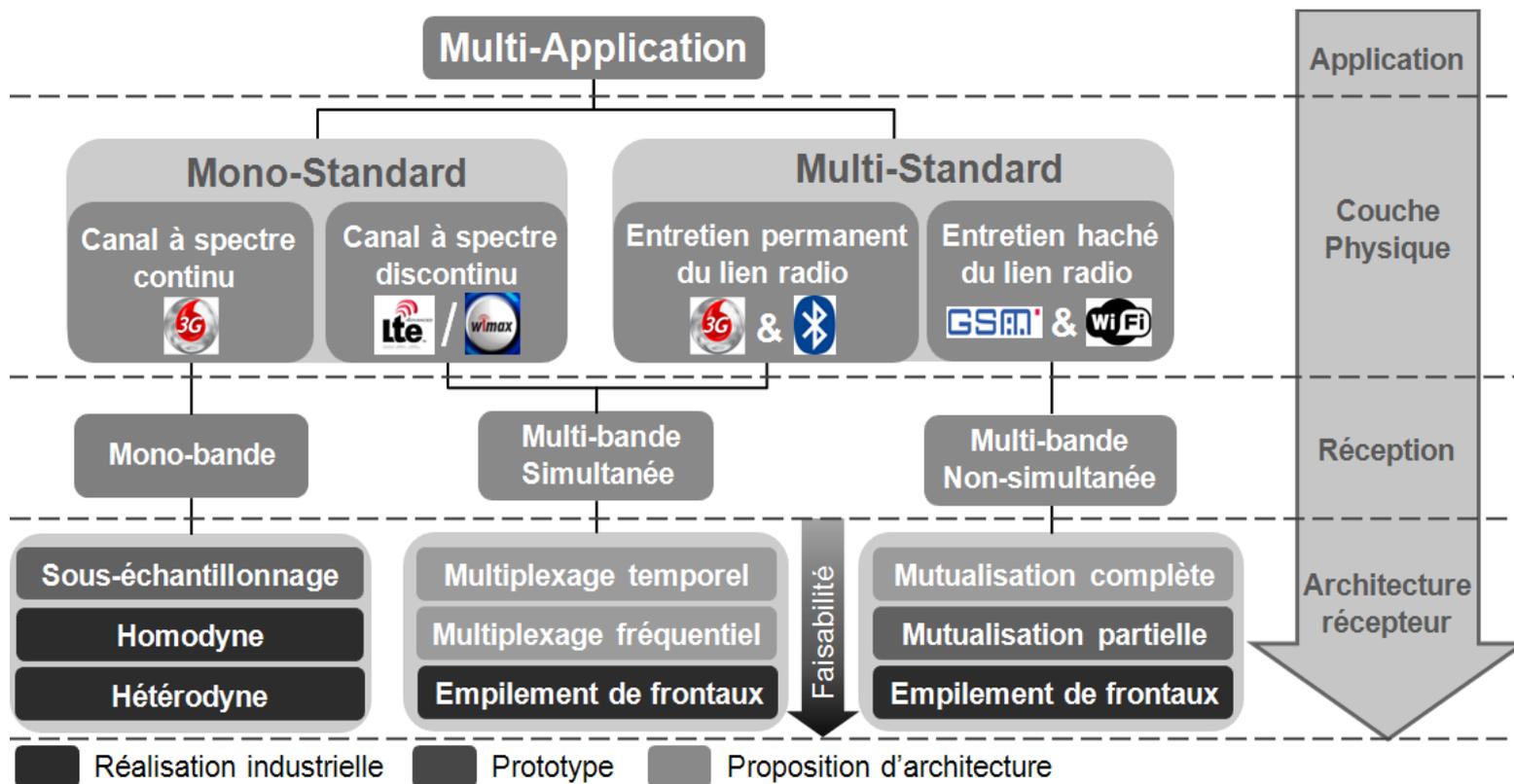
Multi-antenne (MIMO)  
Multi-standard  
Multi-bande  
Multi-canal  
Multi-???



# Focus 2: les récepteurs multi-\*



La multiplication des standards implique une complexité croissante des architectures RF



# Points clés des systèmes multi-\*

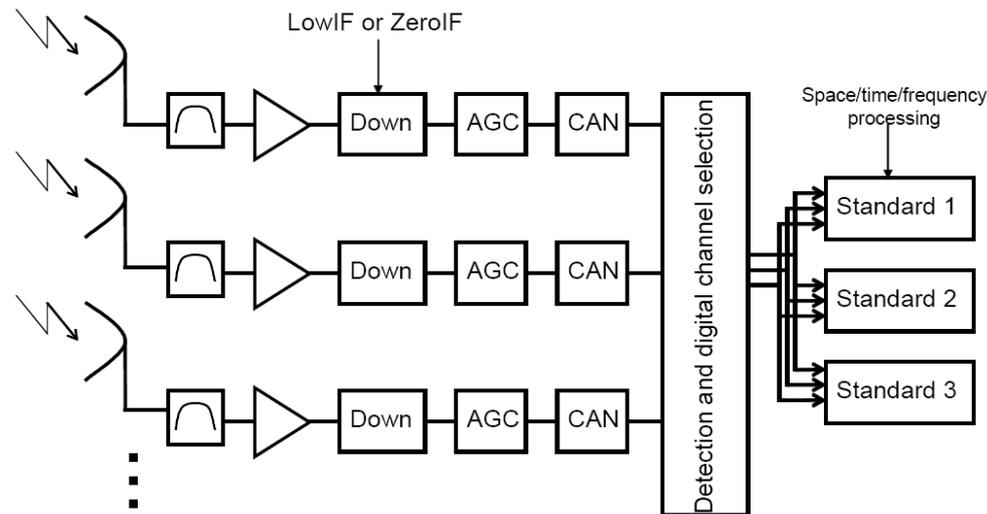
BER / Energy

Integration  
Antenna  
coupling  
Channel  
correlation

Multi-  
architecture  
Dirty RF  
Components  
pooling

Sensing  
Relay  
Resource  
sharing

Joint processing  
SDR  
Green Radio  
Implementation  
Reconfiguration



# Quelques pistes

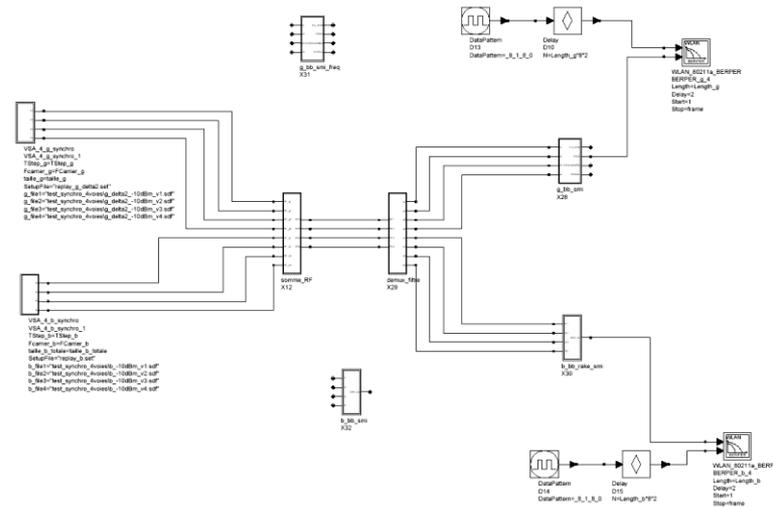
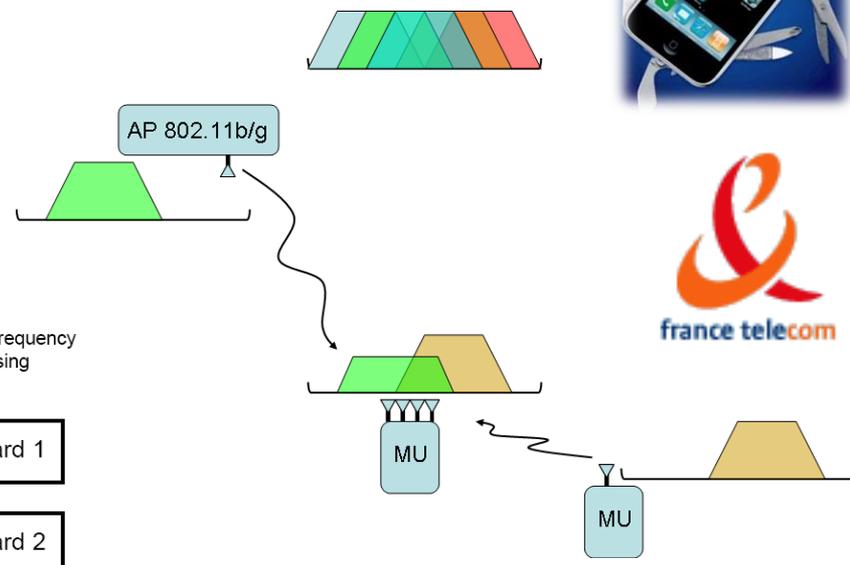
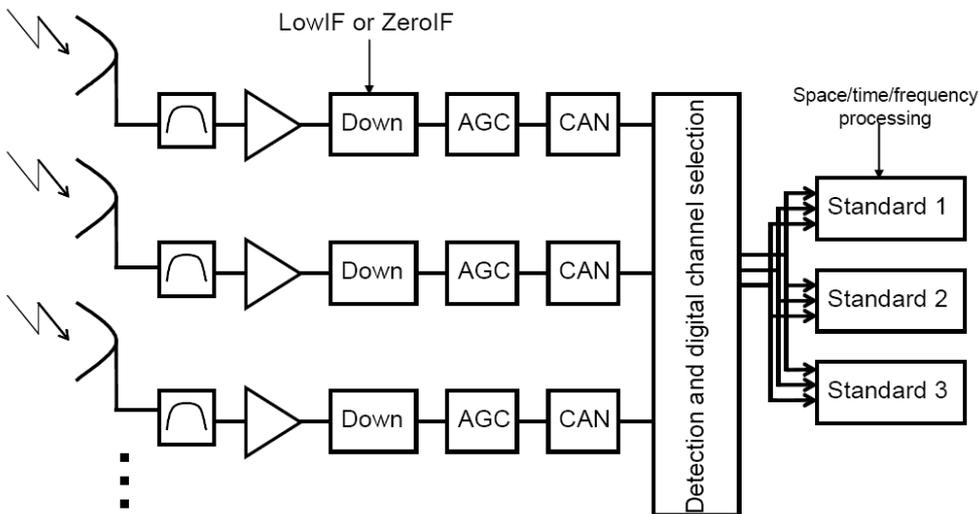


