



# Signaux UWB impulsionnels

Journées CNFRS 28 – 29 mars 2006

Patricia Martigne – Benoit Miscopain - Jean Schwoerer

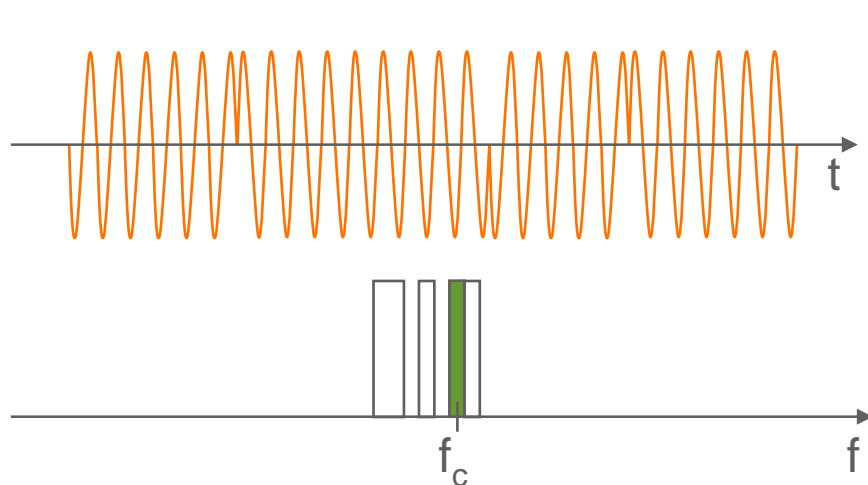


- La radio impulsionnelle UWB
  - Concept de la radio impulsionnelle UWB
  - Les applications de l'UWB à bas débit
  - Principe d'une couche PHY UWB-IR à bas débit
  
- Systèmes de réception
  - Architectures de réception
  - Détection d'enveloppe
  - Position de seuil de détections
  - Traitement "bande de base"
  - Expérimentation
  
