

# Validation des équipements radio en environnement ferroviaire

Benoît MEYNIEL  
06/10/2009

TRANSPORT |

**ALSTOM**

# Agenda

Les systèmes radio en environnement ferroviaire

Le système ERTMS

Le sous-système Eurobalise

Le sous-système GSM-R

Conclusion

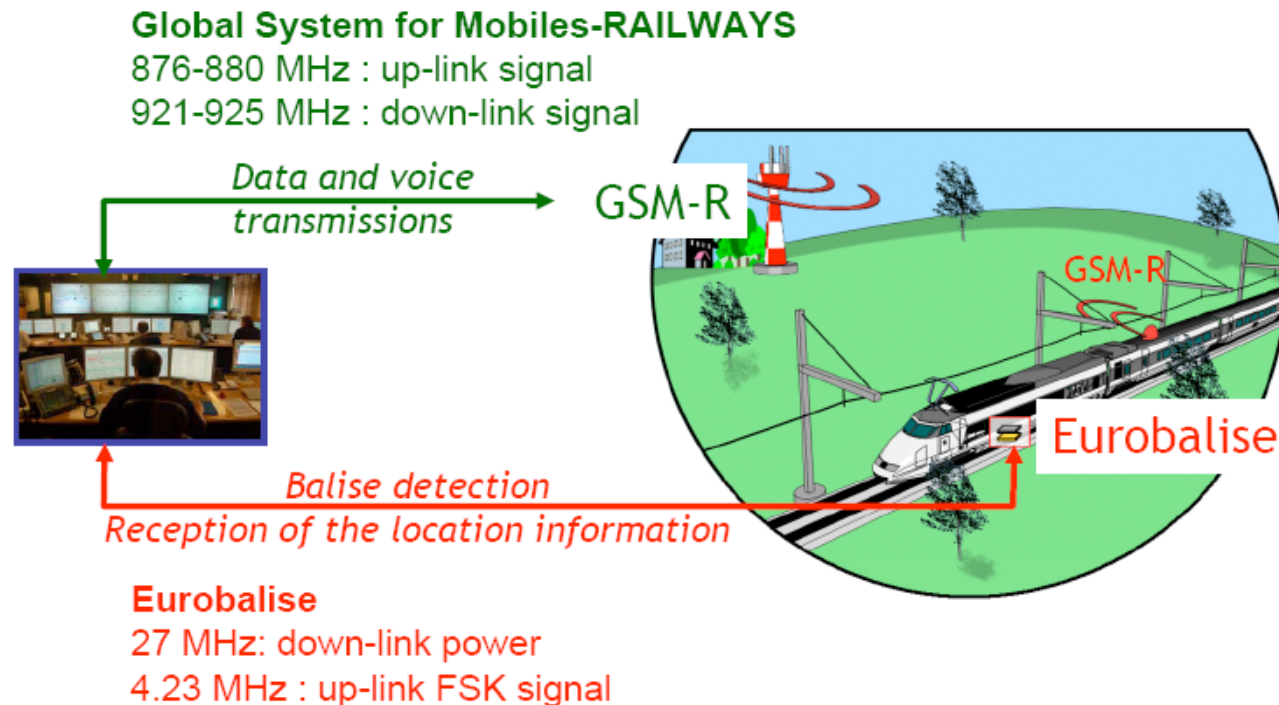
# Les systèmes radio en environnement ferroviaire

## Quelques exemples :

	Bande de fréquence	Puissance	Notes
<b>Eurobalise</b>	984 - 7484 kHz	9 dBuA/m at 10m	Transmitting only on receipt of a Balise / Eurobalise tele-powering signal from a train. Center frequency is 4234 kHz
<b>Euroloop</b>	7.3 – 23.0 MHz	-7 dB $\mu$ A/m at 10m	Maximum field strength specified in a bandwidth of 10 kHz, spatially averaged over any 200m length of the loop. Transmitting only in presence of trains. Spread Spectrum Signal, Code Length: 472 Chips. Center frequency is 13.547 MHz
<b>Eurobalise</b>	27.090 - 27.100 MHz	42 dBuA/m at 10 m	Tele-powering and Down-link signal for Balise/Eurobalise Center frequency is 27.095 MHz
<b>TETRA</b>	415-428 MHz	36 dBm (PIRE)	Largeur du canal : 25 kHz, 4 intervalles de temps (TDMA) de 14,167 ms
<b>GSM-R</b>	876 – 880 MHz (up link ) 921 – 925 MHz (down link)		
<b>WIFI</b>	2446-2454 MHz 5 GHz	500 mW e.i.r.p.	Transmitting only in presence of trains. 5 channels, each 1.5 MHz wide

# Le système ERTMS

- Permet aux trains de **franchir les frontières internationales en toute sécurité** avec un seul système
- Assure la communication entre des équipements de différents constructeurs
- Permet ainsi l'**interopérabilité** des systèmes



