



Signaux UWB impulsionnels

Journées CNFRS 28 – 29 mars 2006

Patricia Martigne – Benoit Miscopain - Jean Schwoerer



- La radio impulsionnelle UWB
 - Concept de la radio impulsionnelle UWB
 - Les applications de l'UWB à bas débit
 - Principe d'une couche PHY UWB-IR à bas débit

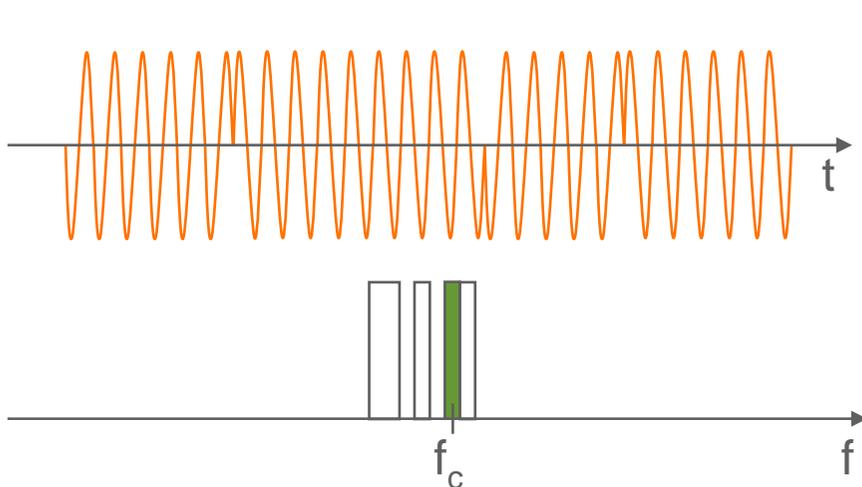
- Systèmes de réception
 - Architectures de réception
 - Détection d'enveloppe
 - Position de seuil de détections
 - Traitement "bande de base"
 - Expérimentation

- Conclusion et perspectives

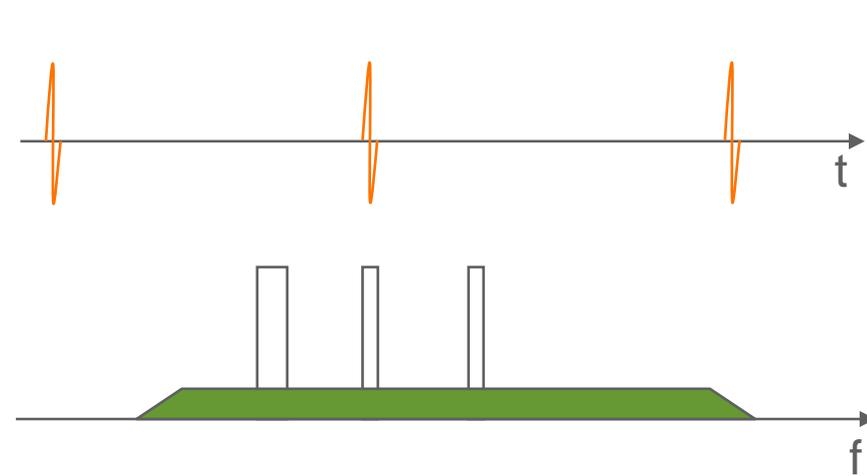
La radio UWB impulsionnelle



→ Une nouvelle manière de penser les radiocommunications



Système radio conventionnel



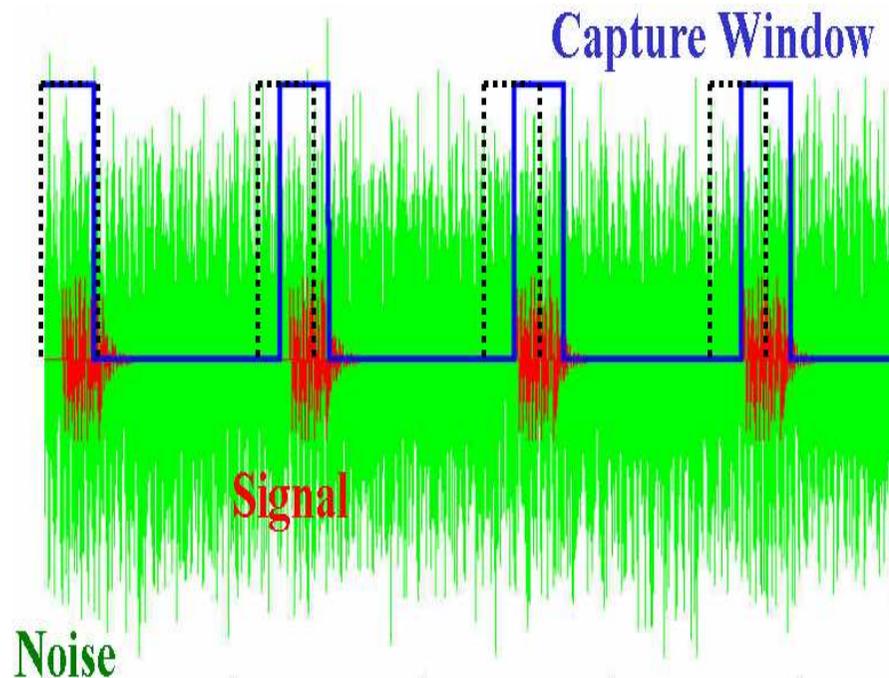
UWB impulsionnel

- **Conventionnel** : Émet une grande partie du temps sur une petite partie du spectre
- **UWB** : Émet une petite partie du temps sur une grand partie du spectre

La radio UWB Impulsionnelle



Démodulation sur des fenêtres censées contenir une impulsion



Au lieu de filtrer une bande précise du spectre, on filtre un instant précis du temps

- Diminution du bruit.
- Diminution de la consommation
- Impose une synchronisation précise