- Conclusion et perspectives

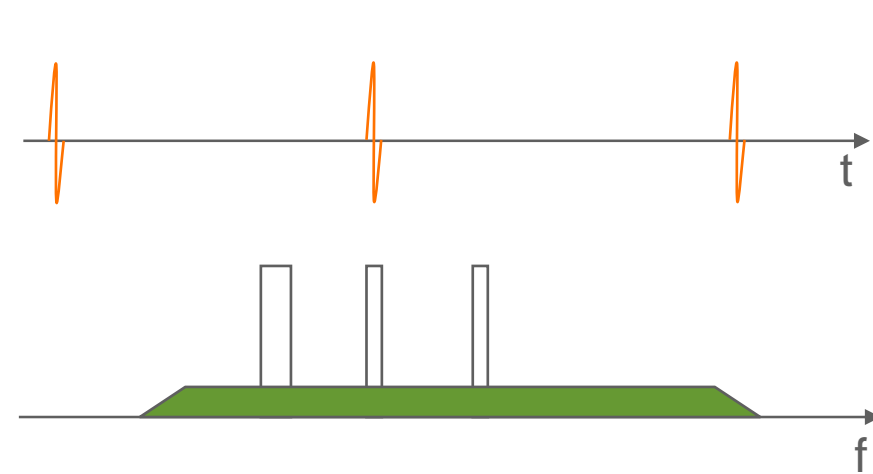
# La radio UWB impulsionnelle



→ Une nouvelle manière de penser les radiocommunications



Système radio conventionnel



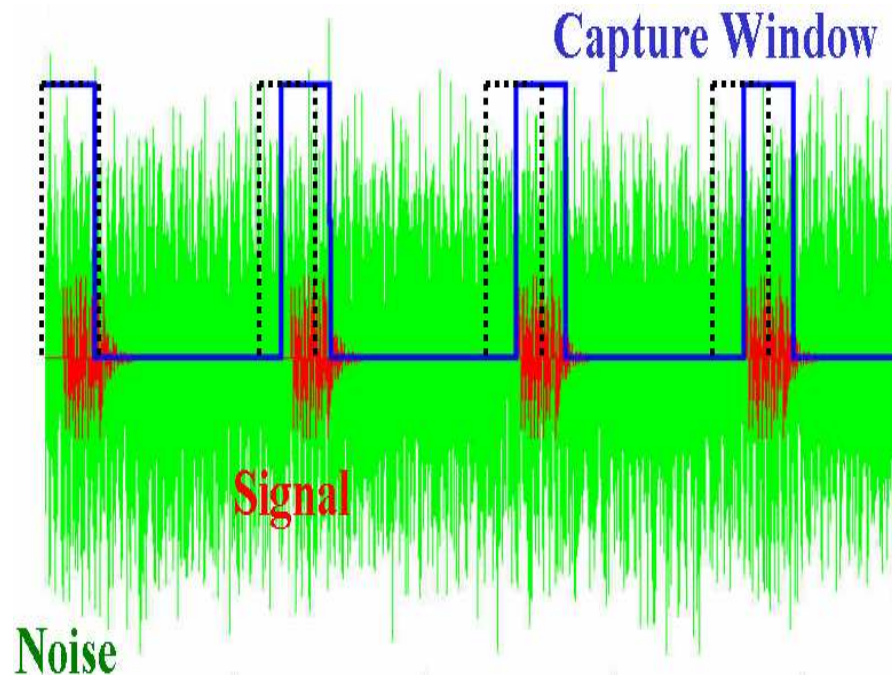
UWB impulsionnel

- **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

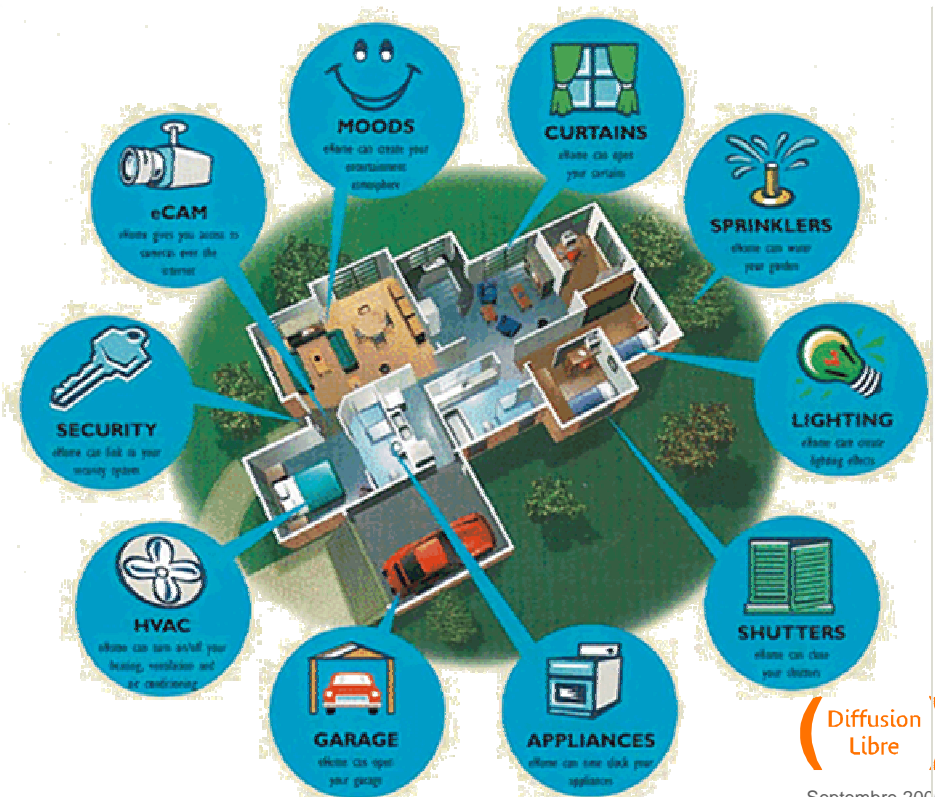


## → Propriétés particulières de l'UWB impulsionnelle :

- 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)



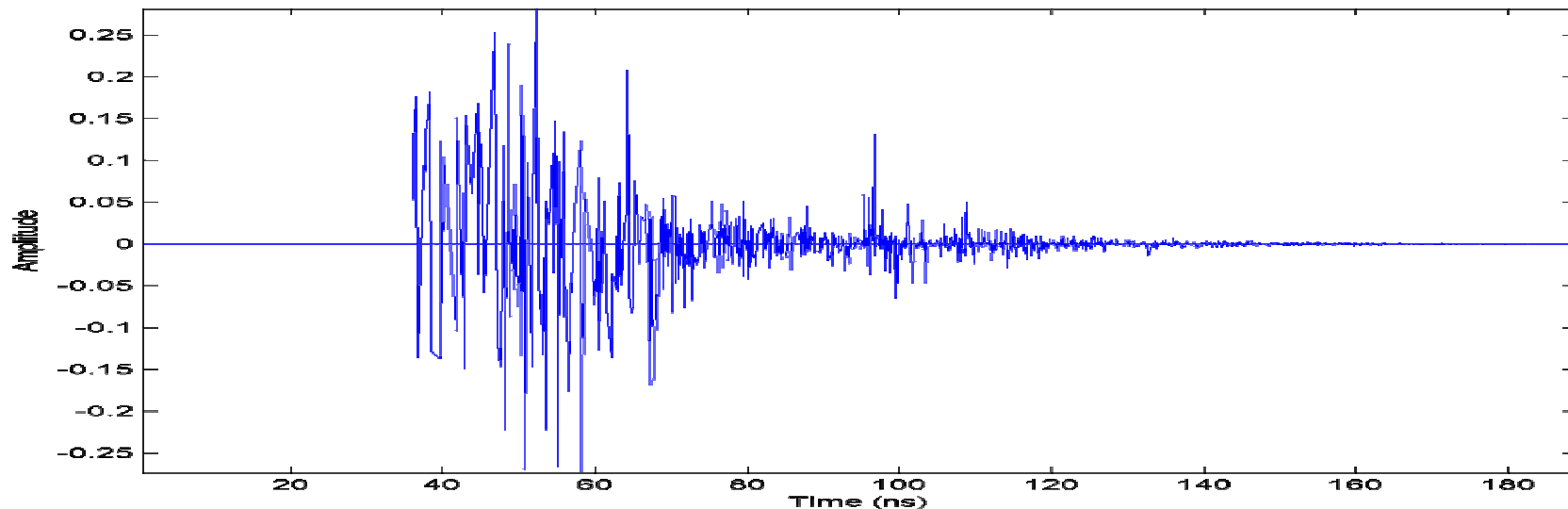
# Caractéristiques de couche PHY - Canal UWB-IR



→ 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 $-10\text{dB}$	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.