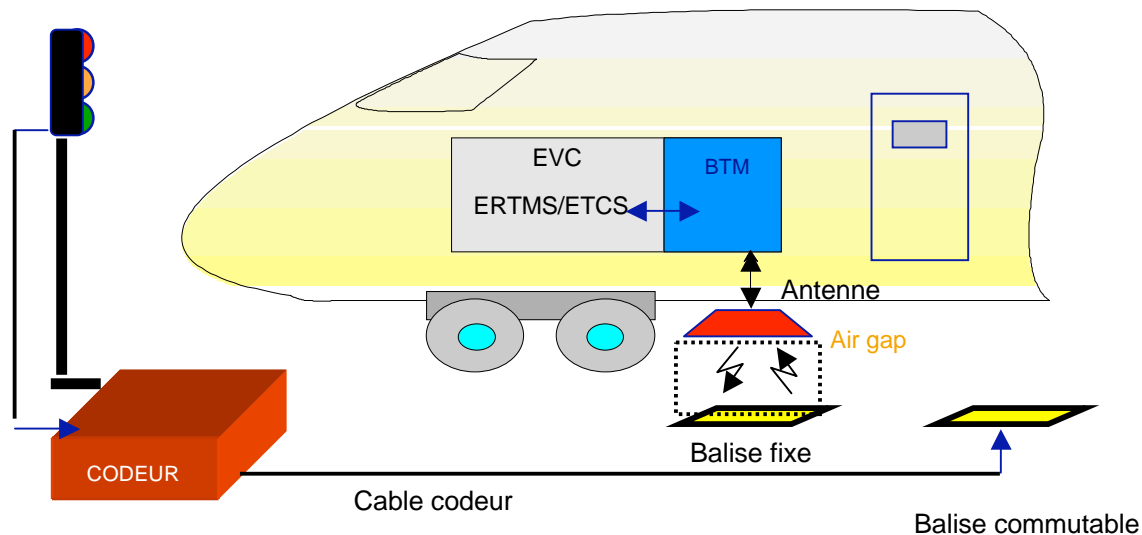
# Le sous système Eurobalise

## Schéma de principe :

Produit de signalisation appelé « Compact Eurobalise »

Energisée par une antenne placée sous le train (motrice)

Échange d'information avec le train (trame)



EVC: Équipement Vital Control  
BTM: Balise Transmission Module



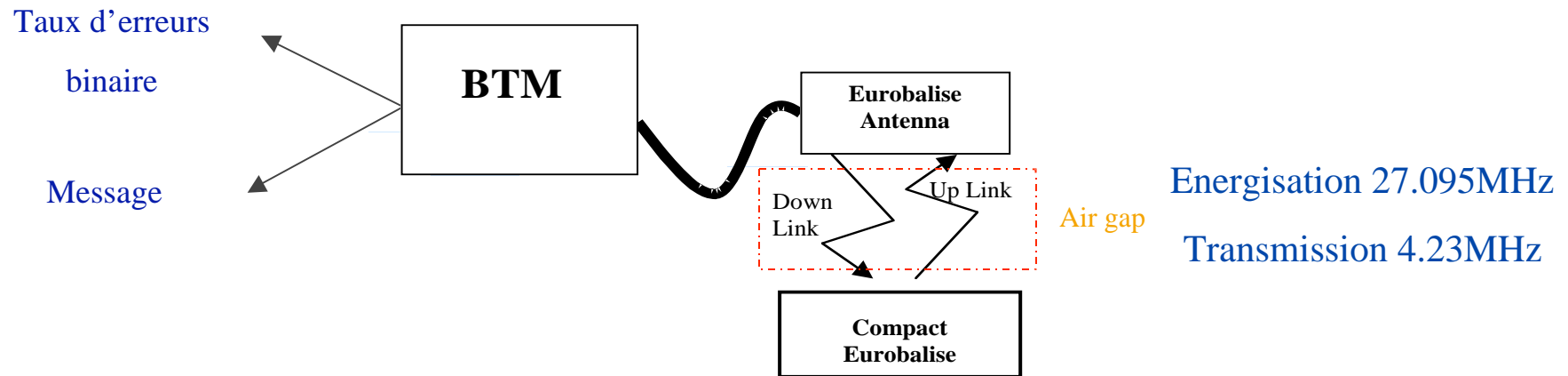
Antenne



Balise compact

# Le sous système Eurobalise

Schéma d'étude :