- Single RF MIMO (ex: ESPAR)
- Spatial Modulation
- Massive MIMO
- Nouvelles formes d'ondes (GFDM/FBMC)
- Mutualisation hardware

# Récepteur multi-canal multi-antenne



But: permettre la réception de canaux recouvrants dans la bande WiFi à 2.4 GHz

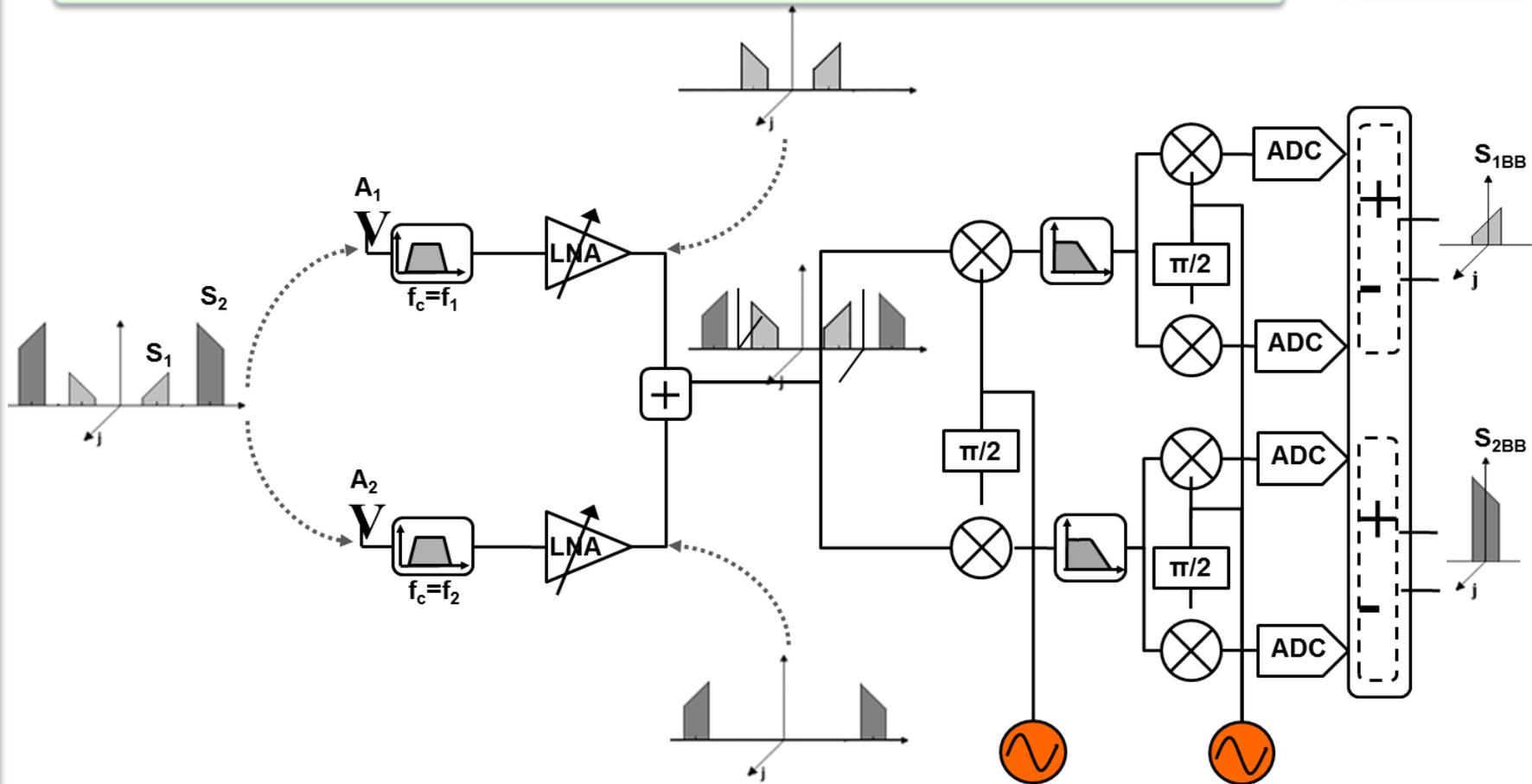


- 1ère phase: ADS+plateforme radio
- 2ème phase: SDR



# Récepteur multi-bande

Principe de la double translation orthogonale: double IQ

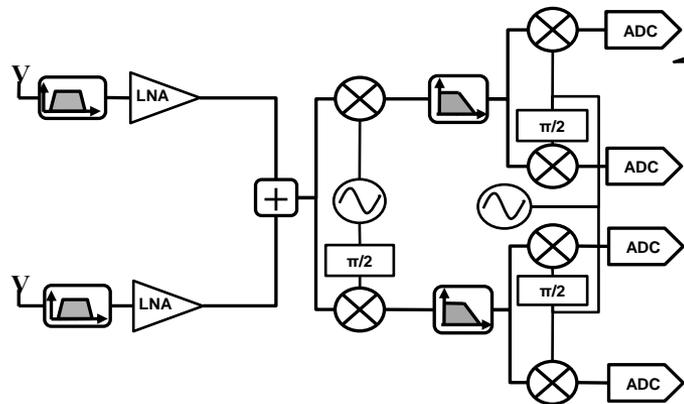


I.Burciu, M.Gautier, G.Villemaud et J.Verdier, "METHOD FOR PROCESSING TWO SIGNALS RECEIVED BY A SINGLE TERMINAL", WO/2010/031944, Mars 2010

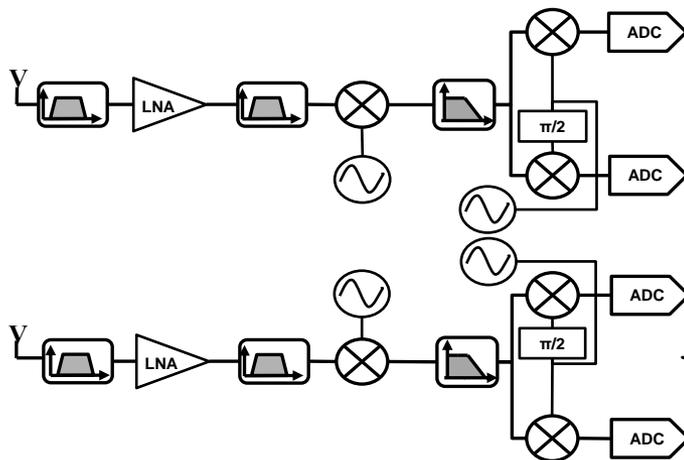
# Evaluation de la consommation



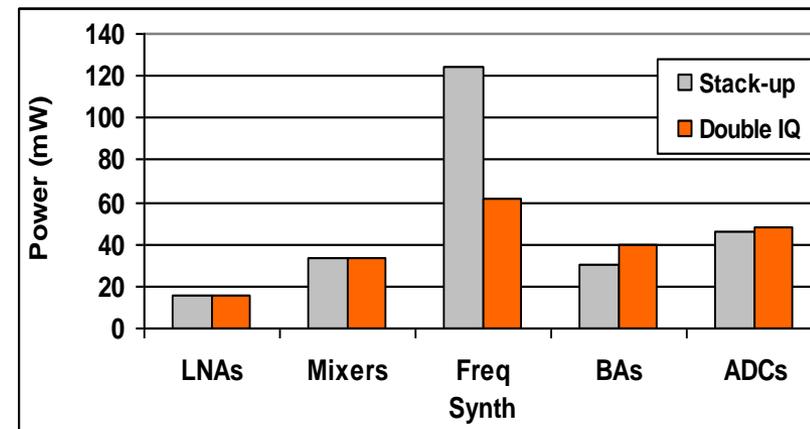
Comparaison avec un empilement de frontaux pour le cas UMTS-WiFi



200 mW



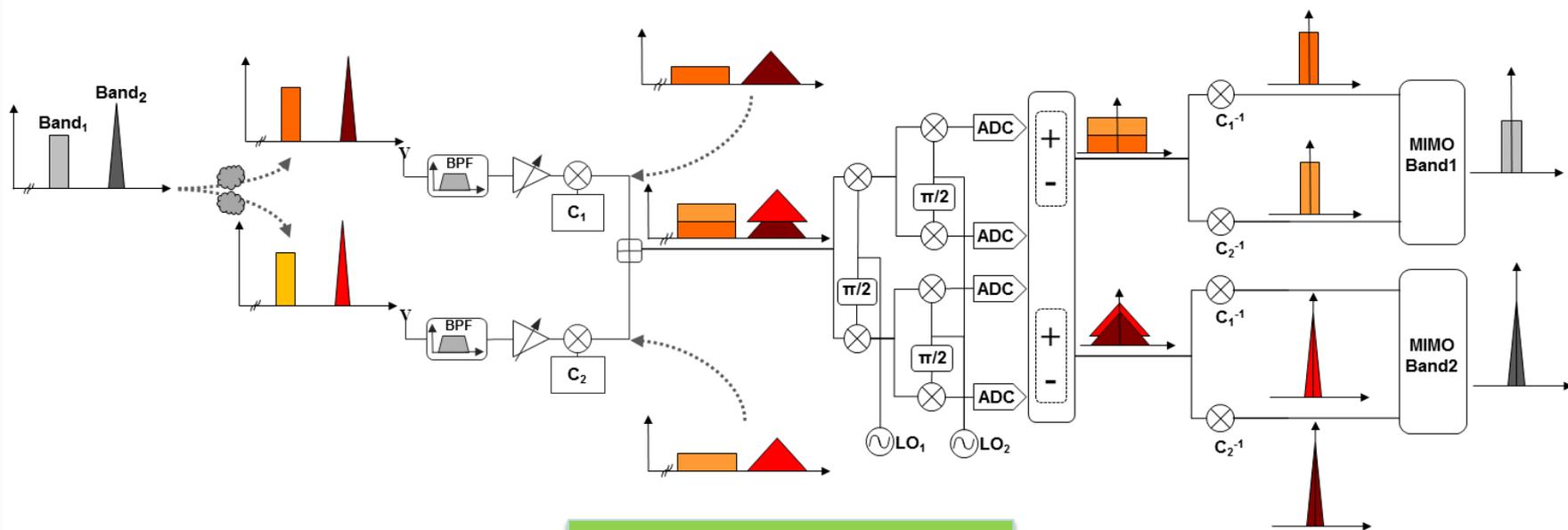
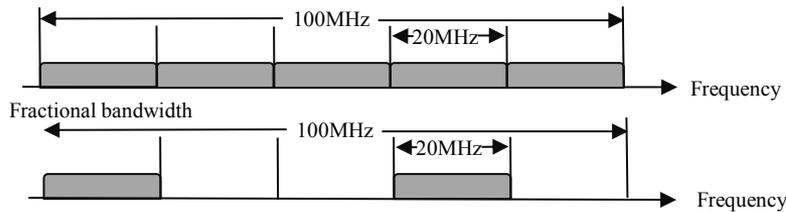
250 mW



