

# L'impact de la Compatibilité ElectroMagnétique (CEM) sur l'insertion des systèmes de transports guidés

Bernard Démoulin <sup>(1)</sup> et Virginie Deniau <sup>(2)</sup>

[Bernard.Demoulin@univ-lille1.fr](mailto:Bernard.Demoulin@univ-lille1.fr) et [virginie.deniau@inrets.fr](mailto:virginie.deniau@inrets.fr)

(1) : IEMN-TELICE, Université de Lille

Laboratoire de télécommunications, d'Interférences et de Compatibilité Electromagnétique

(2) : INRETS-LEOST, Villeneuve d'Ascq

Laboratoire d'Electronique, Ondes et Signaux pour les Transports



# *La CEM en général*

- ✓ La CEM traite des effets EM indésirables relatifs aux fonctionnements des équipements, des systèmes et des infrastructures... mettant en jeu des fonctions électriques ou électroniques
- ✓ La CEM s'intéresse notamment aux perturbations EM rayonnées et conduites, aux perturbations par plans de masses, aux décharges électrostatiques, à l'impact de la foudre ...
- ✓ La CEM d'un équipement est sa capacité à fonctionner correctement dans son environnement d'utilisation sans provoquer de dysfonctionnement sur d'autres équipements situés à proximité

# *Une anecdote.....contexte matériel.....*

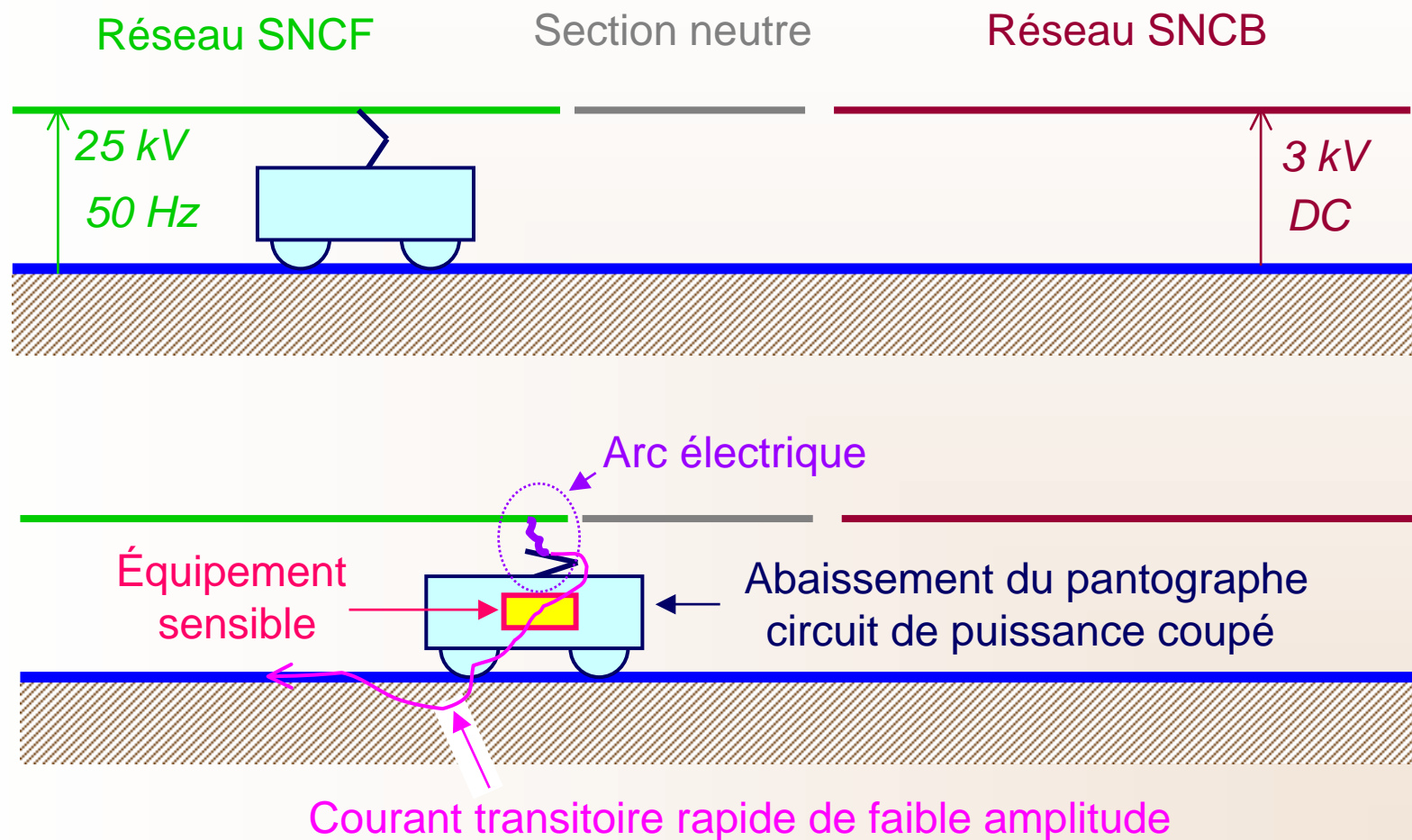
Verrouillage des portes d'accès aux toilettes d'une automotrice  
par un parasite d'origine électromagnétique