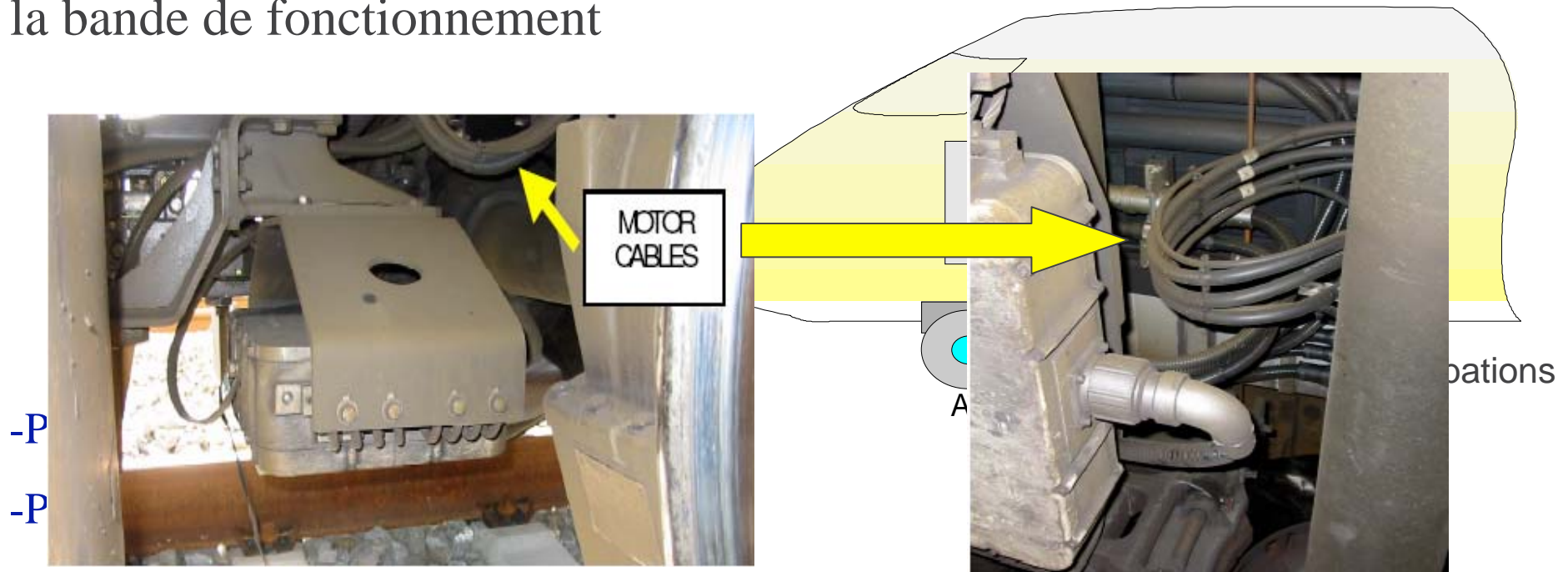


Caractéristiques du système :

- Modulation FSK :
  - 7 périodes de 3,95MHz correspondent à un '0' logique ( $f_L$ )
  - 8 périodes de 4.51MHz correspondent à un '1' logique ( $f_H$ ).
- Longueurs de mots composé de 341 bits pour un mot court et 1023bits pour un mot long
- Vitesse maximale limitée à 500km/h pour le mot court

# Problématique EMC liée à ce système

Immunité du système vis à vis d'une perturbation EM rayonnée dans la bande de fonctionnement



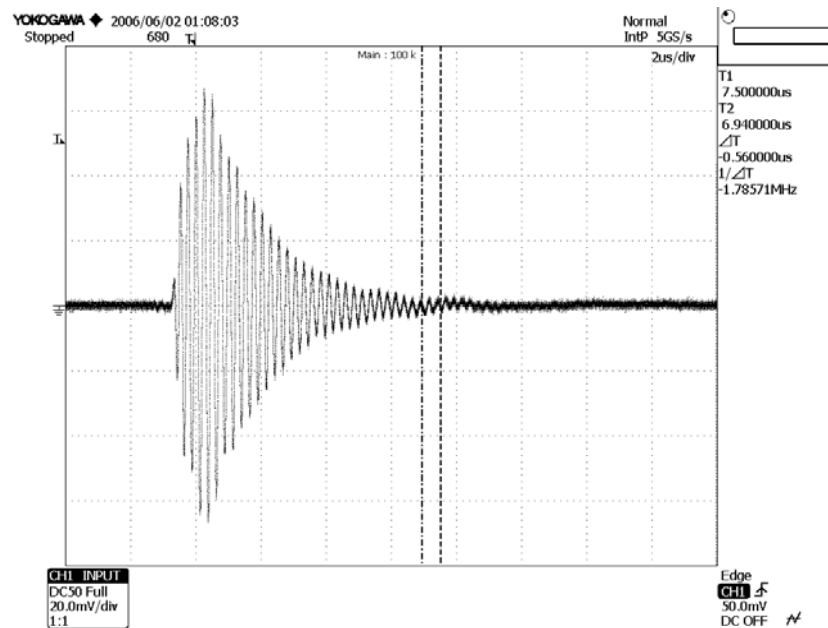
-P  
-P

- Étude du comportement du système de transmission
- Essai en immunité dans la bande non normalisé