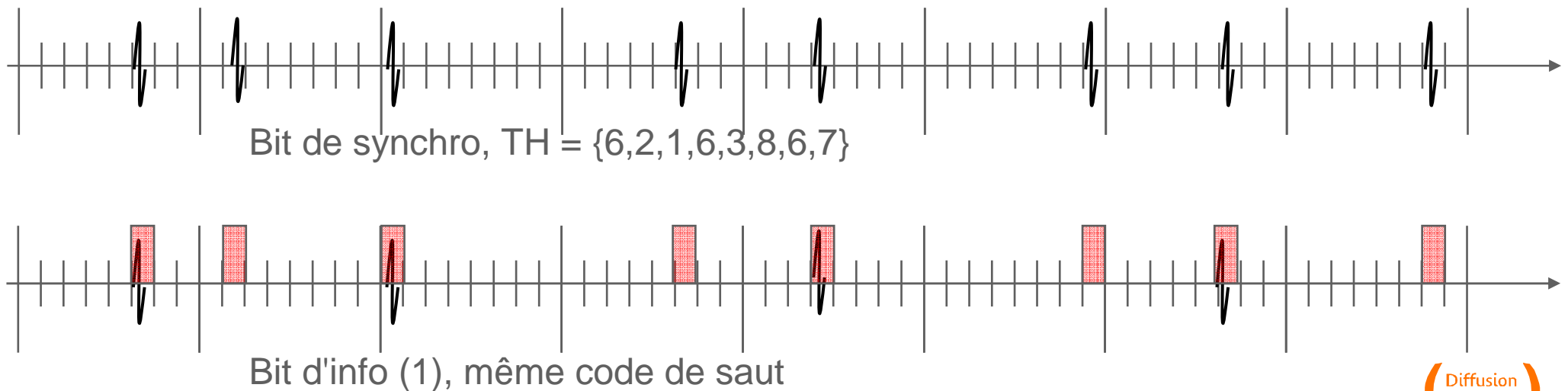
## → Saut temporel ?

- 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
<b>RSB Décision (dB)</b>	<b>29</b>	<b>11,7</b>

# Méthode de détection des impulsions – État de l'art



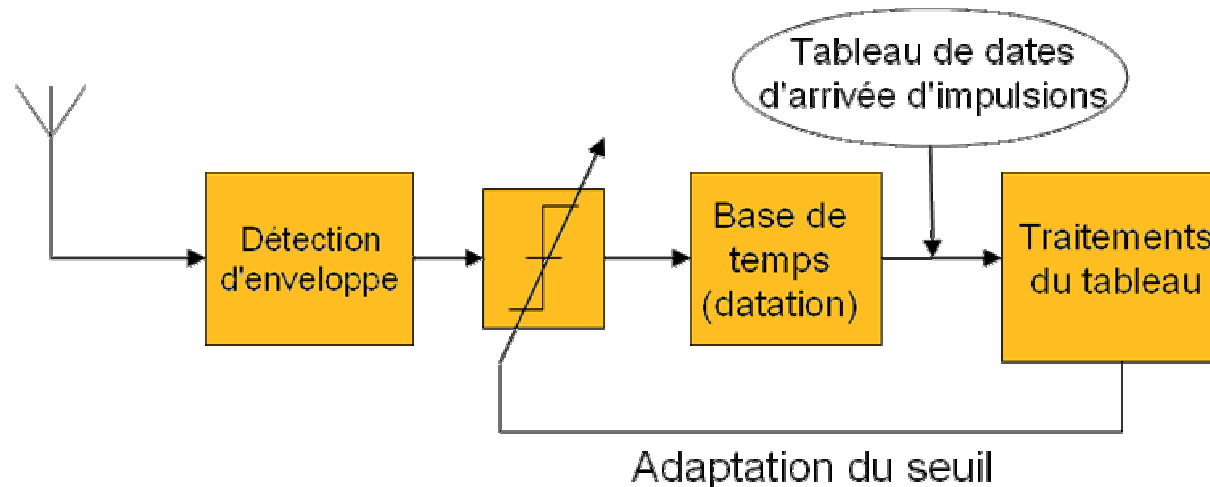
- ➔ Détection par corrélation :
  - Timing très précis : Déclenchement à l'instant d'arrivée du pulse attendu => Marge d'erreur : +/- 70 ps
  - Analogique : multiplieur + intégrateur + générateur de motif.
  - Numérique : échantillonnage RF + traitement numérique
    - ➔ Système complexe
  