L'impulsionnel pour les applications à bas débit

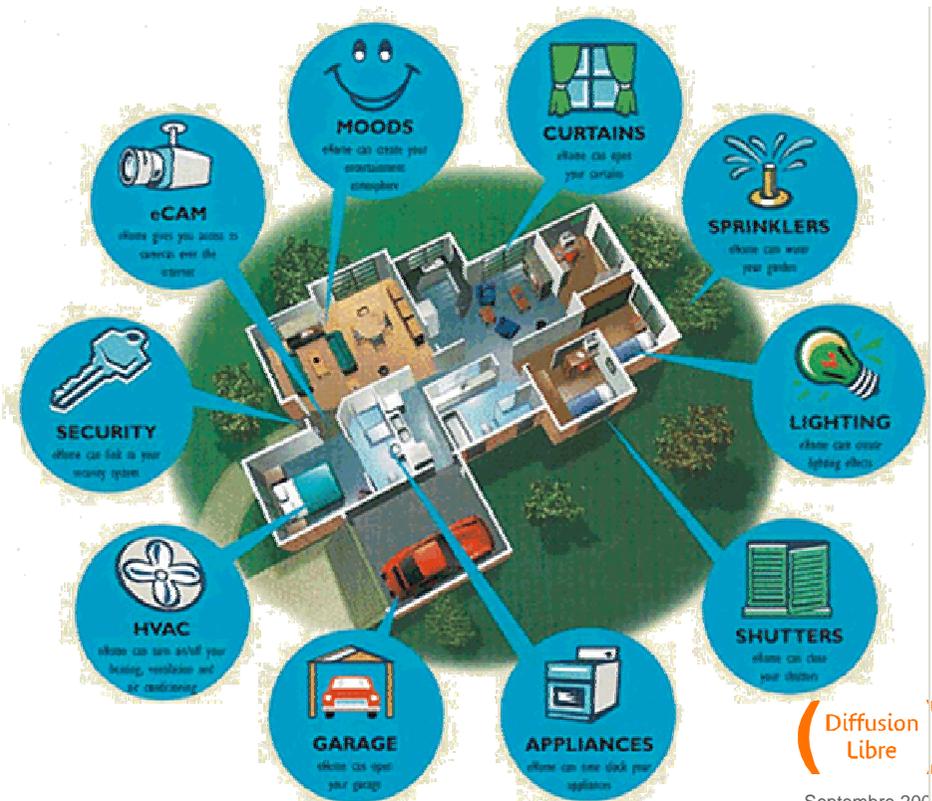


→ Propriétés particulières de l'UWB impulsionnelle :

- Aptitude intrinsèque à une très faible consommation : inactif la plupart du temps
- Forte capacité intrinsèque de géolocalisation : proximité avec le RADAR
- Interface radio très simple donc potentiellement faible coût

→ Applications envisagées :

- Liaison machine à machine
- Réseaux de capteurs autonome
 - Bâtiment intelligent
 - Surveillance environnementale
- Suivi de matériel ou de personne
- Étiquette électronique (RFID)



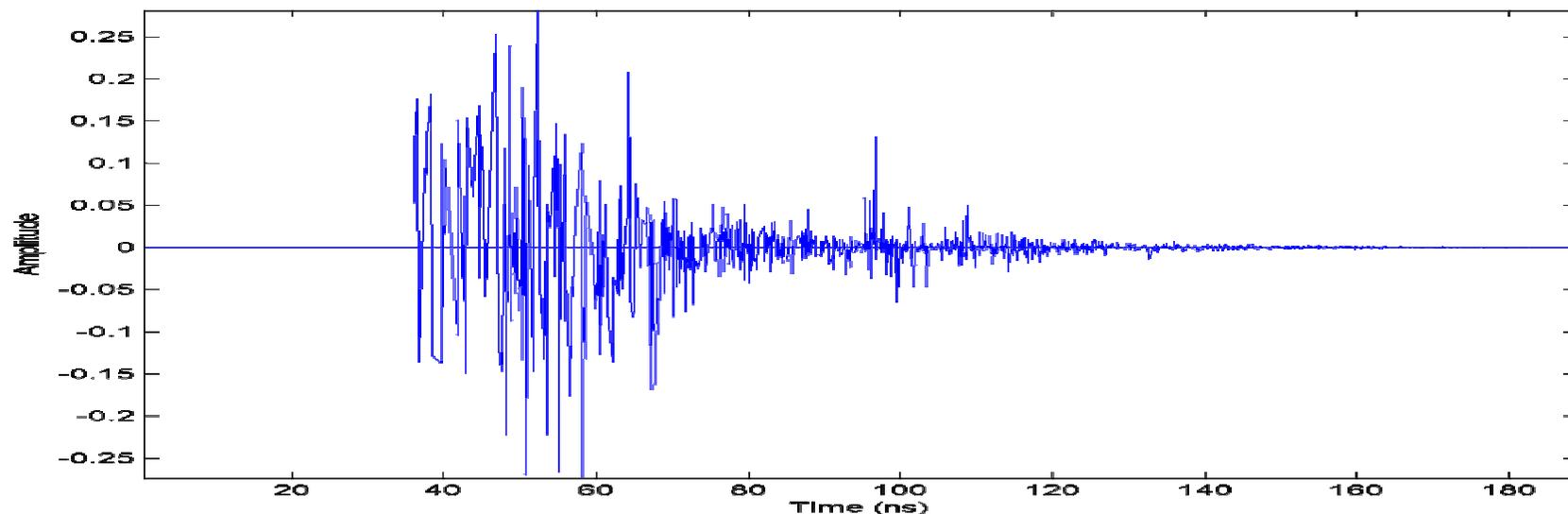
Caractéristiques de couche PHY - Canal UWB-IR



→ Le canal UWB est souvent hostile

- Forte atténuation en indoor
- Nombreux trajets discernables.
- Profondeur de 150 à 200 ns.
- Décroissance de puissance exponentielle

Type de canal	# Trajets -10dB	n
LOS Résidentiel	17	1,79
NLOS Résidentiel	37	4,58
NLOS Bureaux	60	3,07
NLOS Industriel	392	2,15



→ Un intervalle de garde est nécessaire

Caractéristiques de couche PHY - Modulation



→ Codage de l'information

- Modulation de phase (BPSK) trop complexe à la réception
- Modulation "tout ou rien" (OOK) ou de position (PPM)
- Compatible avec un récepteur à détection d'énergie.