# Multi-bande, multi-antenne

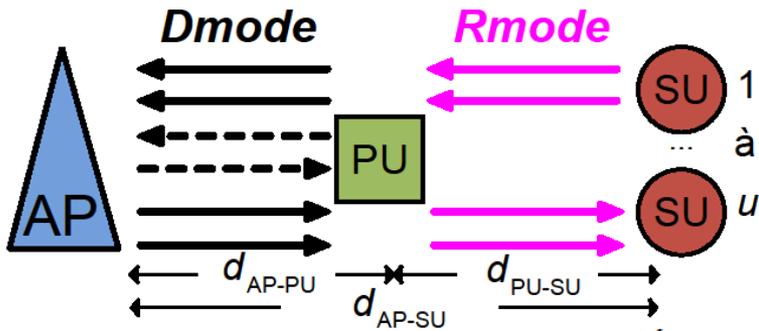
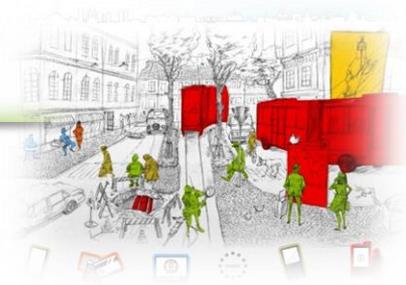


## Récepteur LTE-Advanced pour bandes fractionnées et MIMO



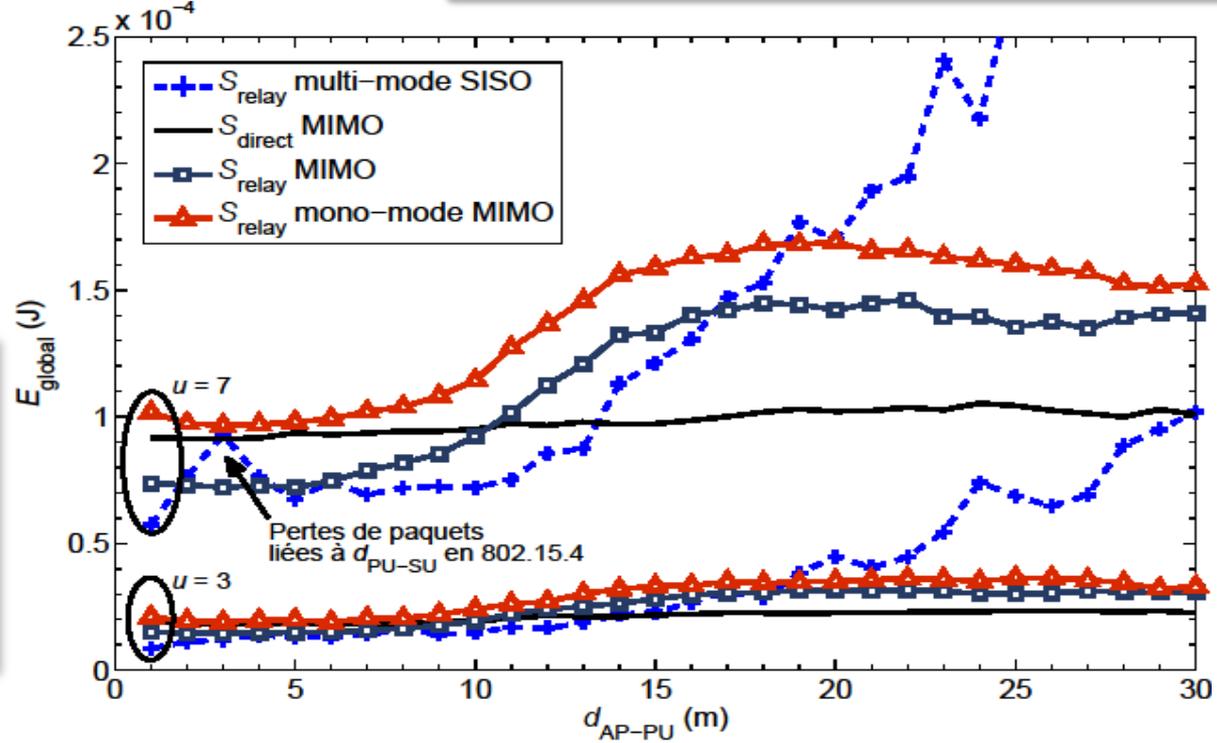
33% less consuming

# Les relais multi-\*



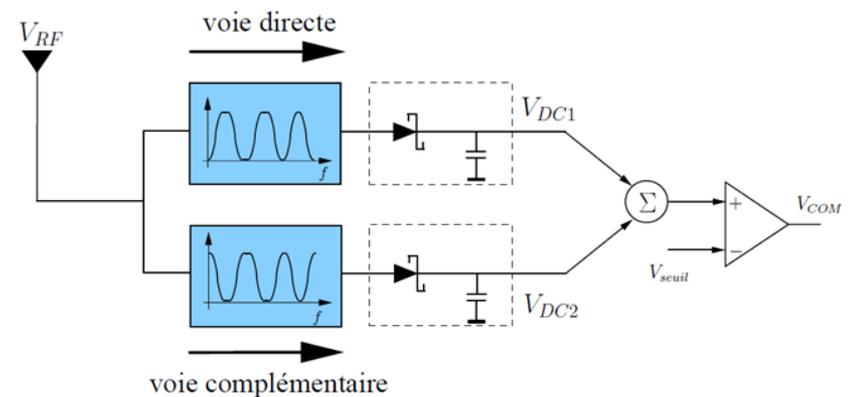
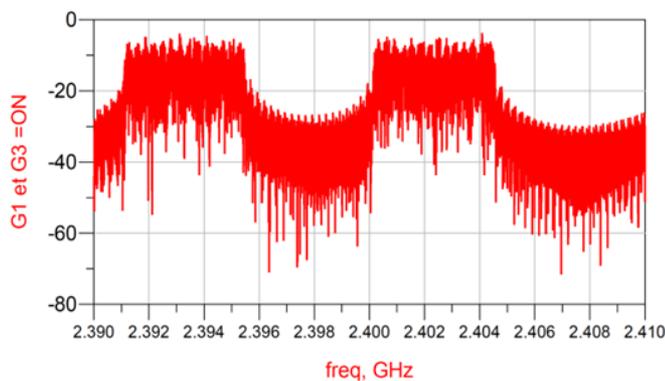
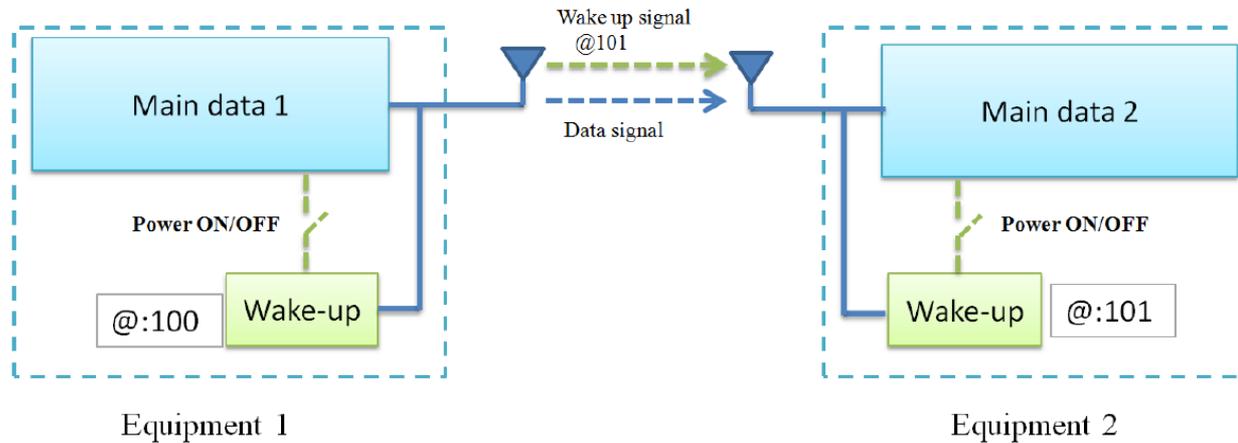
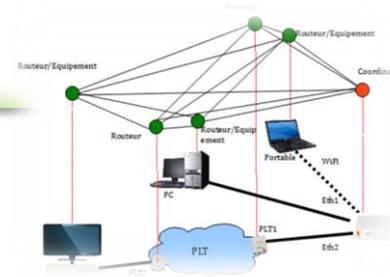
Simulateur réseau: WSNet