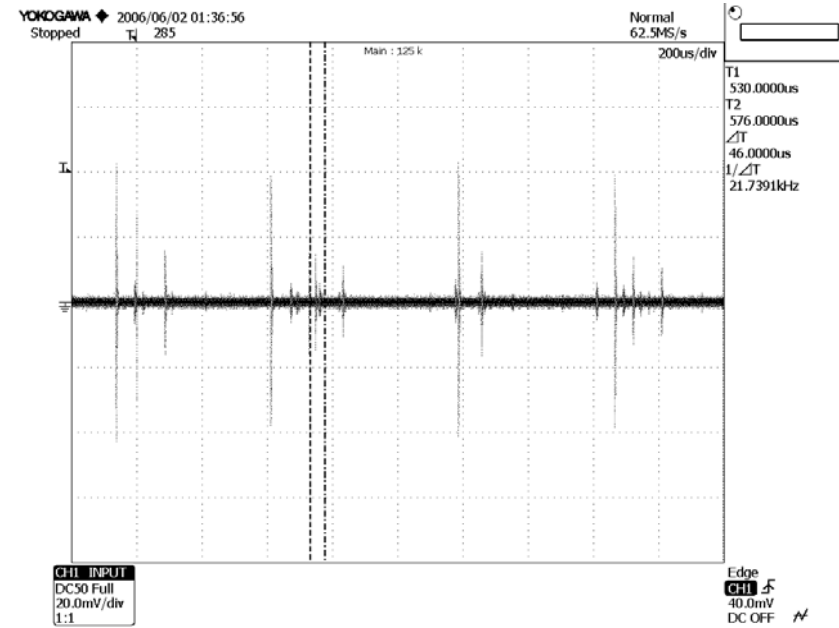
# Exemple de perturbations

## Mesure sous le train



Perturbation dans la bande d'émission

## Mesure sous le train



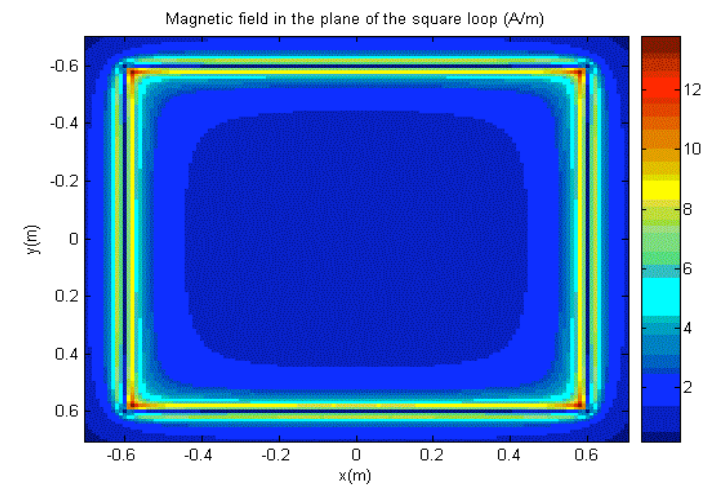
Temps de répétition varie de 30 $\mu$ s environ à quelques centaines de microsecondes.

→ Nécessité de mettre en place d'un moyen de test



# Mise en place d'un moyen d'essai CEM basse fréquence

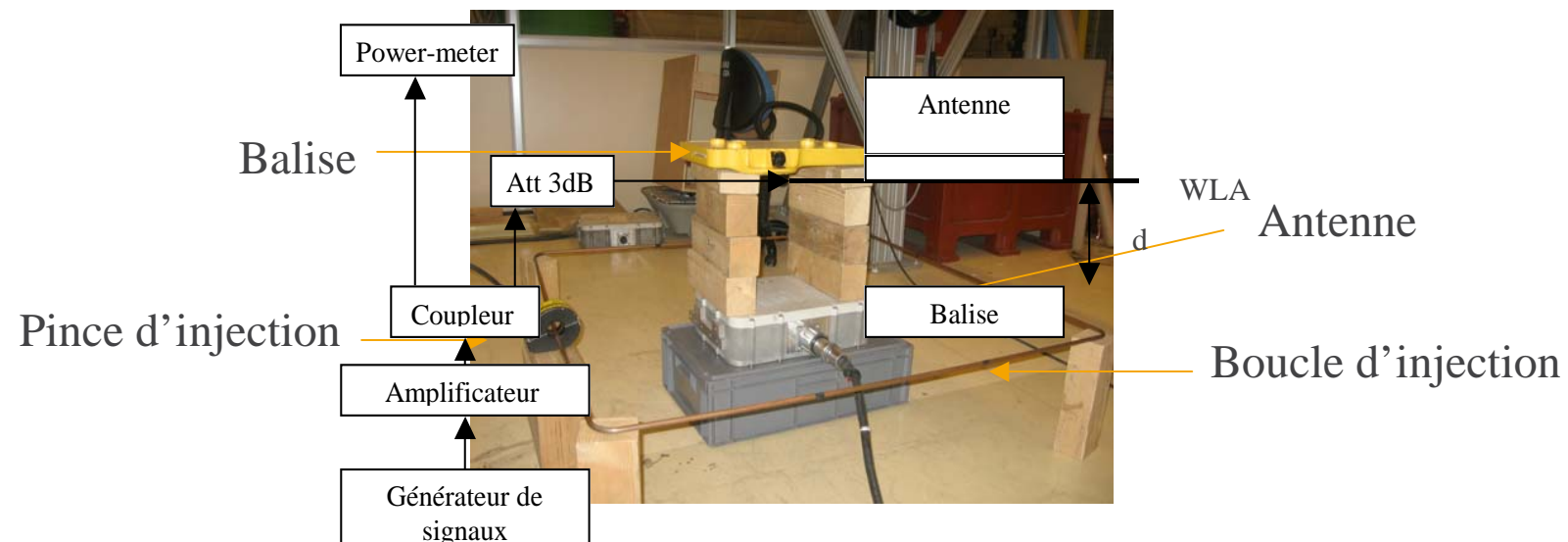
- Pas de moyen d'essai existant
- Mise au point de la WLA (Wide Loop Antenna)
  - ✓ Boucle carrée de 1,2m de coté
  - ✓ Création d'un champ EM rayonné
- Zone homogène 3dB
  - ✓ Dans tout l'air gap
  - ✓ Au dimension de l'équipement sous test
- Étude dans la bande 1-20MHz
  - ✓ Perturber le volume de l'air gap
  - ✓ Méthode d'immersion



# Comportement en immunité du système

- Distance balise/antenne varie de 220mm à 460mm
- Signal perturbateur : CW ou transitoires
- Critère d'acceptation : taux d'erreur binaire