- ➔ Collection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



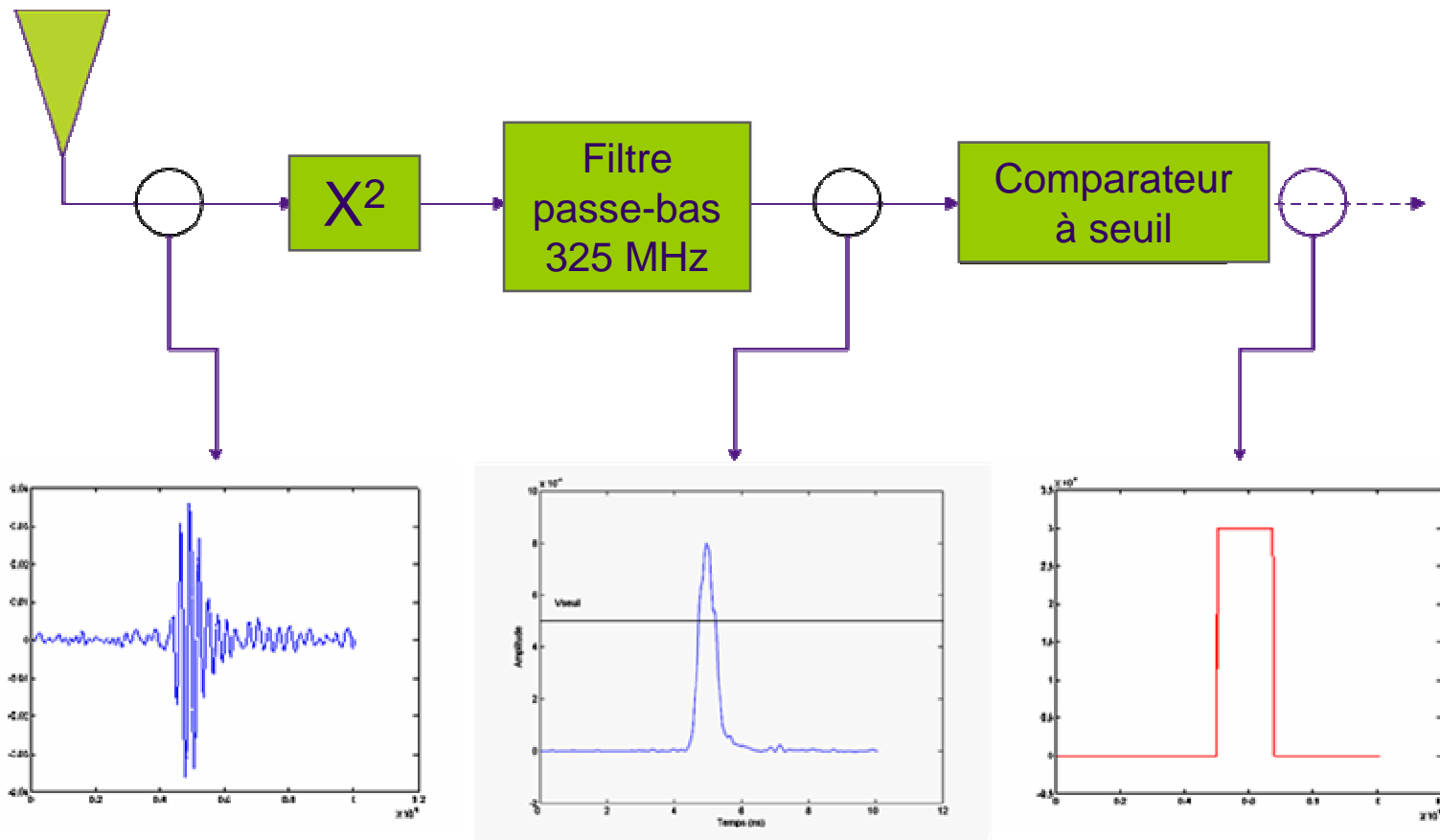
## → Avantages de l'approche proposée

- 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

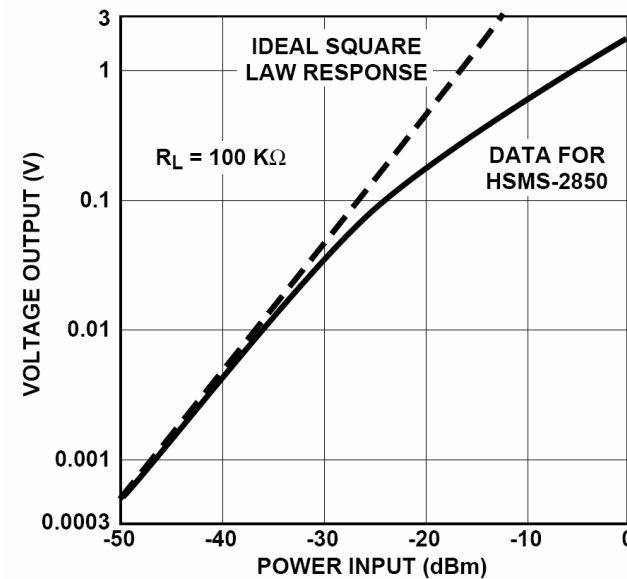
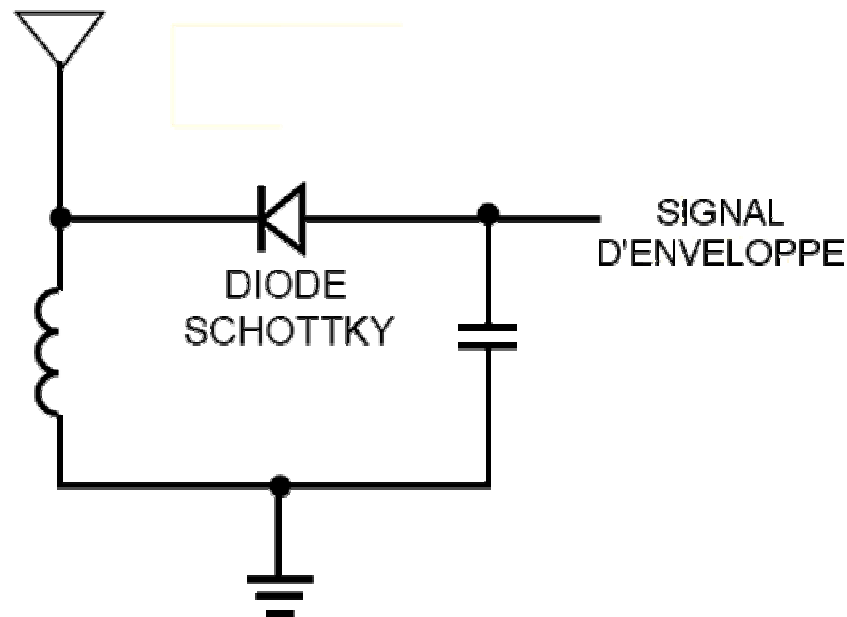