Application possible dans le domaine des BAN



# Réseaux domestiques

## FUI EconHome: Wake-Up radio

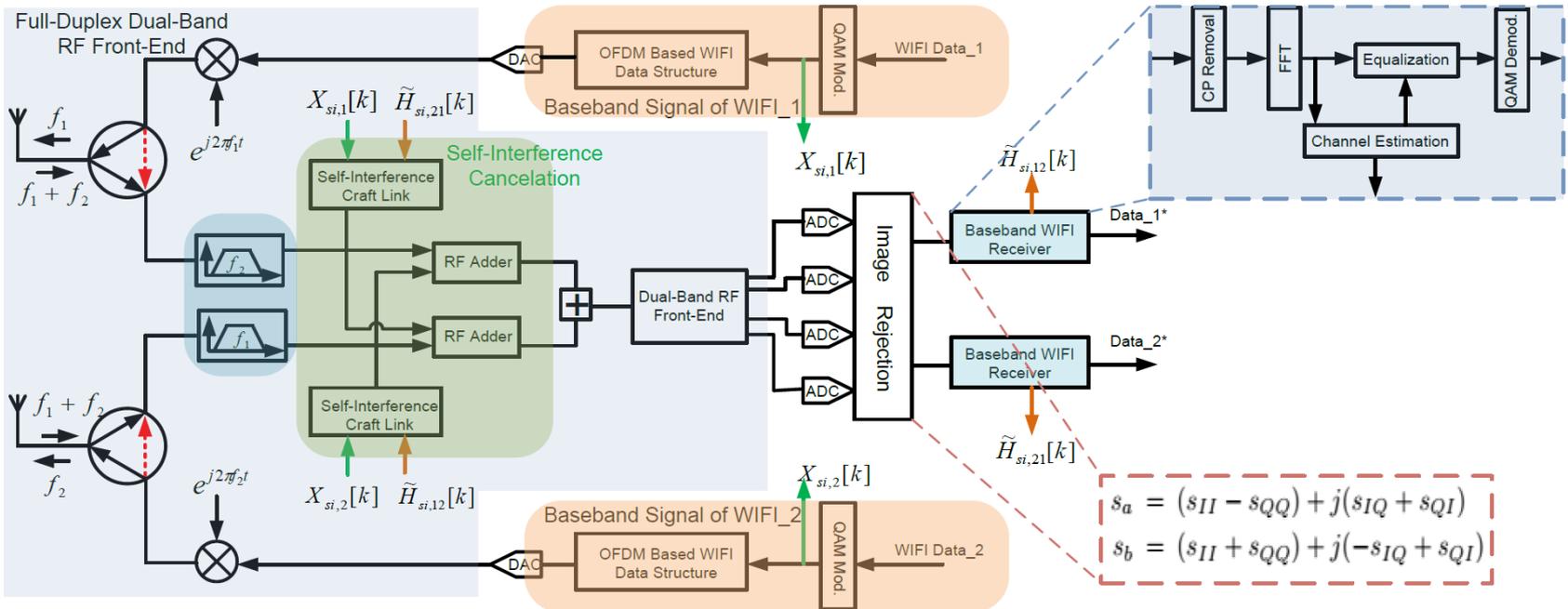


# Réseaux à fort duty cycle

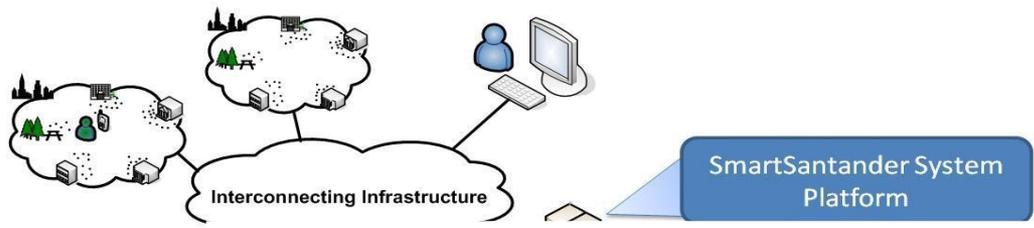


## Full-Duplex: émission et réception simultanée

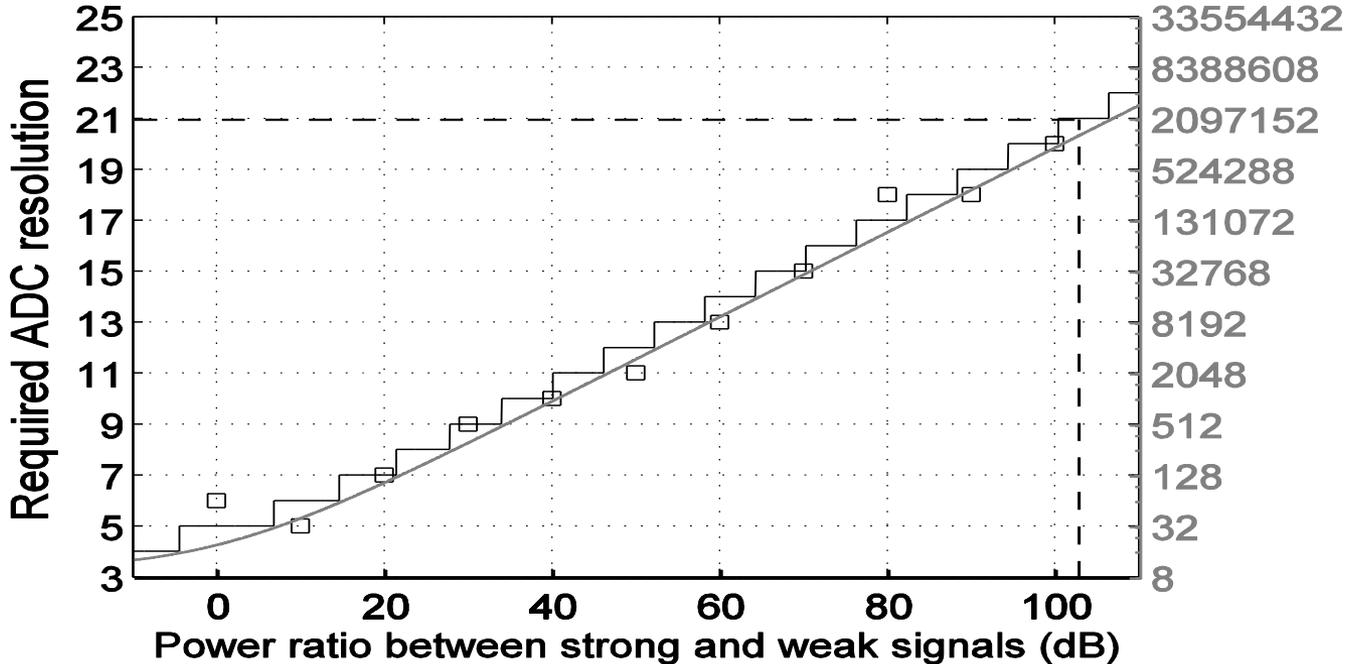
Problème principal: l'auto-interférence  
 Suppression niveau antenne, analogique et numérique



# SDR: Réseaux de collecte



— theoretical required ADC resolution  
 — theoretical required number of quantization states  
 □ simulated required ADC resolution

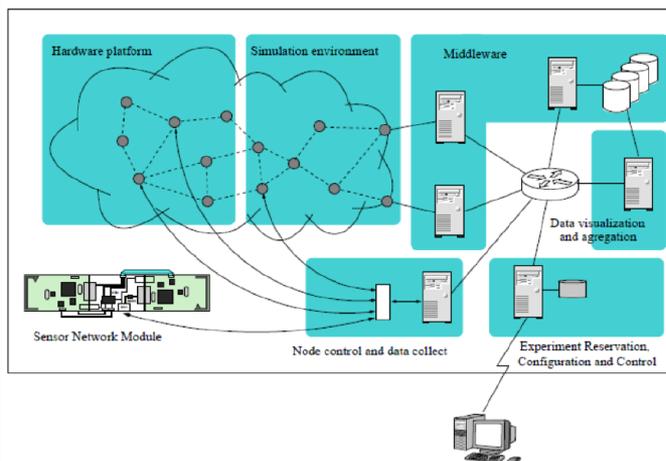
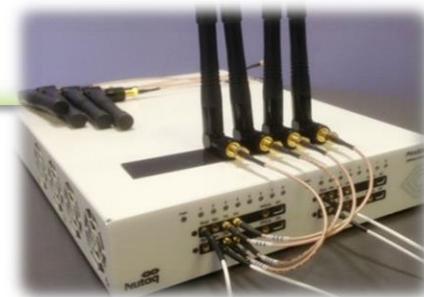


Required number of quantization states

# Nouveaux outils: FIT-CortexLab

Plateforme expérimentale de 200 m<sup>2</sup> faradisée et partiellement anéchoïisée basée sur des nœuds SDR programmables à distance.

- 42 PC industriels Aplus
- 24 Cartes USRP National Instruments
- 18 picoSDR Nutaq (5 MIMO 4x4, 13 MIMO 2x2)

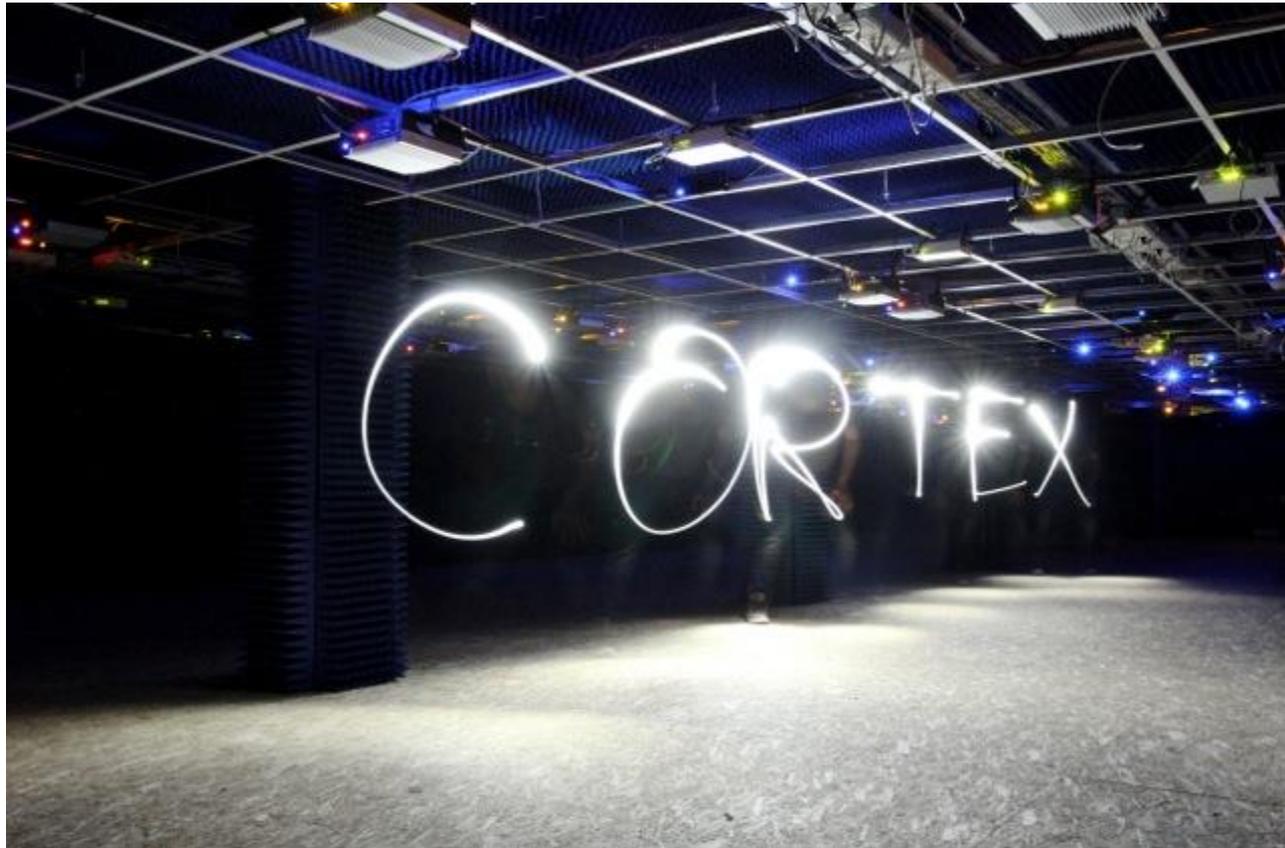


[www.cortexlab.fr](http://www.cortexlab.fr)

# Conclusion

- L'hétérogénéité des liens radio nécessaires pour connecter l'homme au monde numérique induit de nouvelles approches de conception des architectures radio.
- La consommation énergétique est devenue un enjeu prépondérant : coût, autonomie, acceptabilité...
- La balance entre parties analogiques et numériques des terminaux peut permettre plus de flexibilité et peut permettre de nouvelles métriques d'optimisation des réseaux.
- Les enjeux sociétaux doivent aussi impacter les choix sur les architectures radio: consommation, rayonnement, sécurité, privacy...