## Configuration de test



# Niveau d'immunité balise / antenne

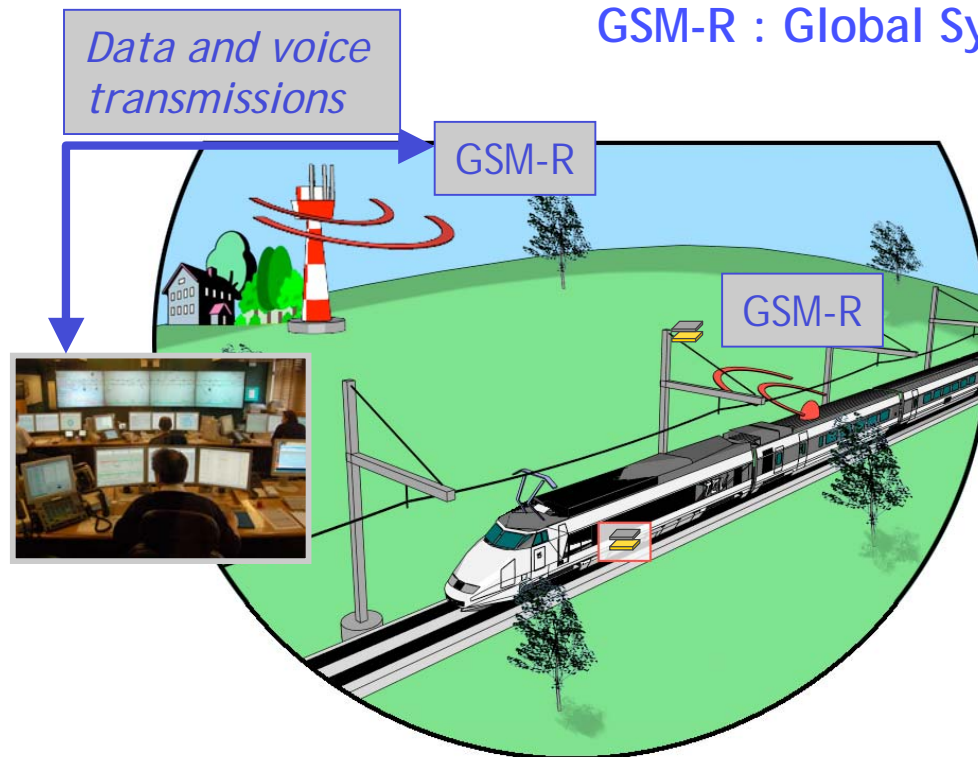
Développement de méthodologie d'essais spécifiques pour tester indépendamment la balise & l'antenne.

=> travaux en cours au sein de l'UNISIG pour normaliser la méthode.

# Le sous système GSM-R

ERTMS: European Rail Traffic Management System  
*Harmonised signaling standards throughout Europe*

## GSM-R : Global System for Mobiles-RAILWAYS



Frequency bands:

876 – 880 MHz ( up link )

921 – 925 MHz ( down link )



GSM-R Band      GSM P Band

GSM E Band (UMTS)