# La détection d'enveloppe – Réalisation



## → 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)

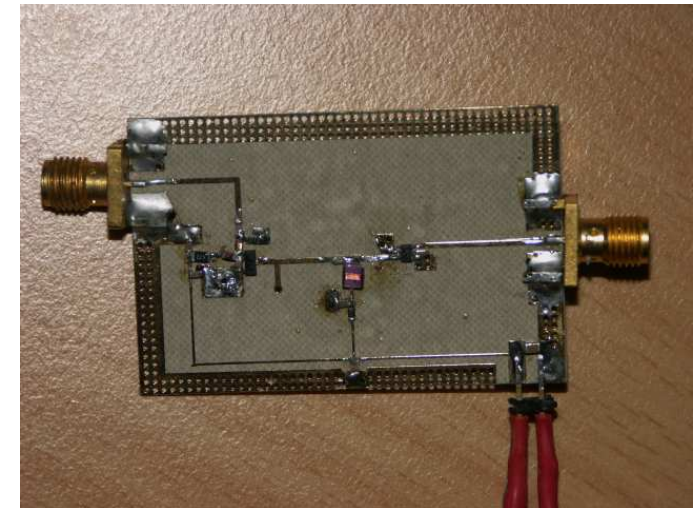
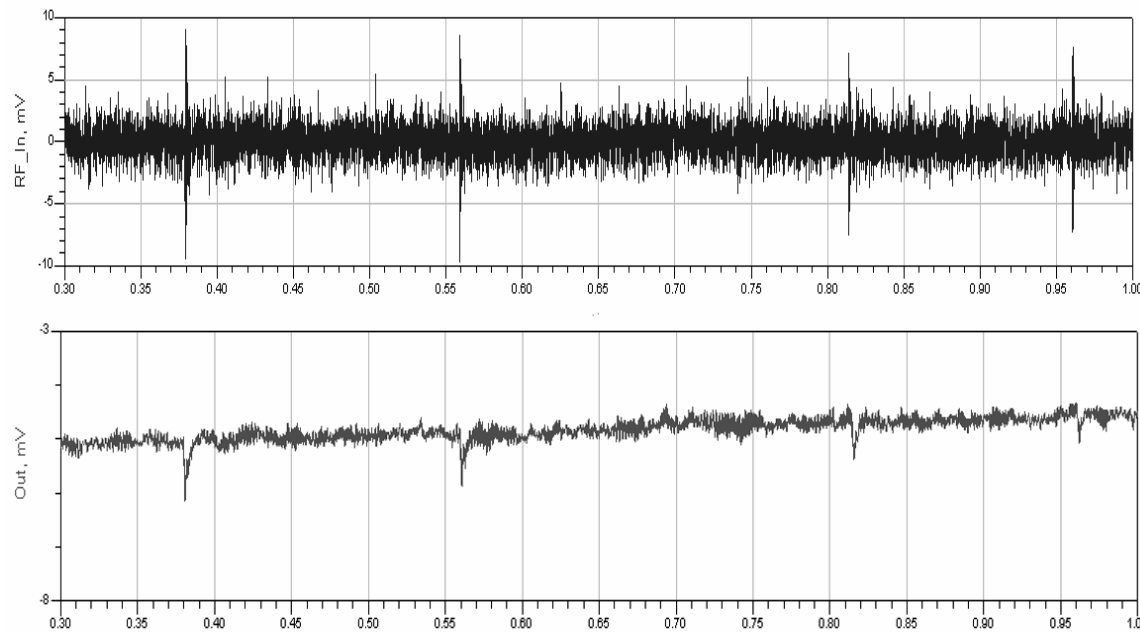