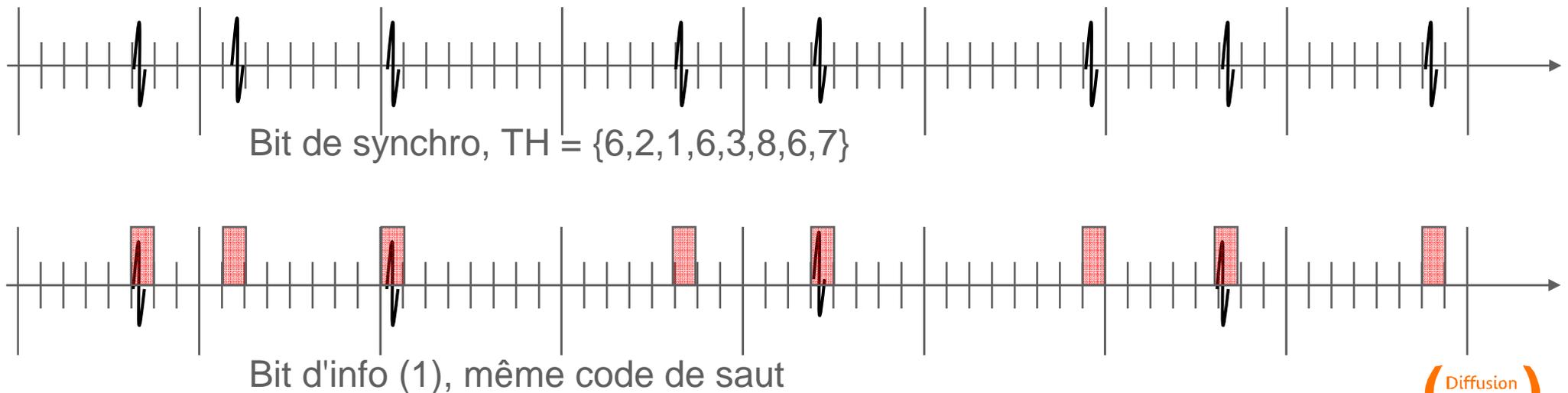
→ Saut temporel ?

- Il donne une "signature" au signal UWB-IR (co-habitation de réseaux indépendant)
- Lisse le spectre en augmentant la période du signal
- Un codage aléatoire de la phase permet aussi de "lisser" le spectre.

Exemple de couche PHY - Modulation



- Les bits sont transformés mots de 8 chips orthogonaux
Exemple : "1" -> "10101010" / "0" -> "01010101"
- Les mots sont modulés en OOK (4 impulsions et 4 non-impulsions)
- Une fenêtre d'émission (1ns) en moyenne toutes les 160 ns
- Les impulsions subissent un saut temporel (code 8-aire de longueur 8)
- Les paquets sont précédés d'une entête de synchro non modulée



Exemple de couche PHY - Bilan de liaison



Paramètres	Avec trajet direct (LOS)	Sans trajet direct (NLOS)
Bande (MHz)	1500	1500
Distance D (m)	30	30
Fréquence centrale FC (MHz)	4000	4000
Puissance moyenne TX (dBm)	-10	-10
Perte de propagation (dB)	74	91,3
Gain d'antennes RX (dB)	2	2
Puissance moyenne RX (dBm)	-82	-99,3
Puissance du bruit (dBm)	-84	-84
Figure de bruit RX (dB)	4	4
Niveau de bruit (dBm)	-80	-80
Rapport signal à bruit (dB)	-2	-19,3
Rapport signal à bruit (dB) nécessaire	11,4	11,4
Gain de traitement (dB) minimum	13,4	30,7
Gain de redondance (dB)	9	9
Gain de fenétrage (dB)	22	22
RSB Décision (dB)	29	11,7

Méthode de détection des impulsions – État de l'art



- ➔ Détection par corrélation :
 - Timing très précis : Déclenchement à l'instant d'arrivée du pulse attendu => Marge d'erreur : +/- 70 ps
 - Analogique : multiplieur + intégrateur + générateur de motif.
 - Numérique : échantillonnage RF + traitement numérique
 - ➔ Système complexe

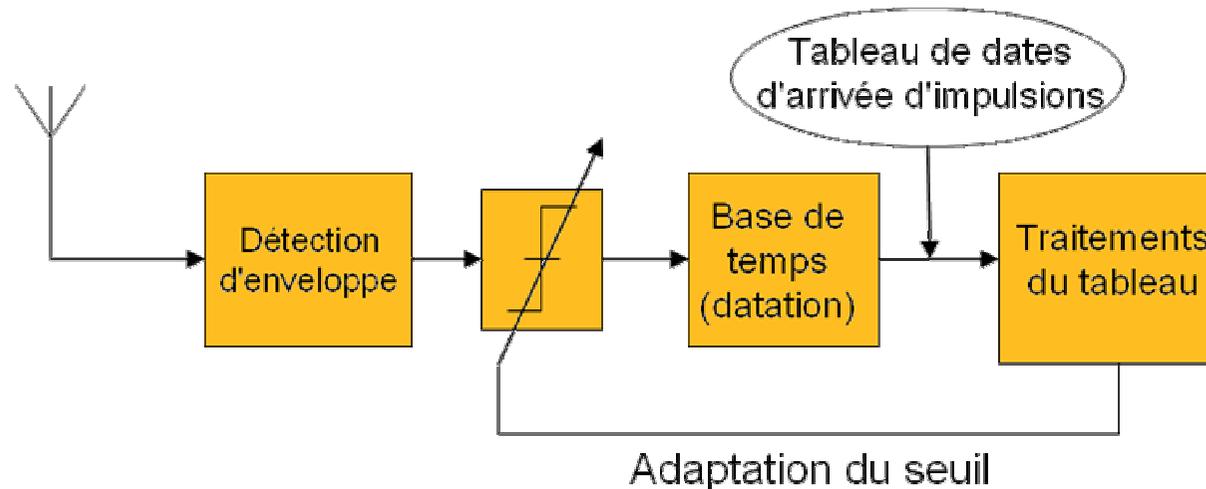
- ➔ Collection d'énergie : Détection d'énergie et intégration sur une durée cohérente avec la réponse impulsionnelle du canal
 - Moins de contrainte sur la synchronisation : on travaille à l'échelle de la réponse impulsionnelle du canal et non plus de l'impulsion
 - Plus simple à implémenter
 - Réception multi-trajet performante et élégante
 - Mais intégration de la réponse impulsionnelle du canal
 - ➔ Pas d'accès aux trajets individuels donc plus de localisation