Merci de votre attention, des questions ?



[guillaume.villemaud@insa-lyon.fr](mailto:guillaume.villemaud@insa-lyon.fr)

# Validations expérimentales



E4438C ESG  
Vector Signal Generator

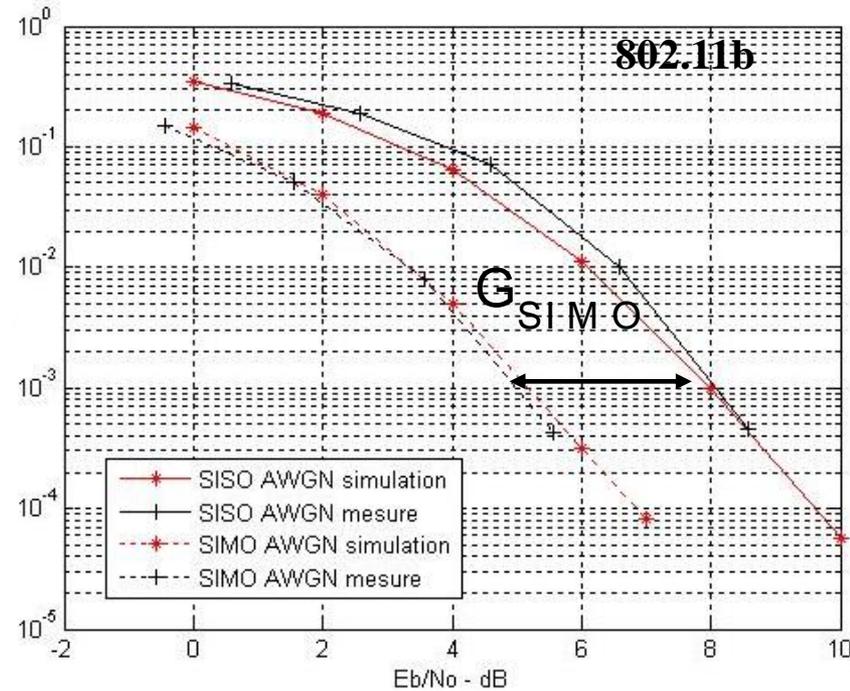
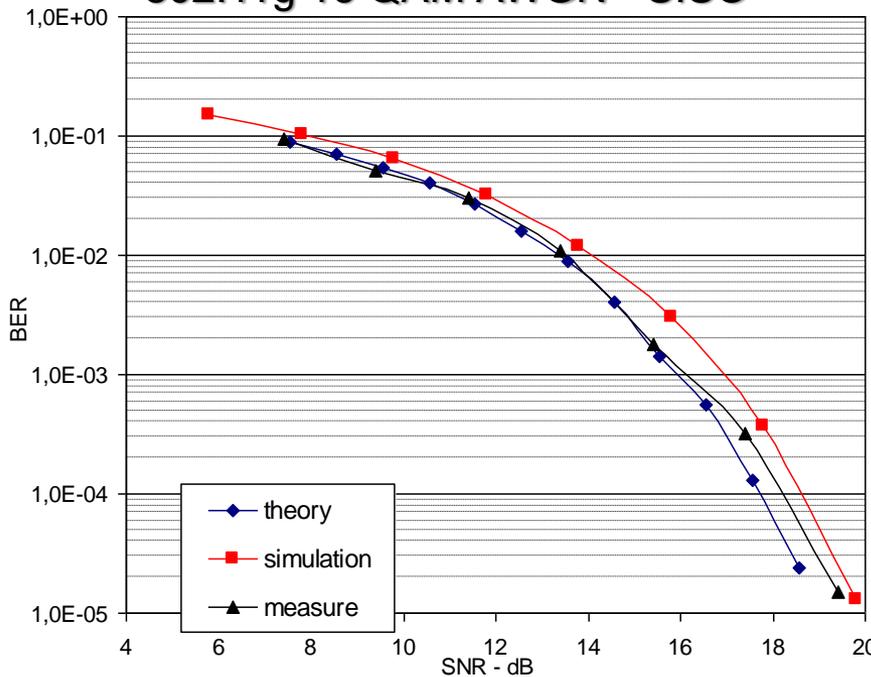


Real channel

89641 Vector Signal Analyser

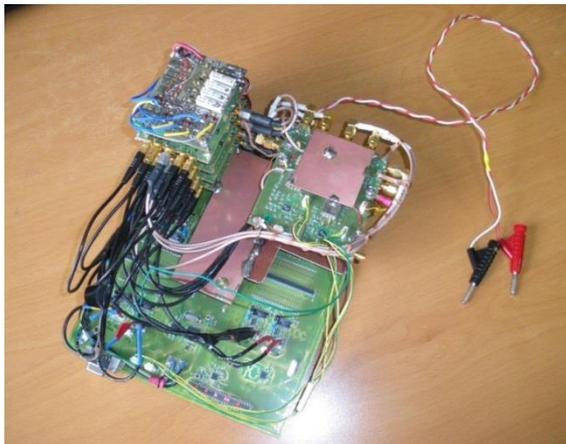
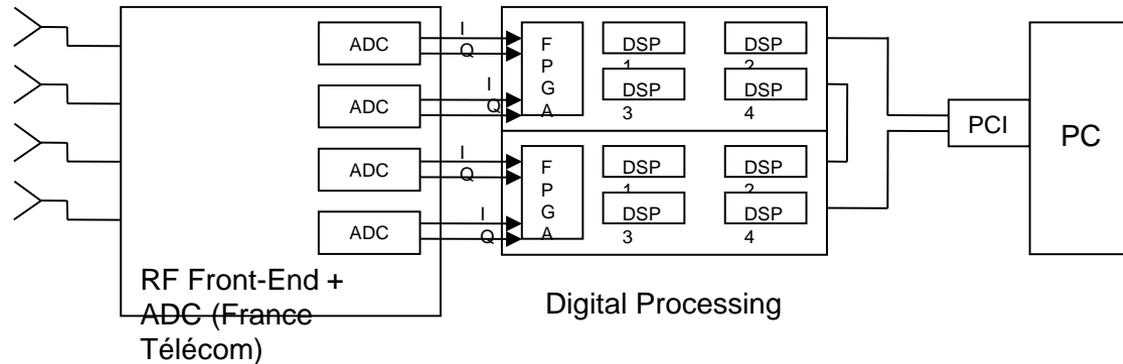


802.11g 16 QAM AWGN - SISO



# Prototype

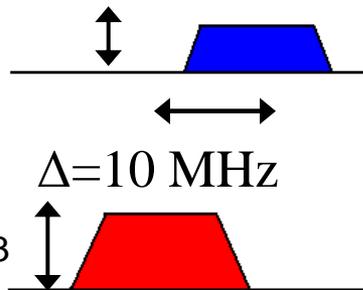
Première expérience de développement d'un prototype à base de radio logicielle