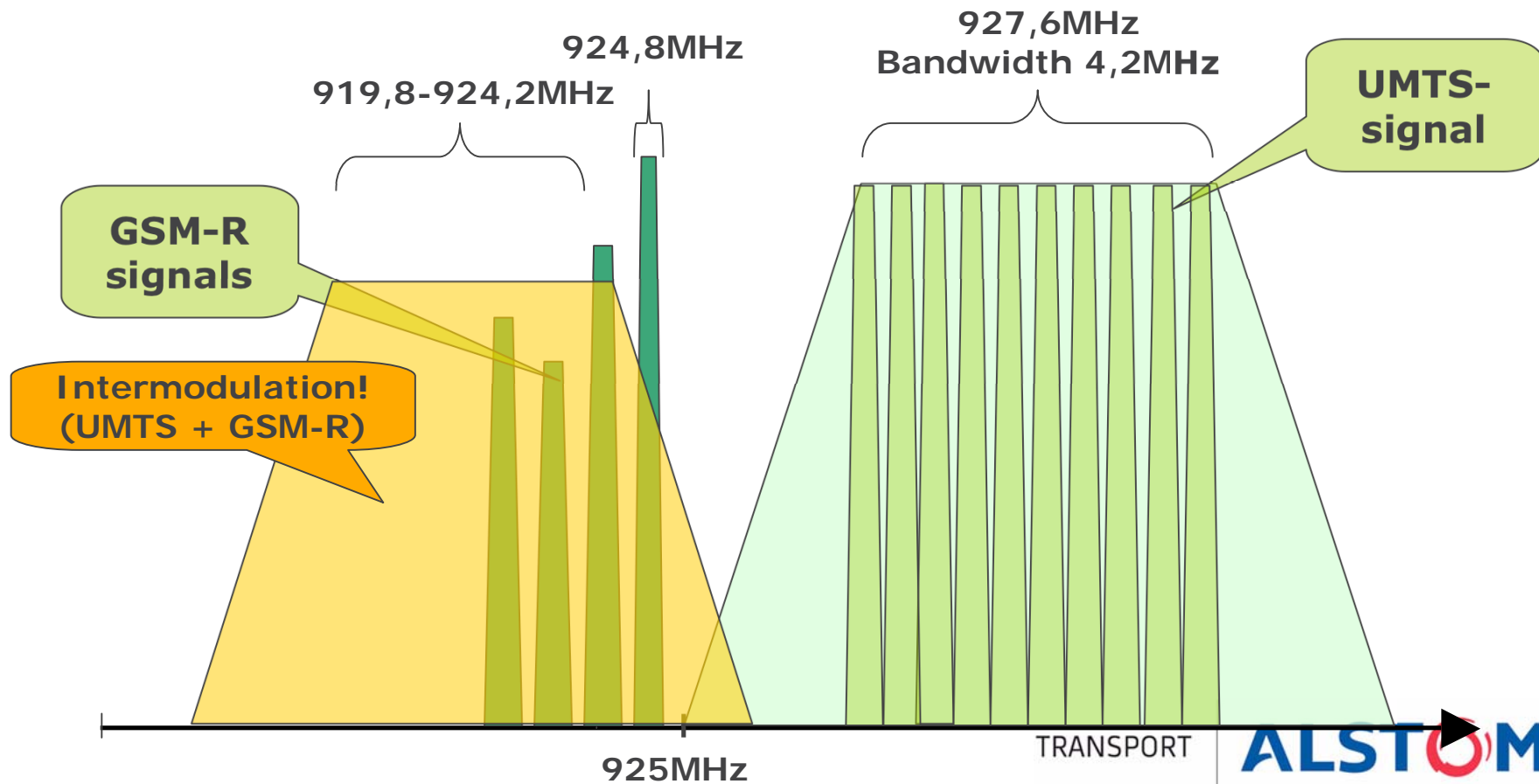
TRANSPORT

**ALSTOM**

# UMTS 900 / GSM-R

Principales sources d'interférence :

- UMTS 900



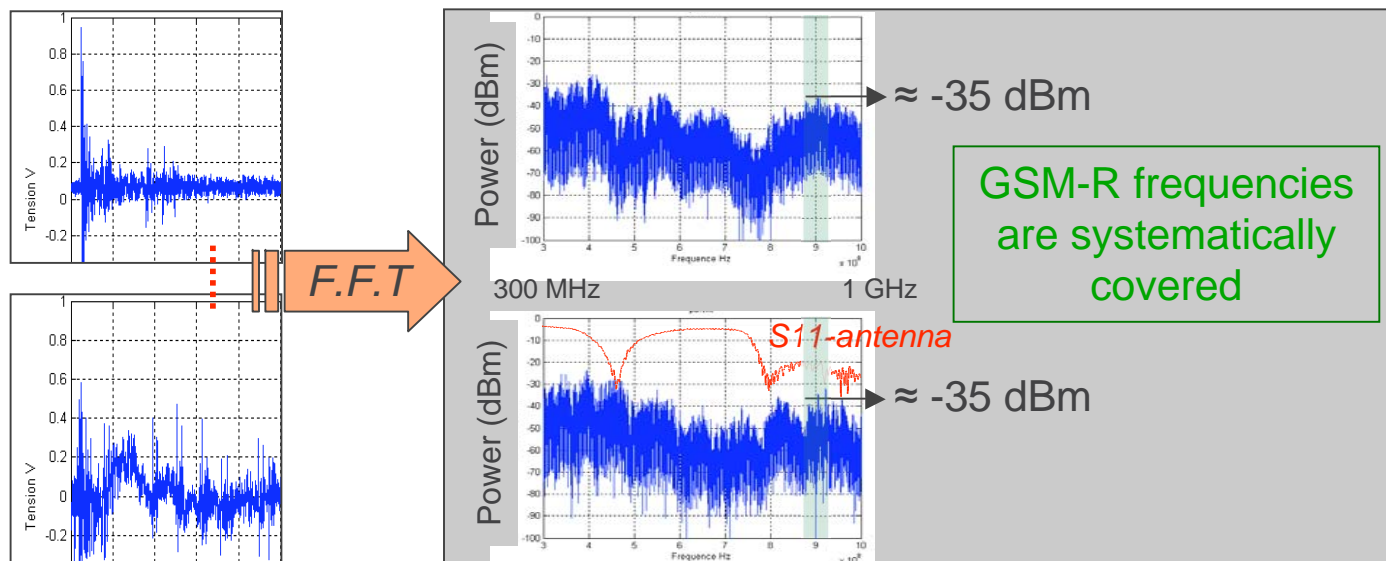
# Perturbations transitoires

## Principales sources d'interférence :

- Transitoires provenant du contact glissant pantographe / caténaire



Caractérisation des perturbations reçues par l'antenne GSM-R (étude RAILCOM / INRETS / SNCF)



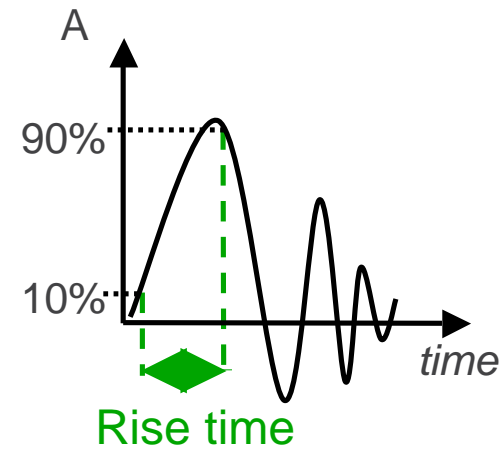
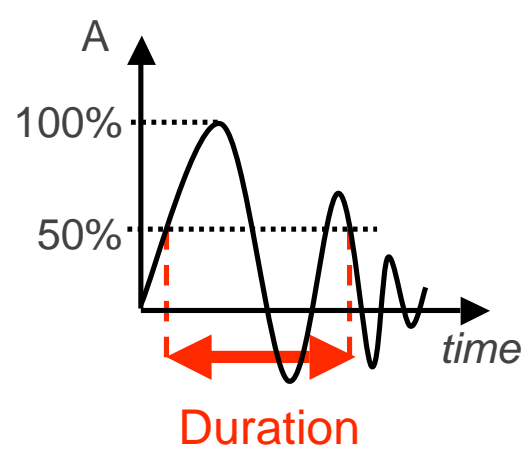
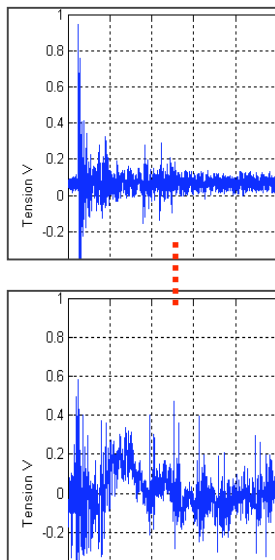
# Perturbations transitoires