Architecture de réception proposée



→ Constat : L'information est codée dans le temps

- L'amplitude n'a pas d'importance : seule compte la présence ou l'absence d'impulsion à un instant du temps \Rightarrow comparaison à un seuil de décision
- Un tableau des dates d'arrivée d'impulsions contient donc toute l'information



→ Nouvelle approche proposée

- Détection d'enveloppe (RF) des impulsions (sans intégration)
- Comparaison puis datation des arrivées d'impulsions
- Traitement du tableau des dates d'arrivée d'impulsions

Architecture de réception proposée



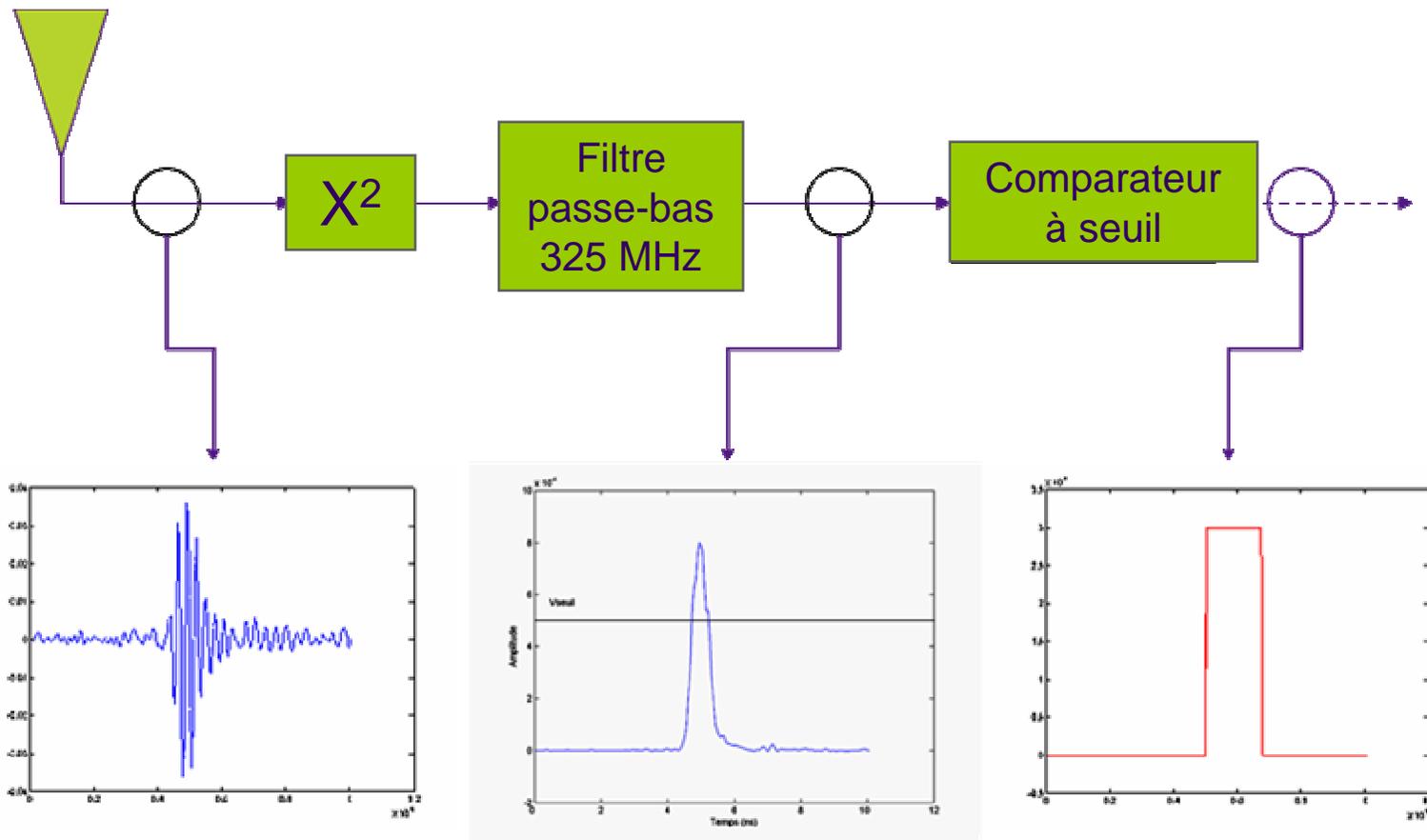
→ Avantages de l'approche proposée

- Conservation de la discrimination trajet par trajet
 - Possibilité de localisation
 - Meilleures performances multi-utilisateurs
- Complexité réduite
 - Pas de numérisation du signal mais une simple comparaison
 - Quantité d'information traitée réduite au minimum
 - Pas de contrainte de temps une fois la liste de dates constituée

→ Points sensibles :

- Base de temps de résolution importante (1 ns)
- Positionnement du seuil de décision