# La détection d'enveloppe – Réalisation



## → 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 :

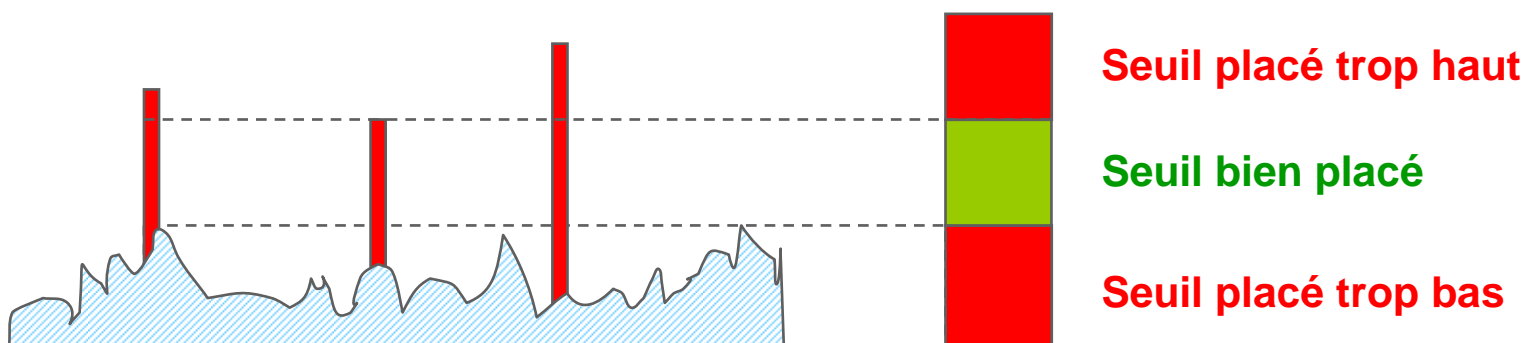
- Faisable avec des composants d'origine commerciales (max 9600 par ex.)

# 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

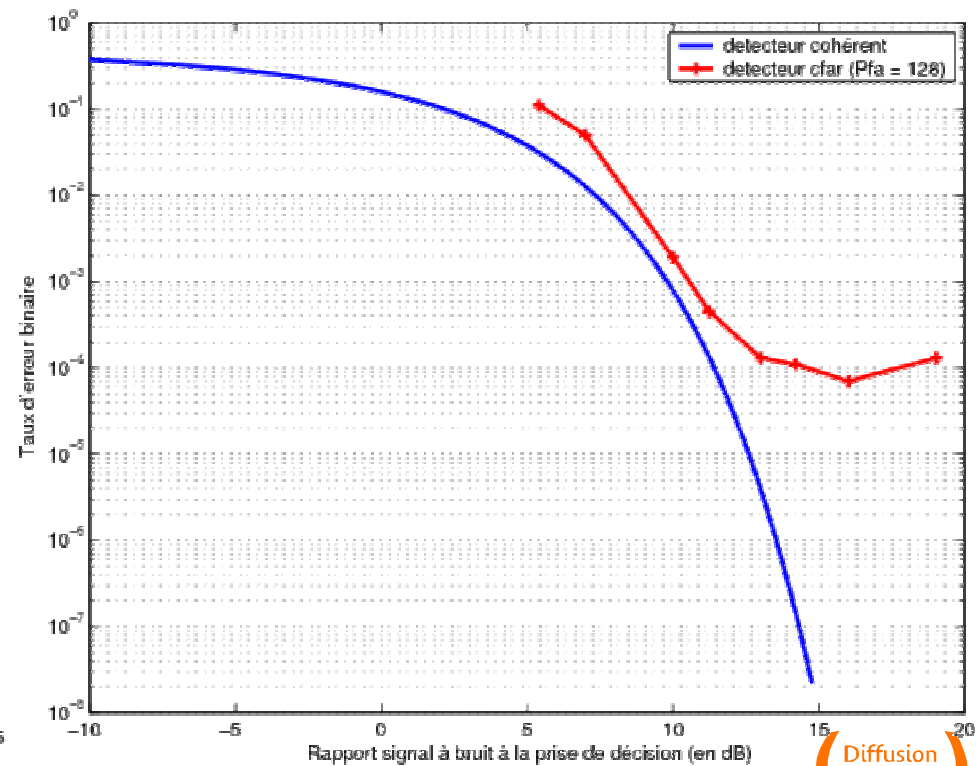
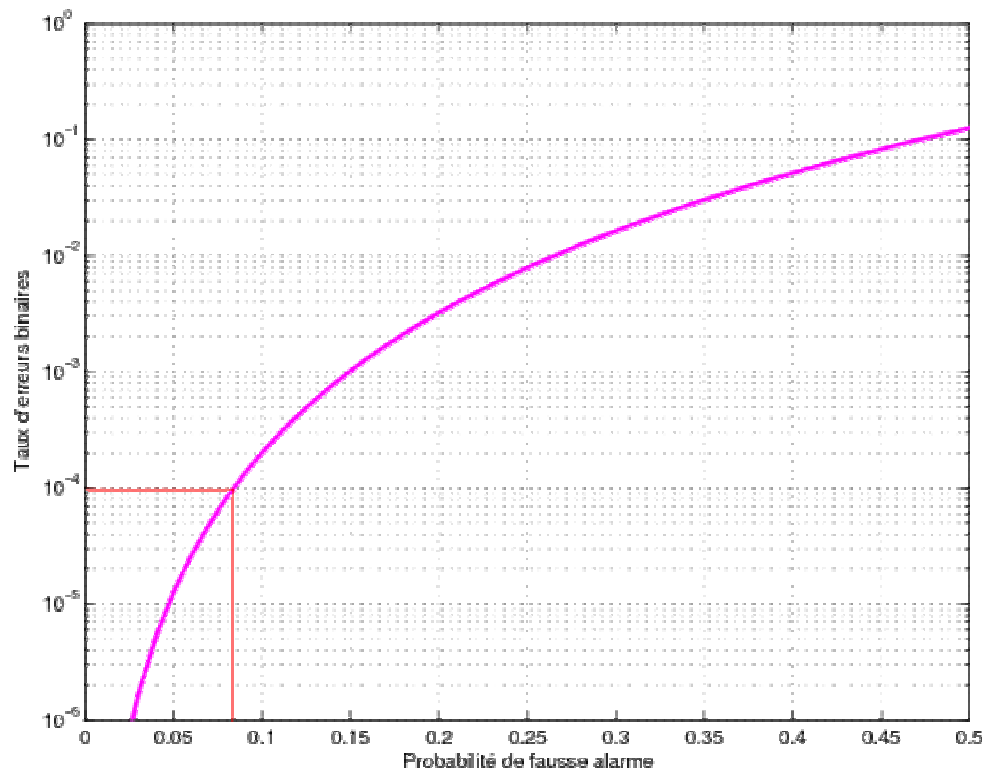