## Principales sources d'interférence :

- Transitoires provenant du contact glissant pantographe / caténaire



Caractérisation des perturbations reçues par l'antenne GSM-R (étude RAILCOM / INRETS)





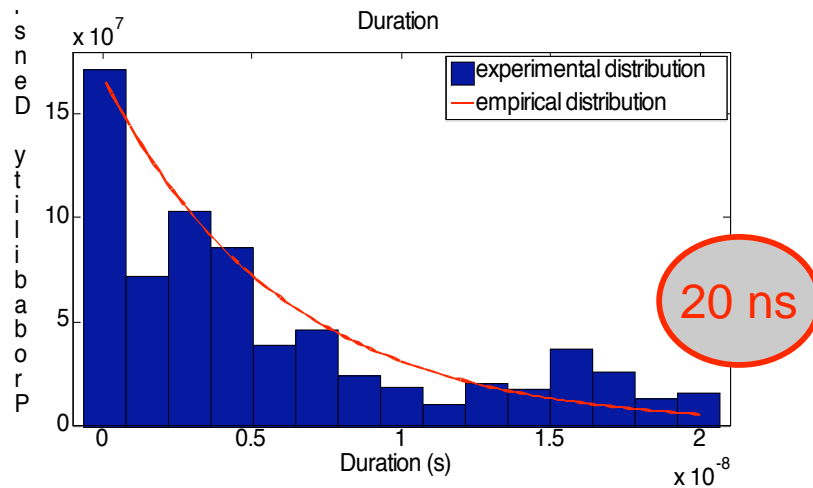
# Perturbations transitoires

## Principales sources d'interférence :

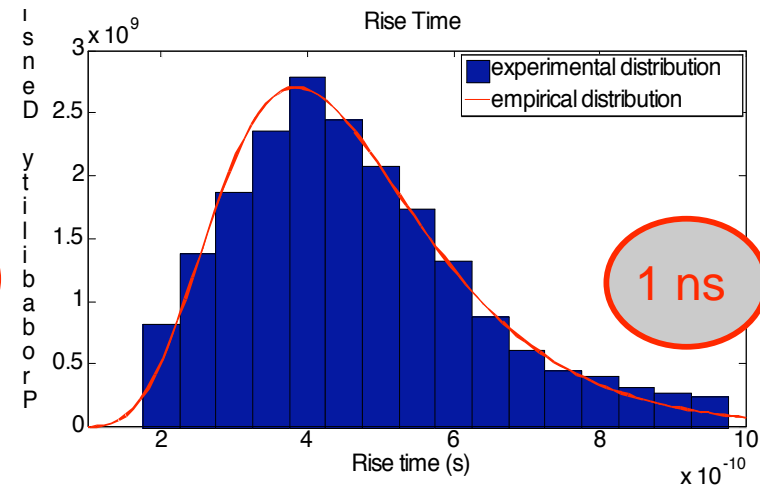
- Transitoires provenant du contact glissant pantographe / caténaire