La détection d'enveloppe – Front end

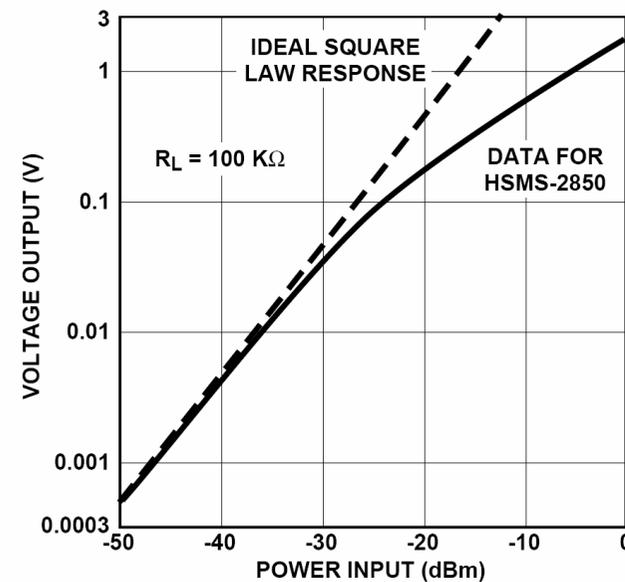
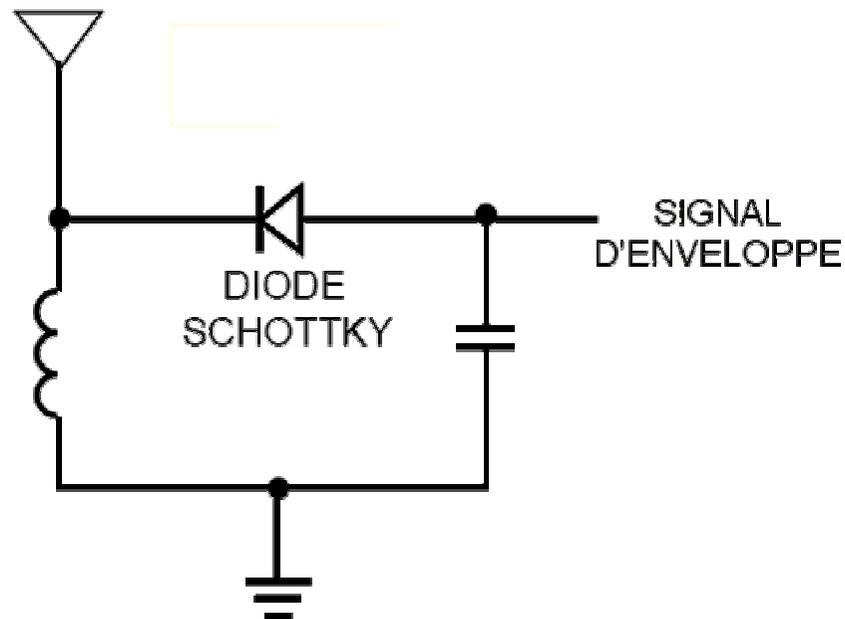


La détection d'enveloppe – Réalisation



→ Détection d'enveloppe par diode Schottky:

- Solution simple de faible coût et de consommation réduite
- Couramment utilisée en bande étroite
- Mais faible sensibilité tangentielle (-45 dBm en bande étroite)
- Sélection d'une diode de la famille HMS-2860 (Agilent)

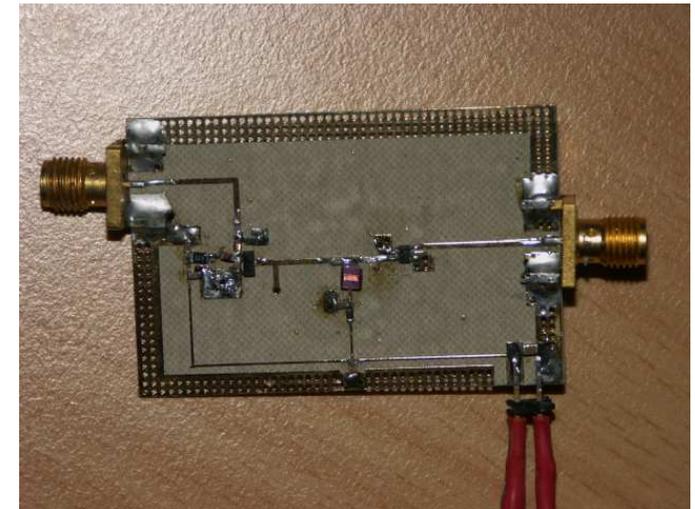
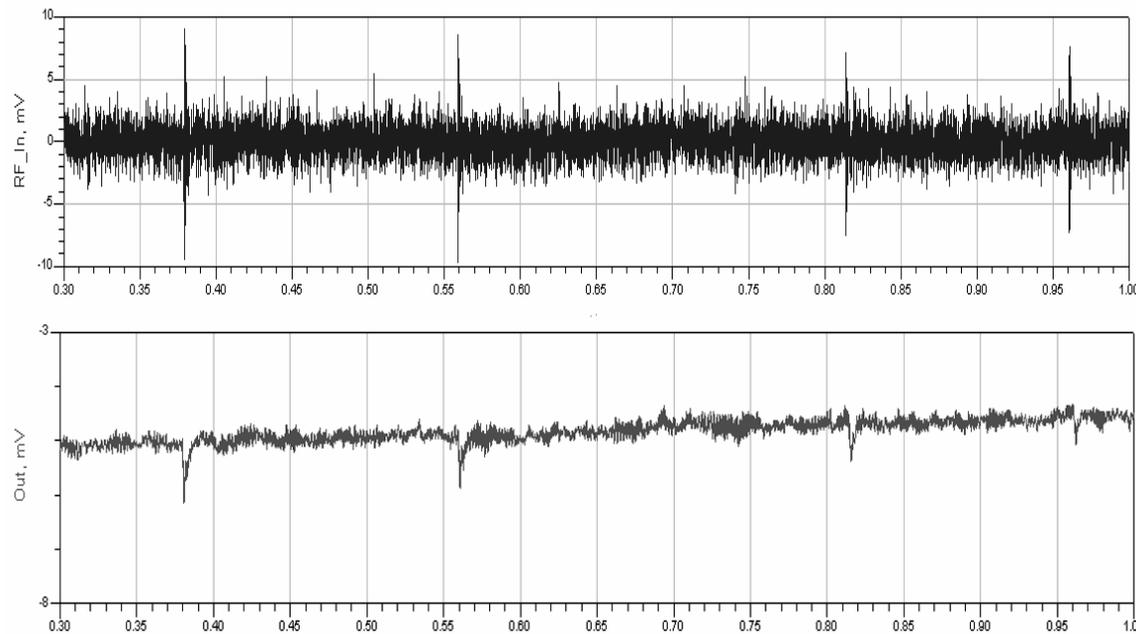


La détection d'enveloppe – Réalisation



→ Résultats :

- Le détecteur fonctionne
- Les fronts d'impulsions sont raides (facilite la détection)
- Mais la sensibilité est réduite (-30 dBm en simulation, -25 en mesure)



→ Détection de franchissement de seuil :