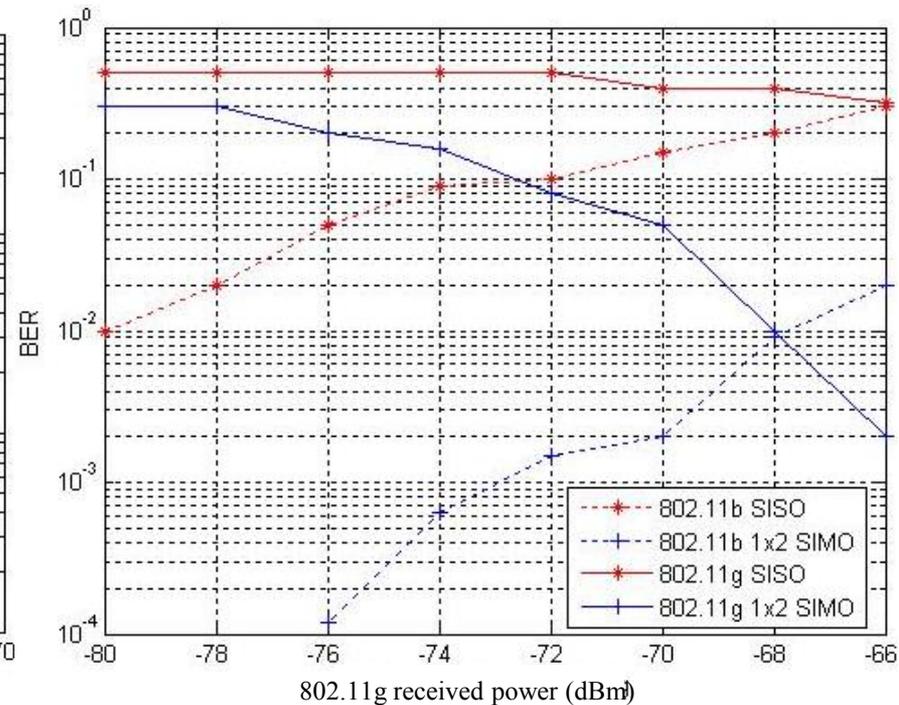
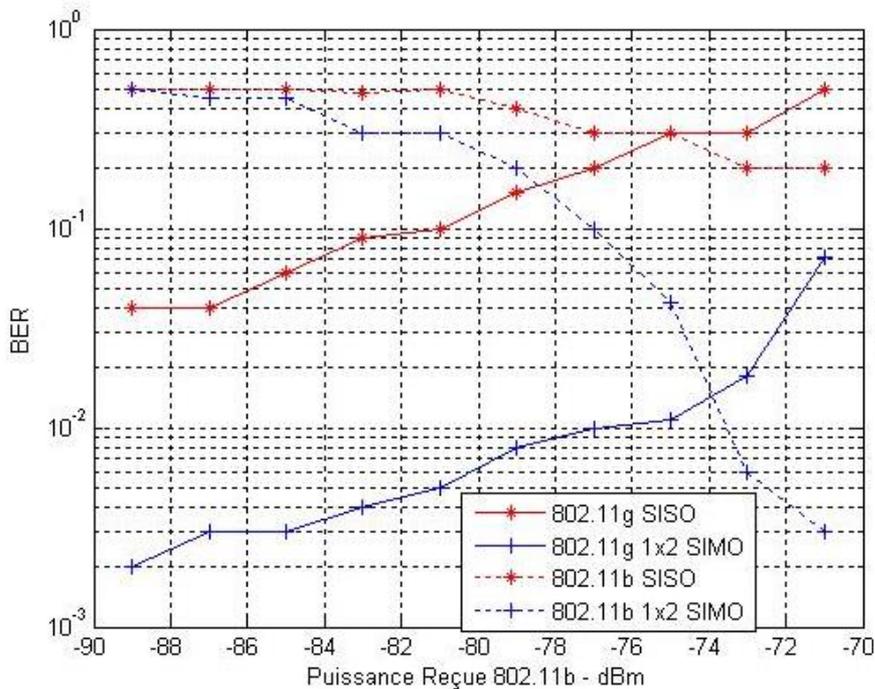
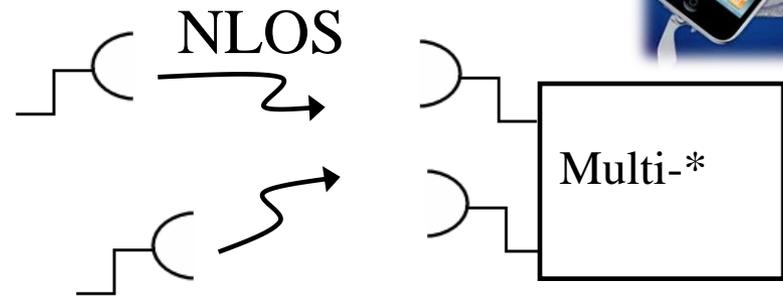
# Exemple de résultats



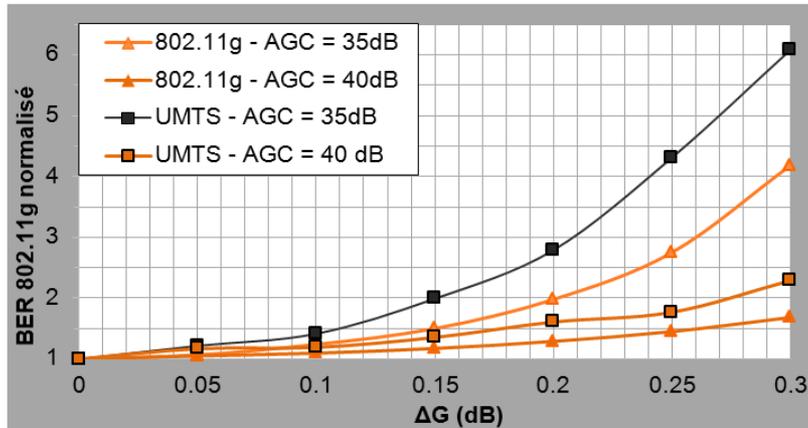
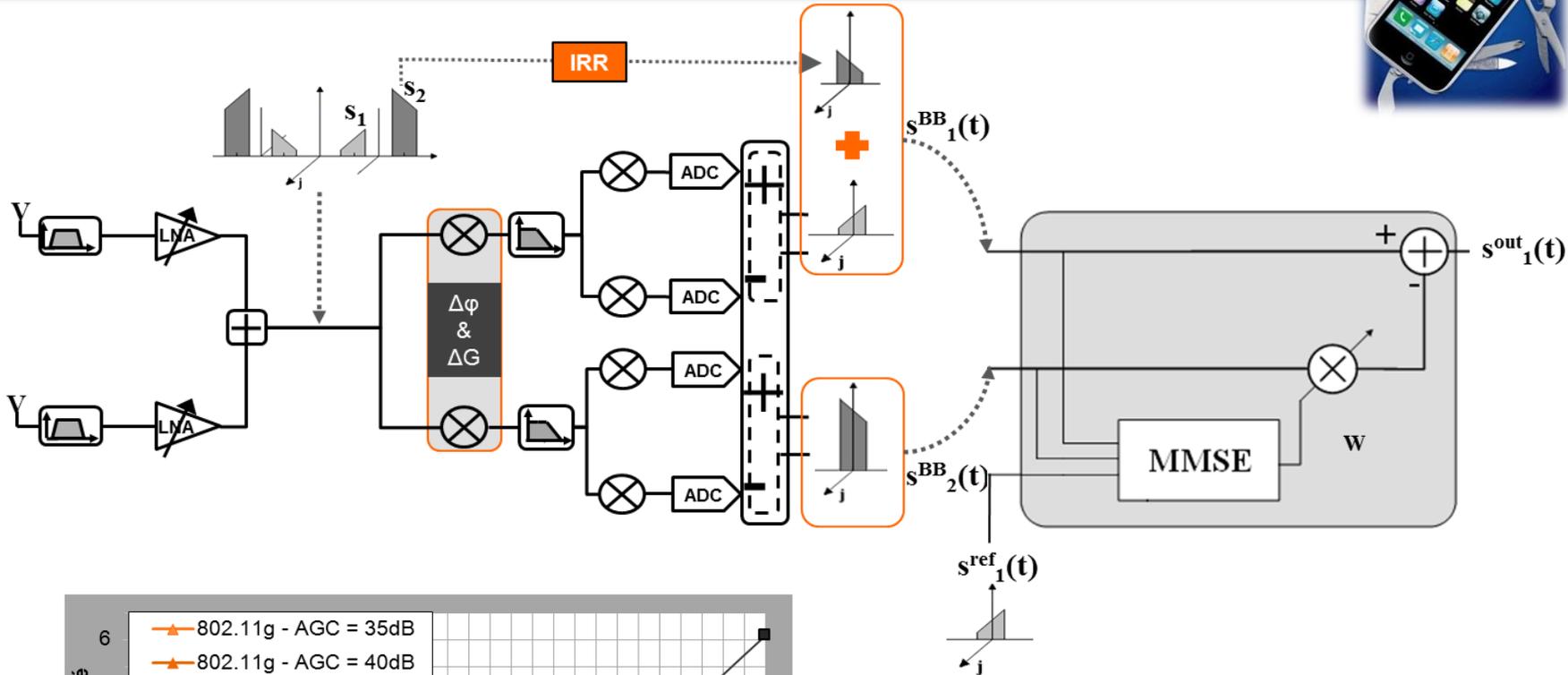
SNR variable



SNR  $\Leftrightarrow$  BER =  $5 \times 10^{-3}$



# Prise en compte des défauts IQ





# Algorithmme adaptatif

## ■ LMS

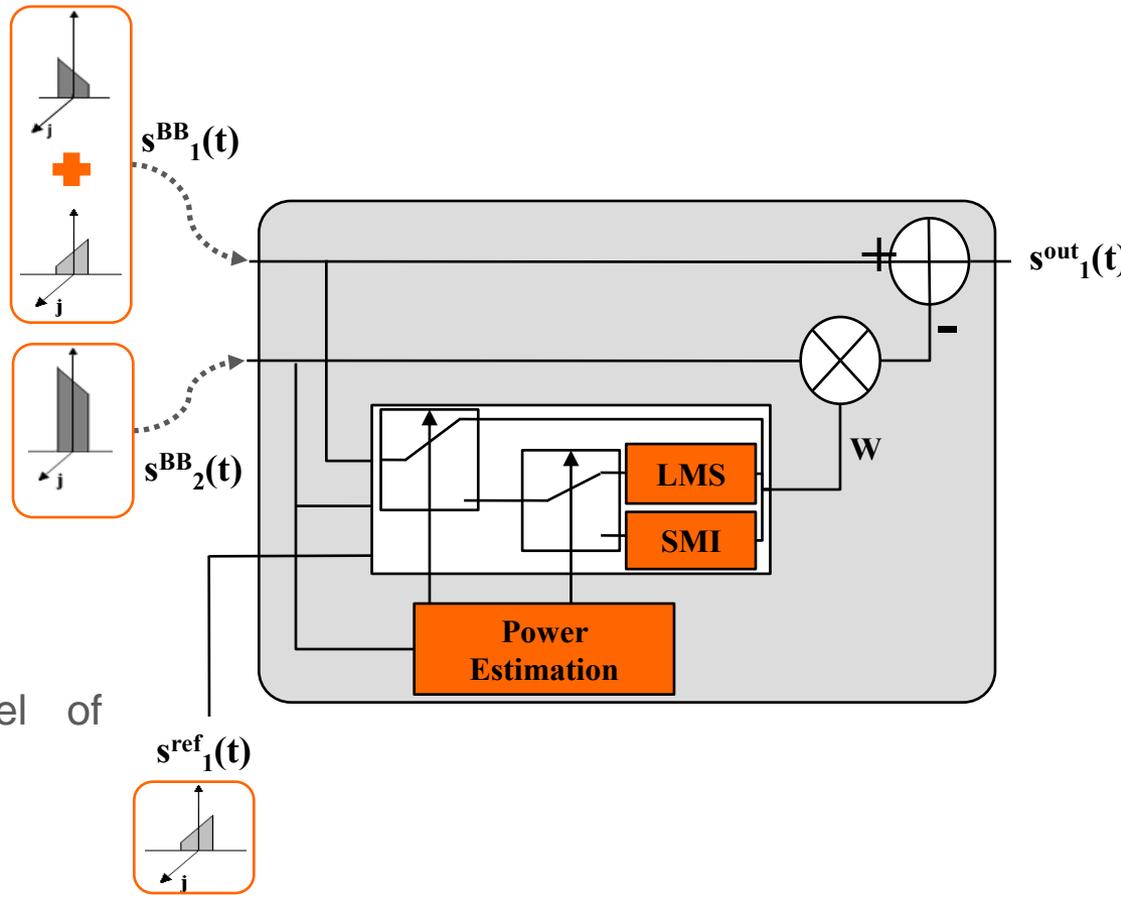
- ❑ Iterative process
- ❑ Low complexity:  $O(N)$
- ❑ Slow Convergence