Etude statistique réalisée sur 20000 transitoires enregistrées

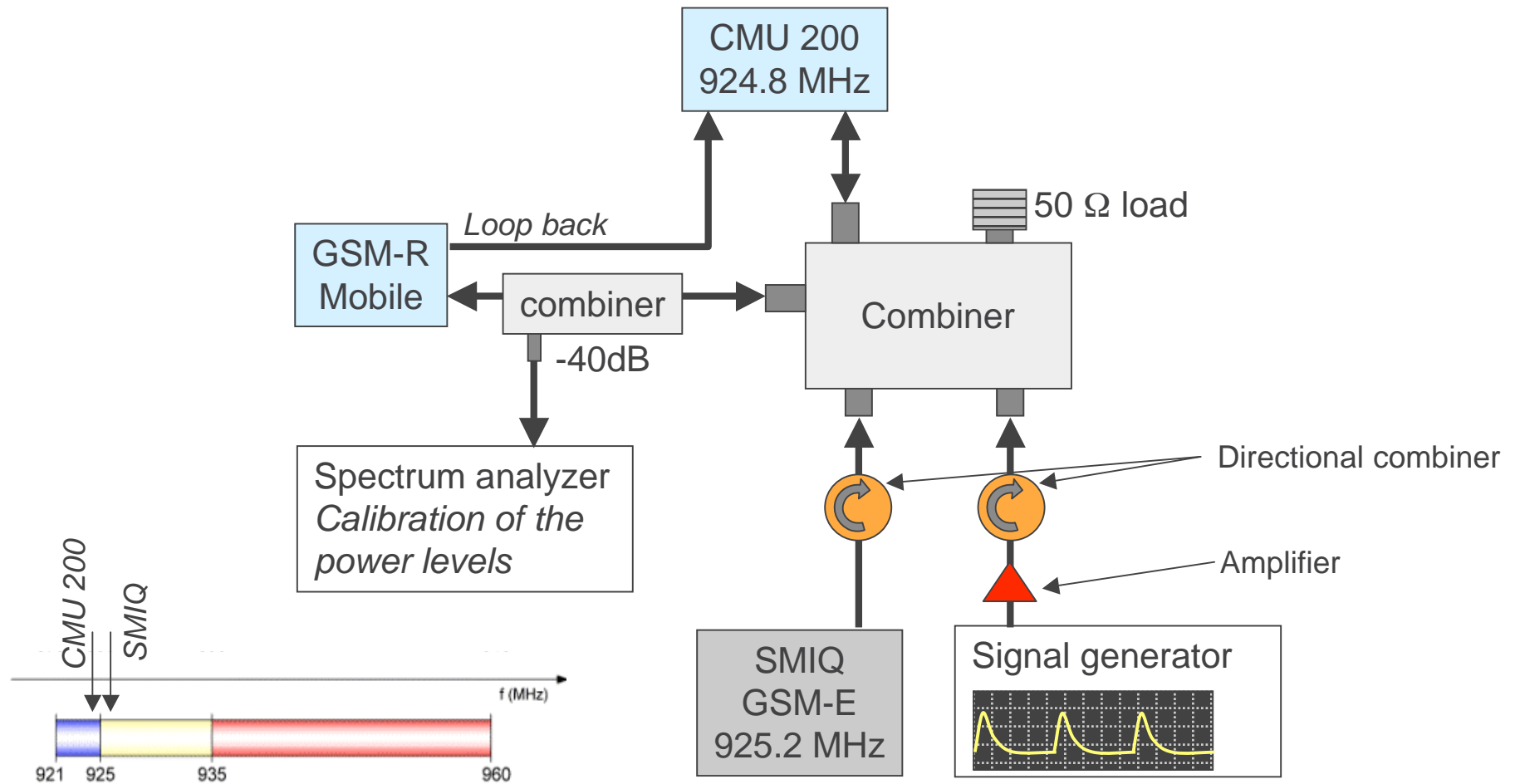


Typical duration = 5 ns

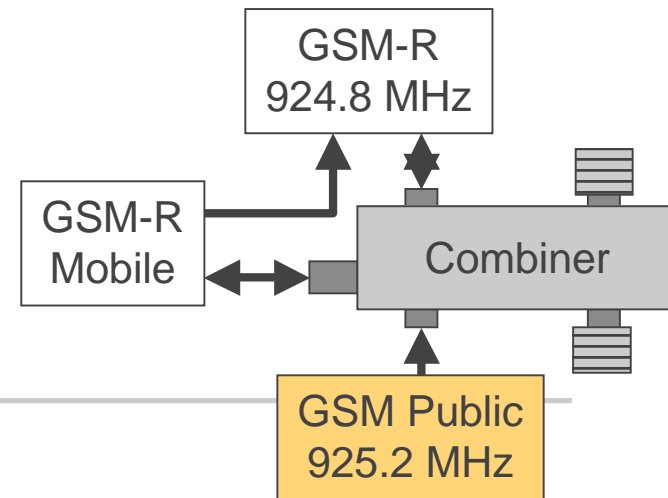


Typical rise time = 0.4 ns

# Test d'immunité GSM-R

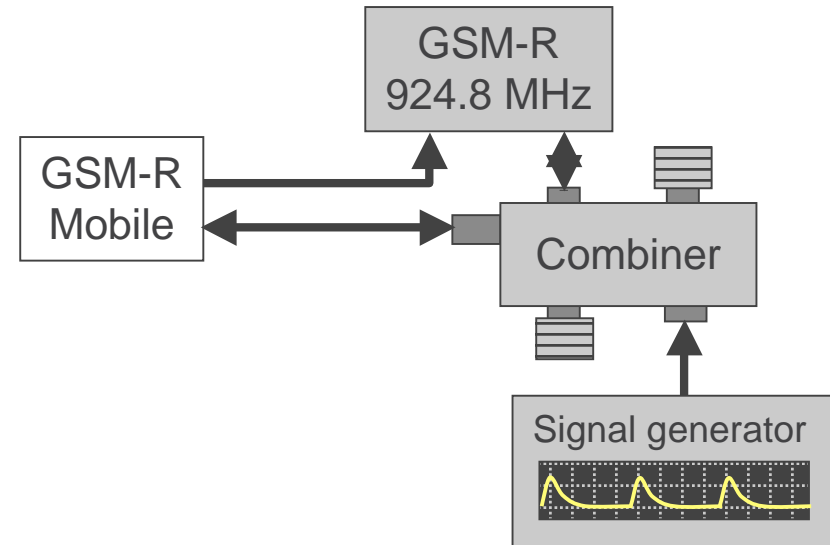


# Exemples de résultats

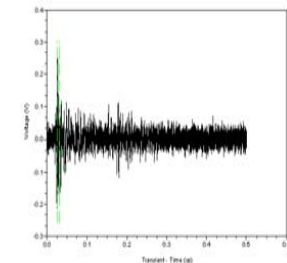


# Exemples de résultats

GSM-R power = -70 dBm



Transients collected on board



- La norme ferroviaire EN 50121-3-2 ne prend pas en compte ces situations
- Besoin de caractériser :
  - l'environnement dans la bande de transmission des équipements radio
  - le comportement en immunité des produits
- Développement de méthodes d'essais spécifiques en immunité
- Nécessité de réaliser des essais de validation EMC sur train
- Recours à la simulation numérique pour optimiser le choix d'implantation des antennes embarquées

Merci de votre attention

TRANSPORT |

**ALSTOM**