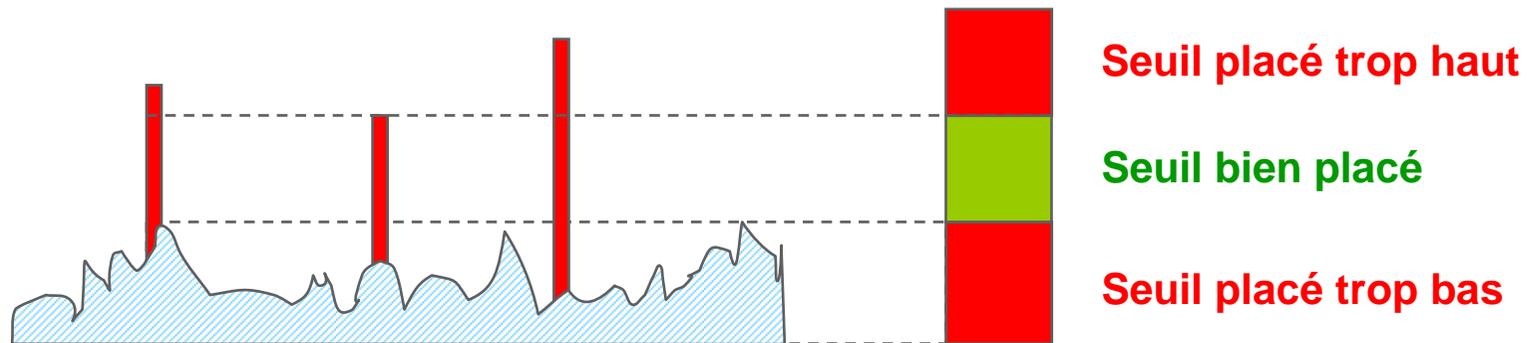
- Faisable avec des composants d'origine commerciales (max 9600 par ex.)

Position du seuil de détection d'impulsions



→ La position idéale du seuil est

- Au-dessus du plus fort pic de bruit (risque de fausse alarme)
- Au-dessous de l'impulsion la plus faible (risque de non détection)



→ Mais la zone idéale (verte) peut ne pas exister (faible SNR)

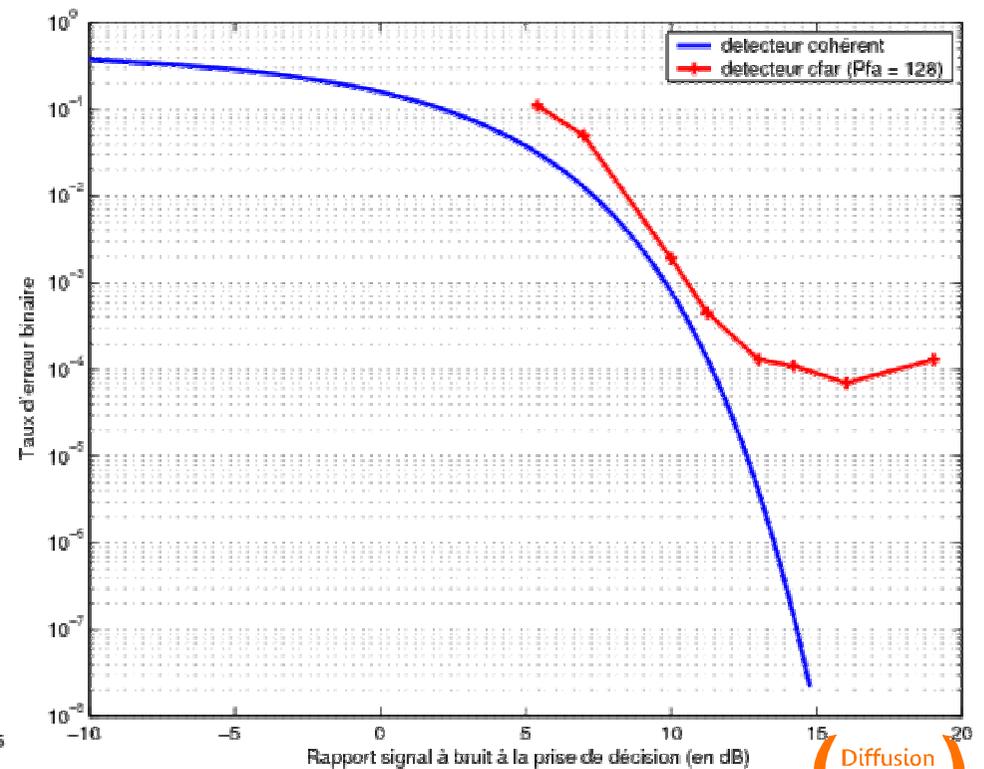
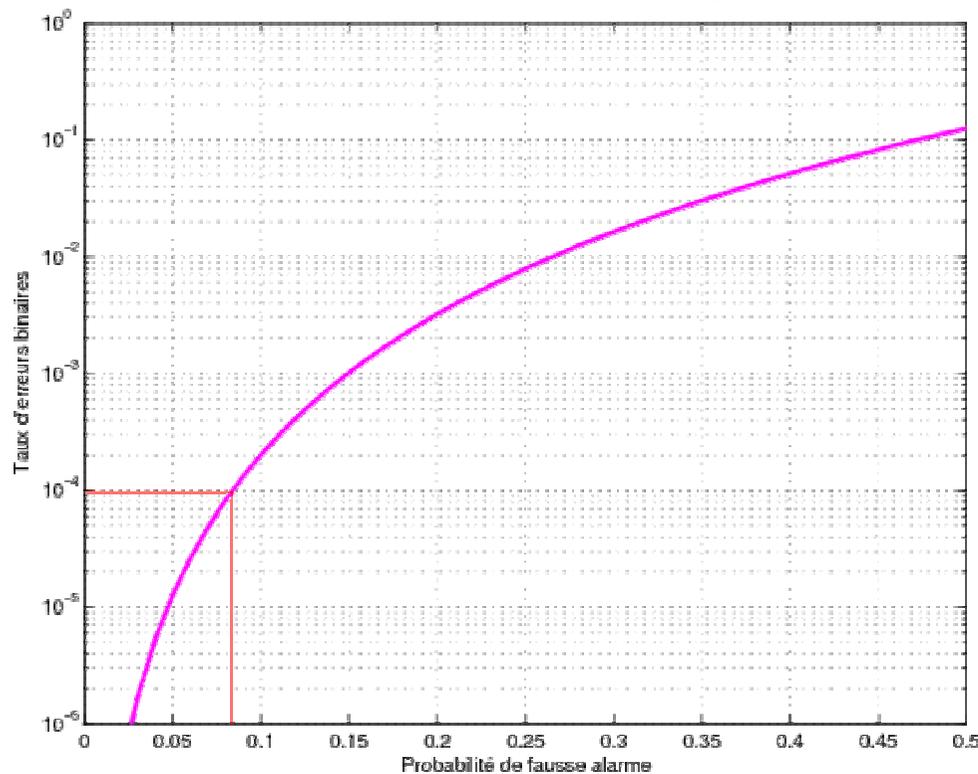
- Cela implique d'abaisser le seuil (introduit des fausses alarmes)
- Le système doit pouvoir tolérer un certain nombre de fausses alarmes
- Ce nombre fixe le plancher bas du seuil de détection
- Les impulsions en dessous de ce seuil ne pourront plus être détectées