## ■ SMI

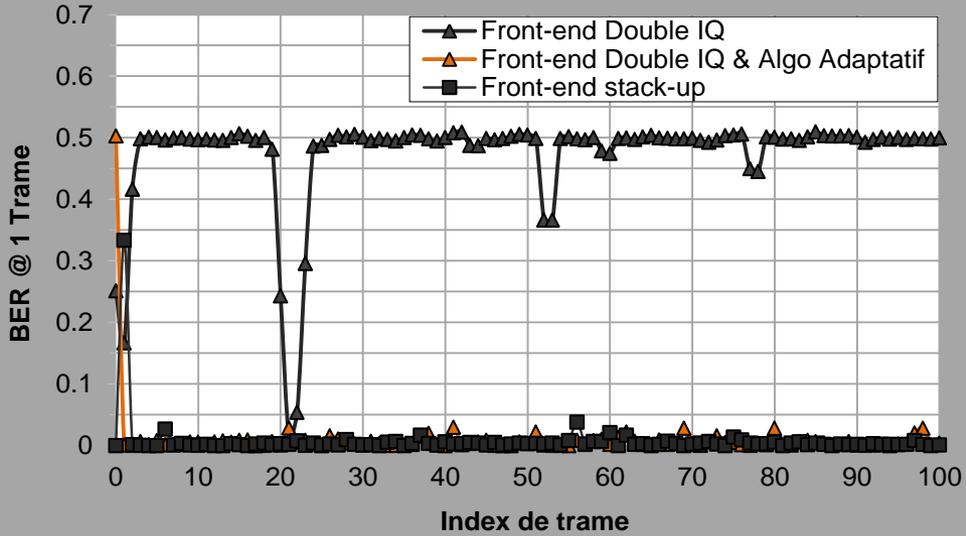
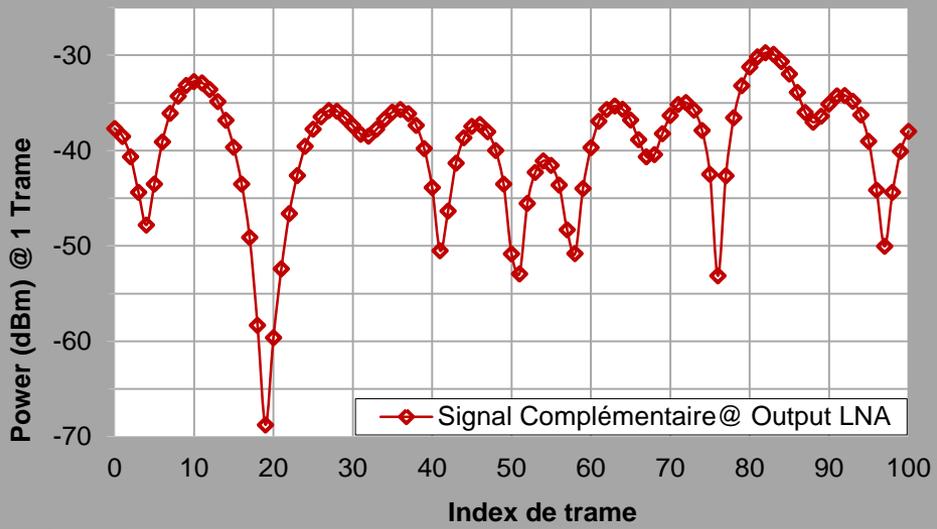
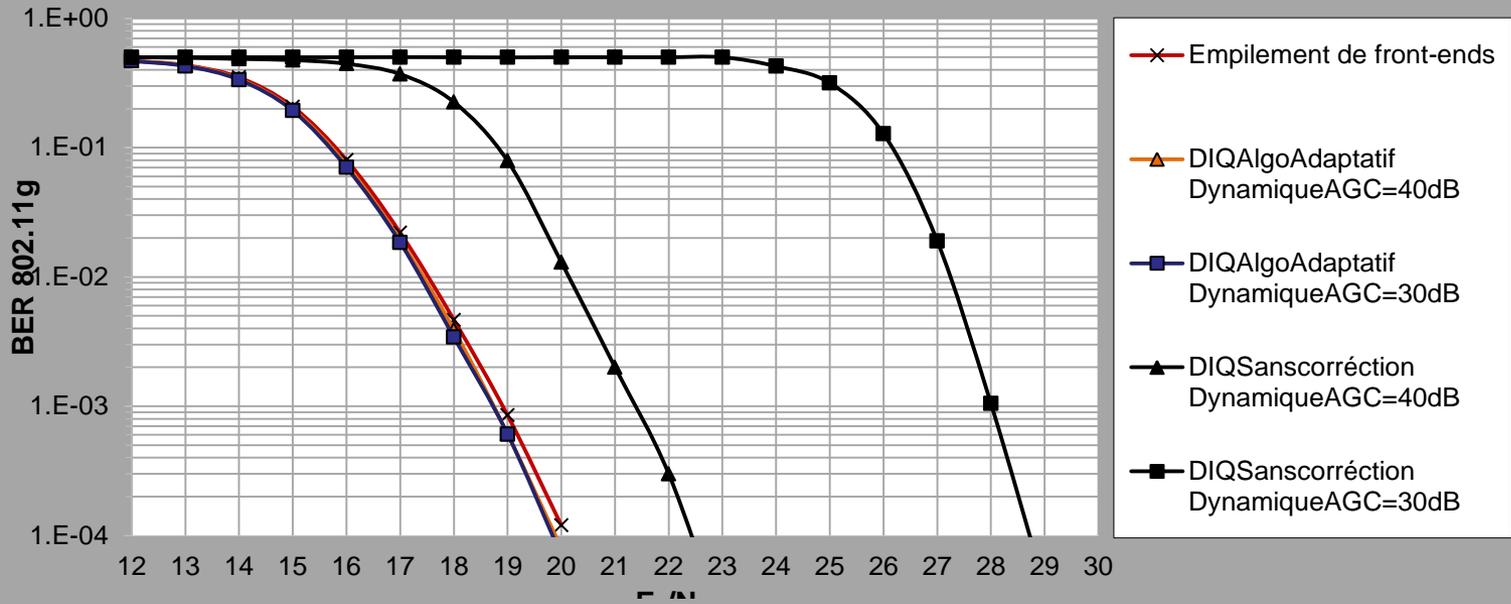
- ❑ Block processing
- ❑ Complexity :  $O(N^3)$
- ❑ Instantaneous resolution