# Position du seuil de détection d'impulsions



## → 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

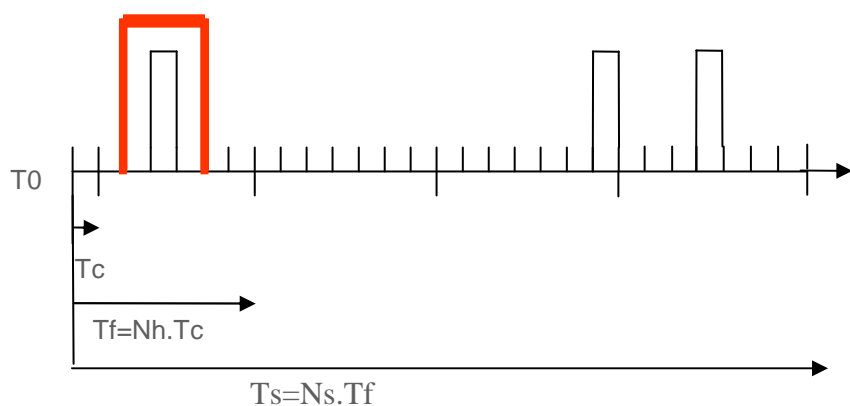
- Les impulsions ont une puissance crête importante
- Dans l'ensemble des dates de franchissement de seuil, certaines d'entre elles correspondront à des impulsions
- Le tri des dates d'arrivée permet d'identifier la séquence de saut recherchée parmi l'ensemble des déclenchements