Position du seuil de détection d'impulsions



→ Le détecteur CFAR (Constant False Alarm Ratio)

- Le seuil de détection correspond à un taux de fausses alarmes fixé en fonction de ce que le système peut tolérer
- Ce seuil est déterminé par une phase de calibration sur du bruit
- Mais cela limite les performances en situation favorable



Traitement "bande de base"



- L'information est entièrement représenté par un tableau de date d'arrivée.

- Le tableau est traité par des algorithmes de tri basés sur des critères temporels :
 - Identification de distances inter-impulsions
 - Reconnaissance de motifs temporel

Acquisition de synchronisation - Principe



→ Objectifs :

- Acquérir une référence de temps commune entre émetteur et récepteur
- Pouvoir placer les fenêtres de réception pour obtenir le gain de fenêtrage

→ Principe : Identifier la séquence de saut

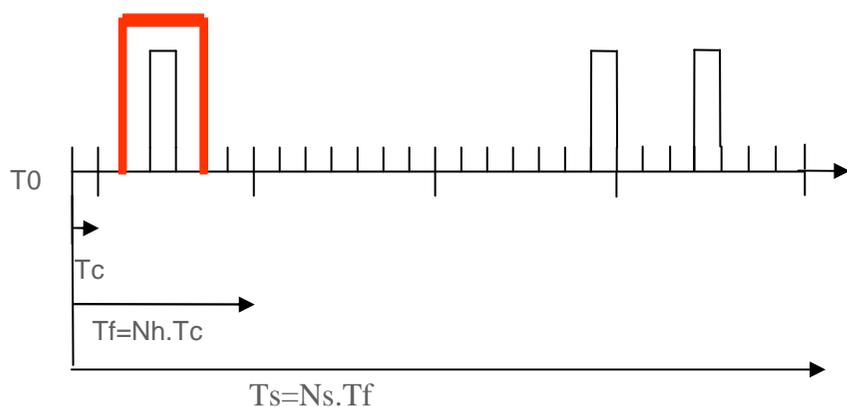
- Les impulsions ont une puissance crête importante
- Dans l'ensemble des dates de franchissement de seuil, certaines d'entre elles correspondront à des impulsions
- Le tri des dates d'arrivée permet d'identifier la séquence de saut recherchée parmi l'ensemble des déclenchements



Démodulation – Prise de décision

→ Démodulation et décodage

- Deux hypothèses possibles : H0 et H1
- Comparaison "chip à chip" entre les chips reçus et les deux symboles existants (ET logique)
- Chaque chip correspondant incrémente le score de l'hypothèse correspondante
- Chaque erreur décrémente le score de l'hypothèse correspondante
- Attribution d'un poids prédominant aux chips à "0"



S"0"	S"1"	RX	H0	H1
1	0	1	+1	-1
0	1			
0	1			
1	0			
Total				

(Diffusion Libre)