## ■ Hybrid Algorithm

- ❑ Adaptive to power level of complementary signal
- ❑ Complexity tradeoff

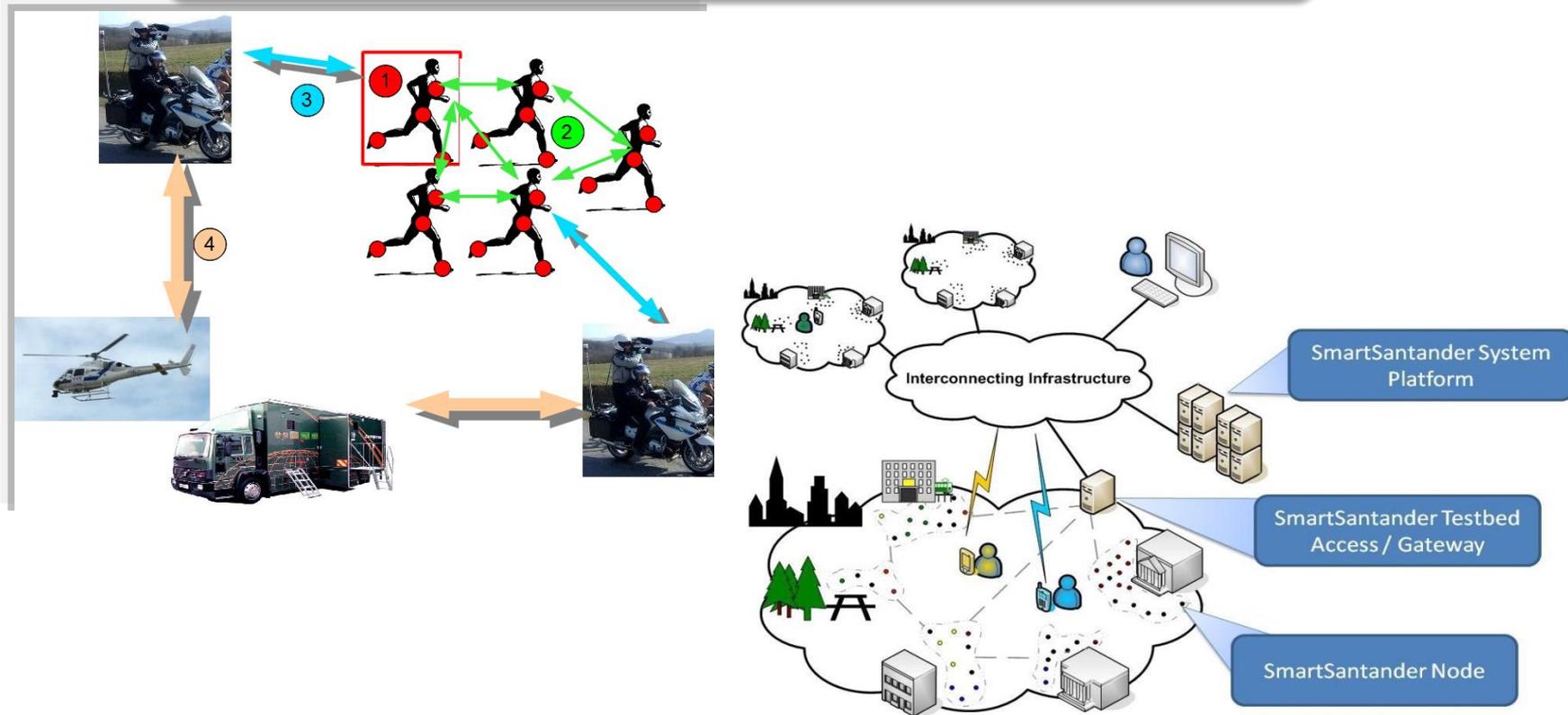


# Focus 2: les récepteurs multi-\*



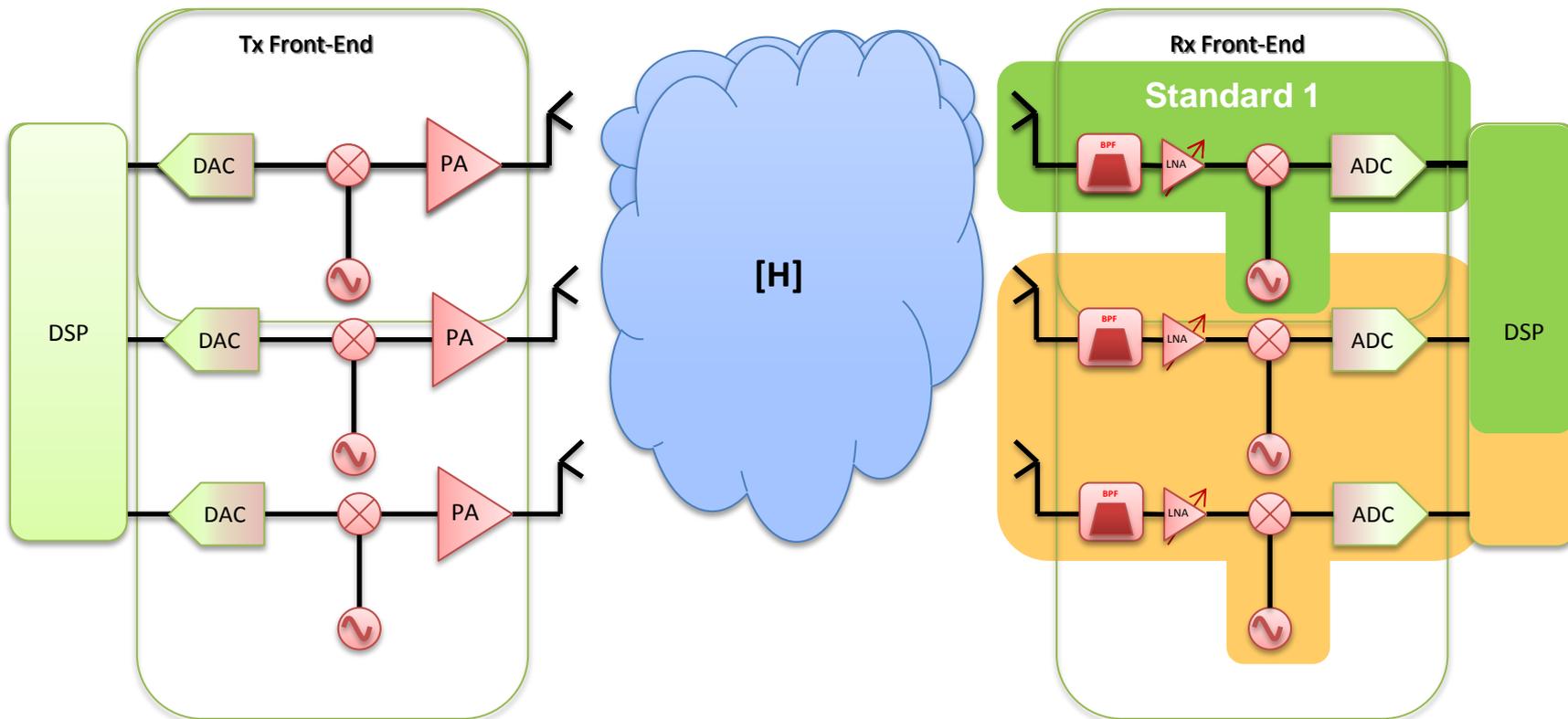
# Nouvelles applications

- BAN: Guardian angel (raté), BQR INL, SMACS Euromedia
- Réseaux urbains: Orange, BQR Price
- Véhiculaire: Valeo, Michelin

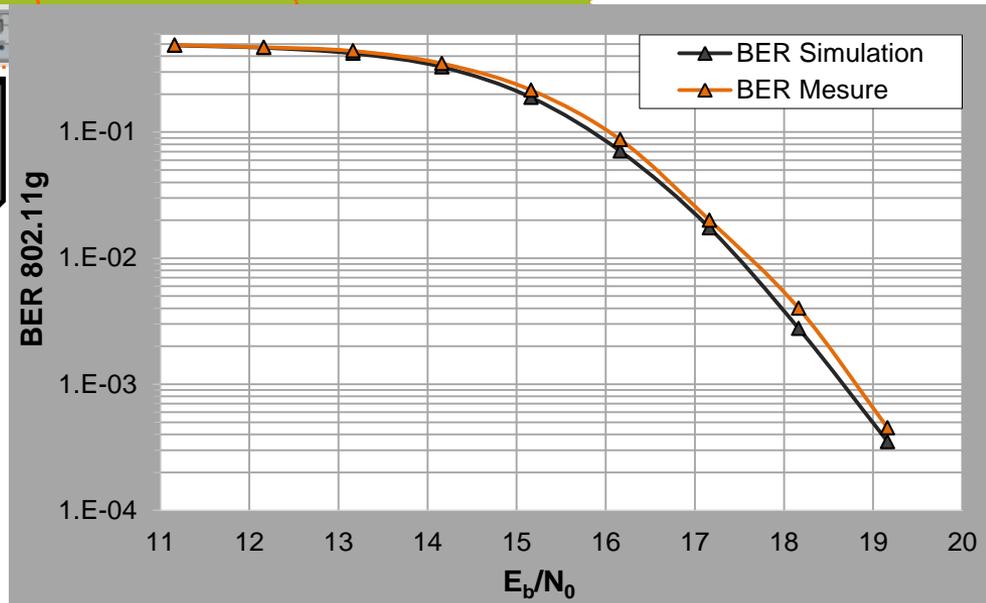
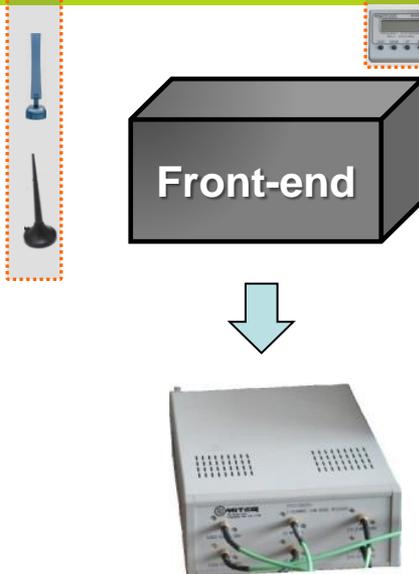
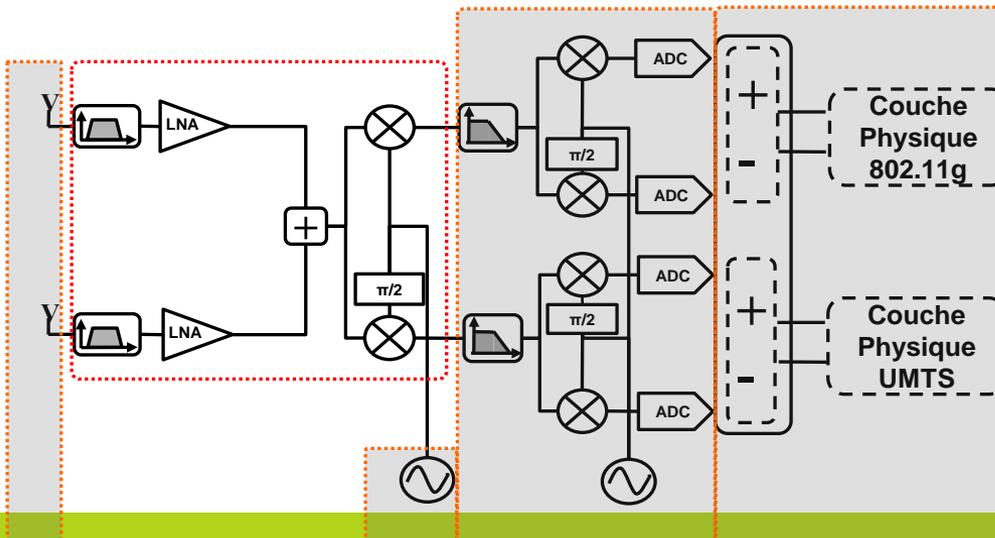


# Optimisation des ressources

Terminaux flexibles multi-\*: une gestion globale de l'allocation des ressources analogiques et numériques en fonction du contexte (sous contrainte de performance et de consommation)



# Démonstrateur

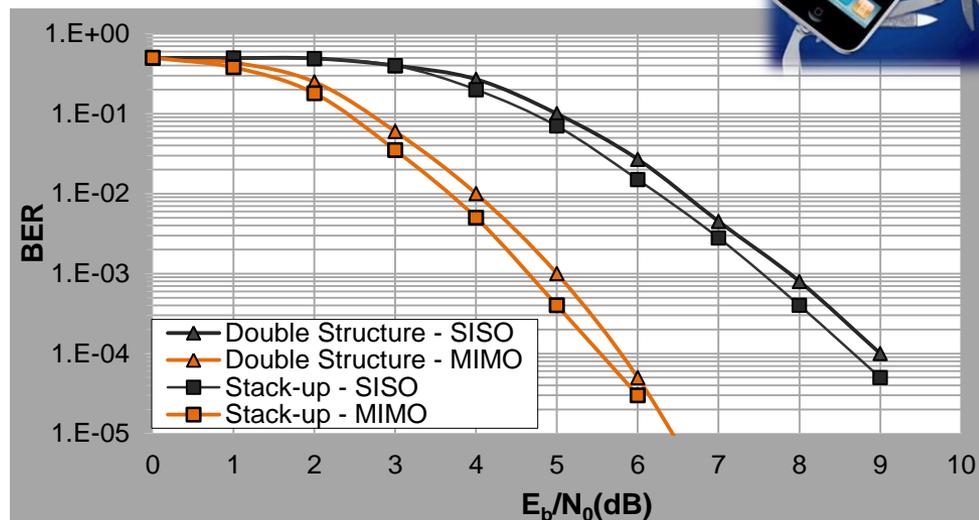


# Performances mesurées



## ■ Simulated performance

### □ ADS Technologies



## ■ Measured Performance

### □ AWGN channel