# 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

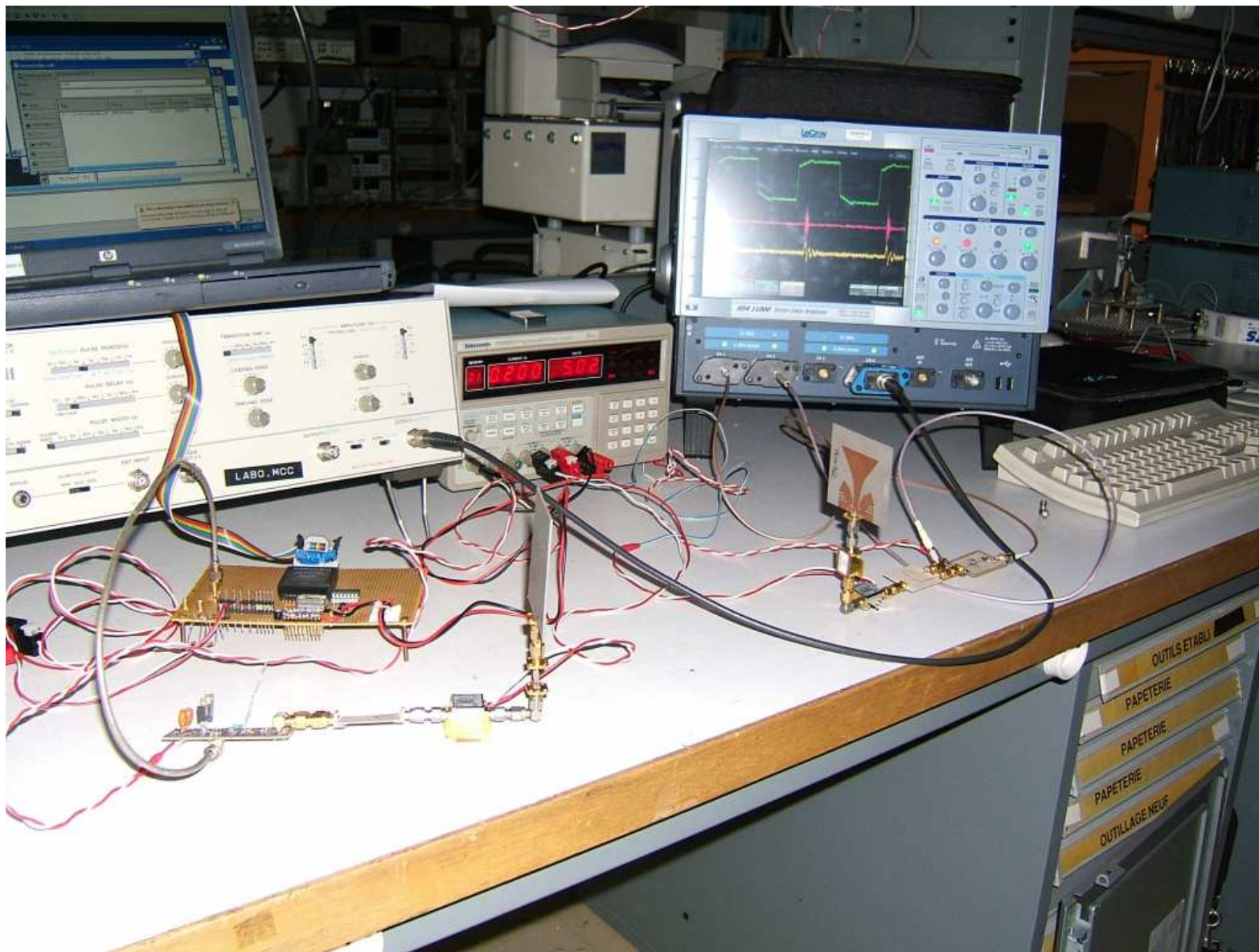


## → Paramètres de la manipulation



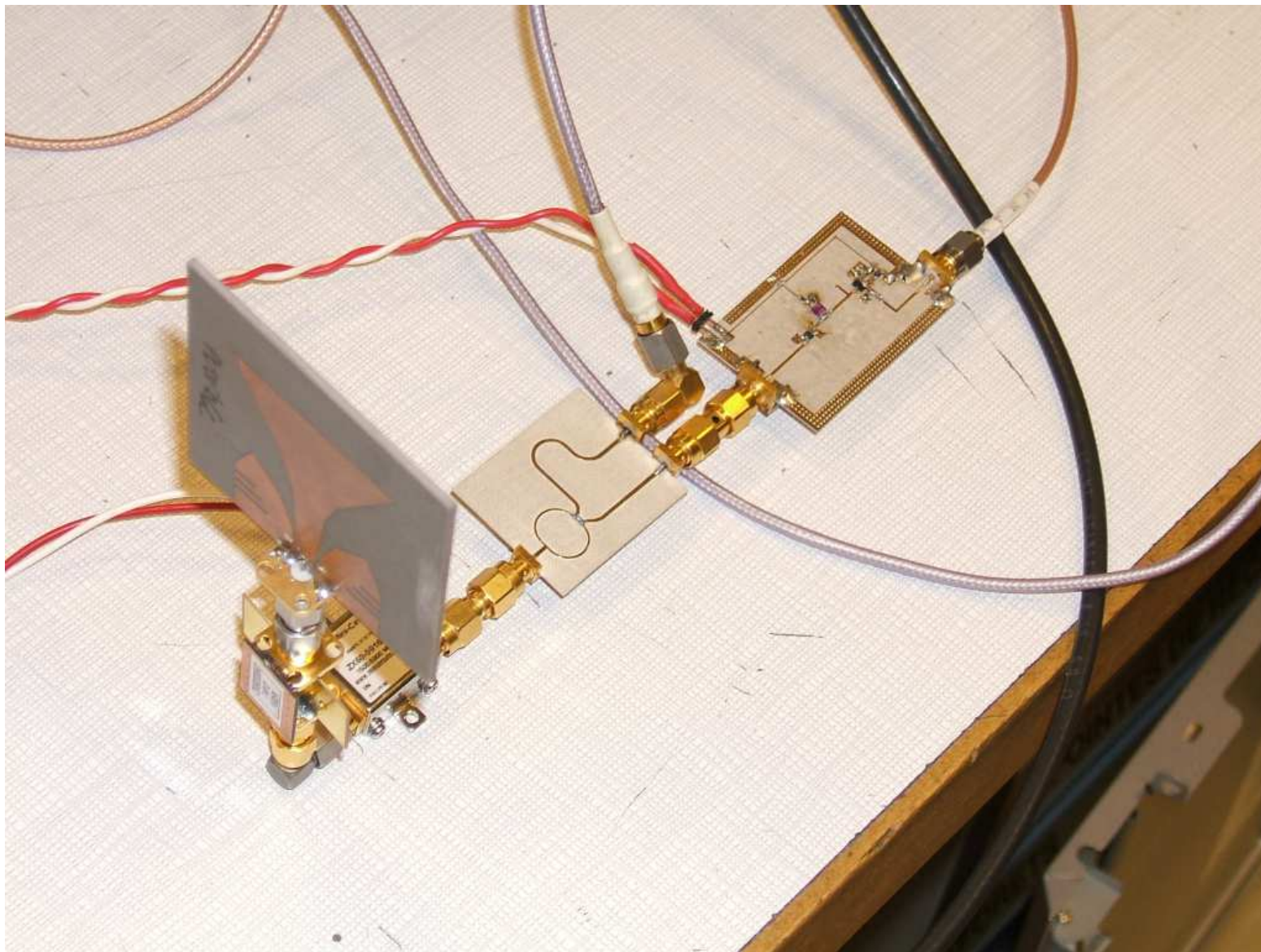
- Puissance crête : 7dBm
- Puissance moyenne : -15dBm (émission de trame permanente)
- Distance : 5m
- Débit brut : 780 kbit/s
- TX : plateforme UWB
- RX : Oscilloscope à échantillonnage et traitements implémentés C++

# 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