Septembre 2005

Démonstrateur

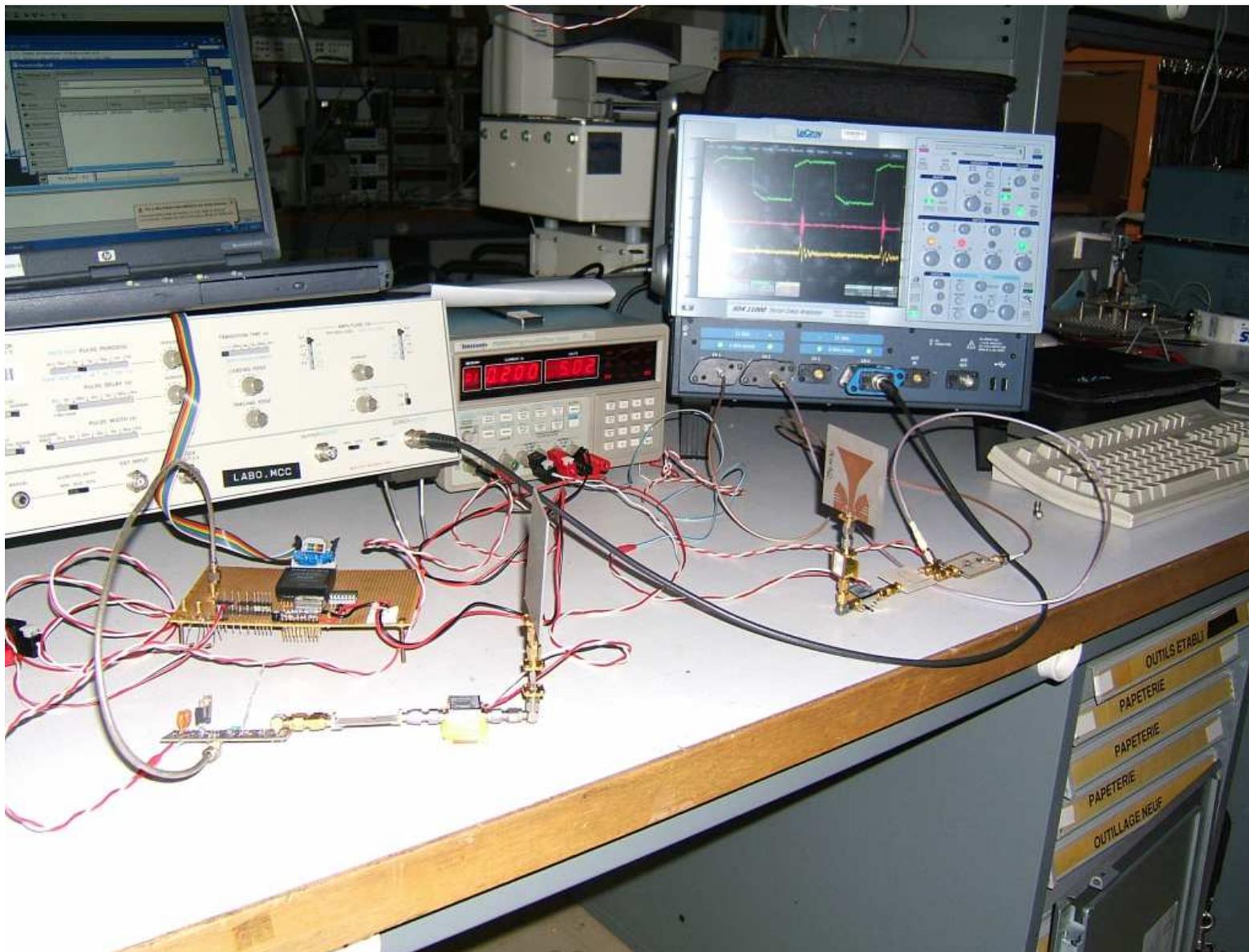


→ Paramètres de la manipulation

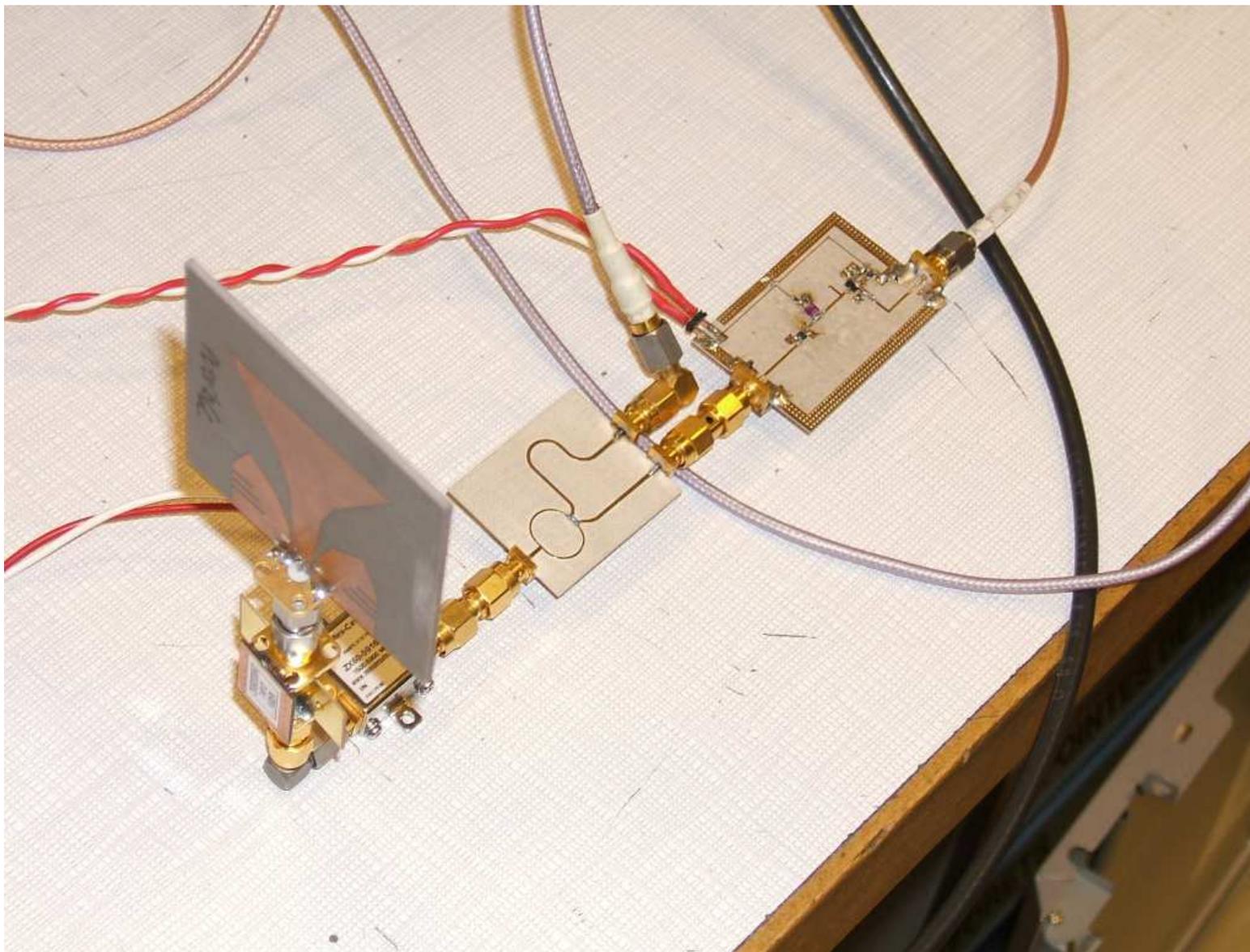


- Puissance crête : 7dBm
- Puissance moyenne : -15dBm (émission de trame permanente)
- Distance : 5m
- Débit brut : 780 kbit/s
- TX : plateforme UWB
- RX : Oscilloscope à échantillonnage et traitements implémentés C++

Démonstrateur



Démonstrateur



Conclusion et Perspectives



→ Chaîne de communication

- Le système d'émission ne comporte pas de point bloquant
- Il existe des approches efficaces et viables pour des récepteurs UWB-IR bas débit
- Il ne reste plus de verrou technologique majeur pour son implémentation.

→ Sur le plan implémentation

- Amélioration de la sensibilité de l'étage frontal RF
- Des inconnues demeurent sur la consommation électriques

→ Sur le plan réglementaire

- La coexistence pacifique avec les systèmes à bandes étroites reste encore à organiser pour assurer un avenir à l'UWB

Questions