Analyse de l'origine physique de l'incident

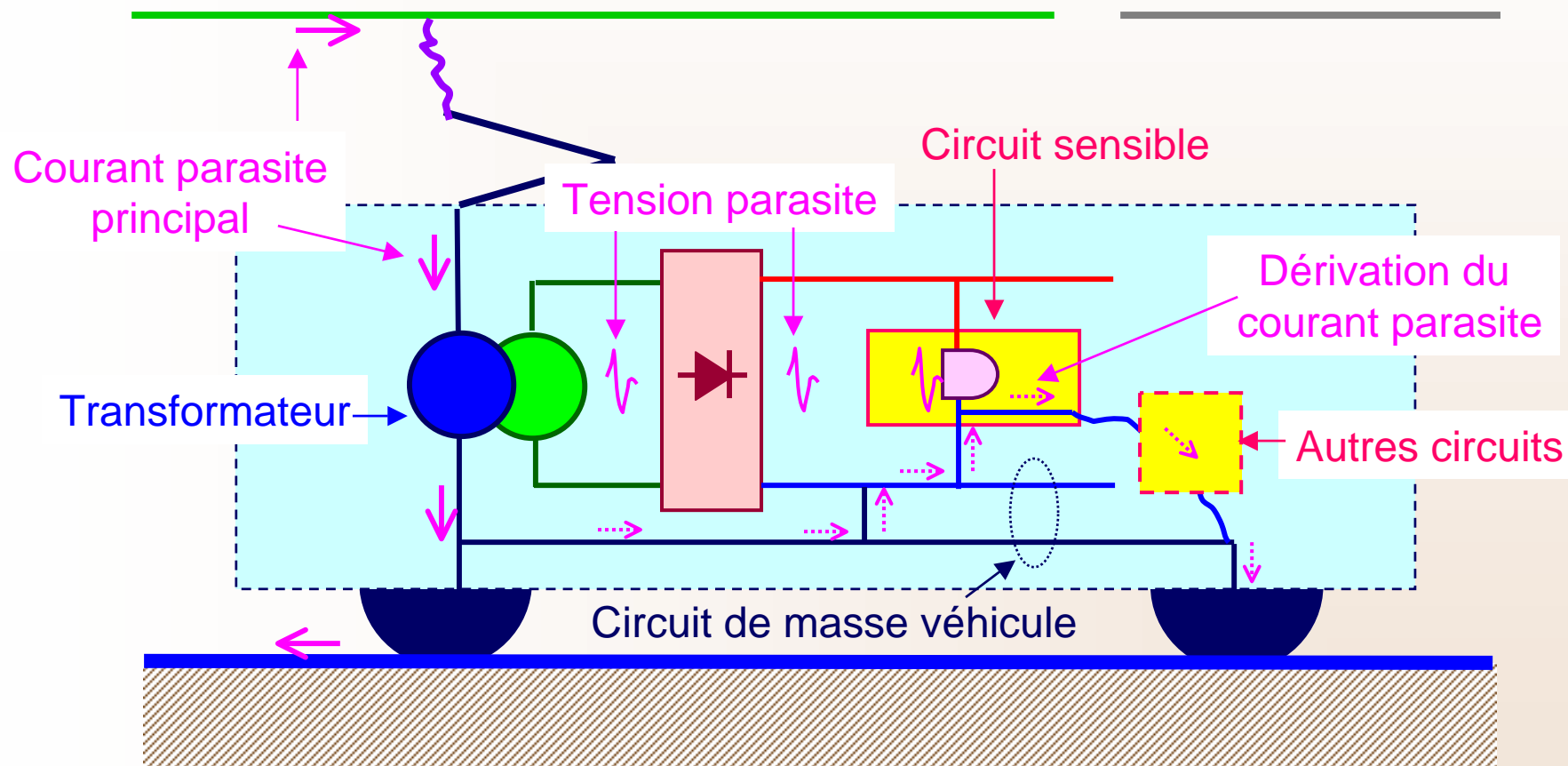
Conséquences sur l'exploitation

Comment y remédier ?

# Une anecdote.....source physique.....



# Une anecdote.....propagation du parasite.....



# *Le rayonnement EM des trains....contexte.....*

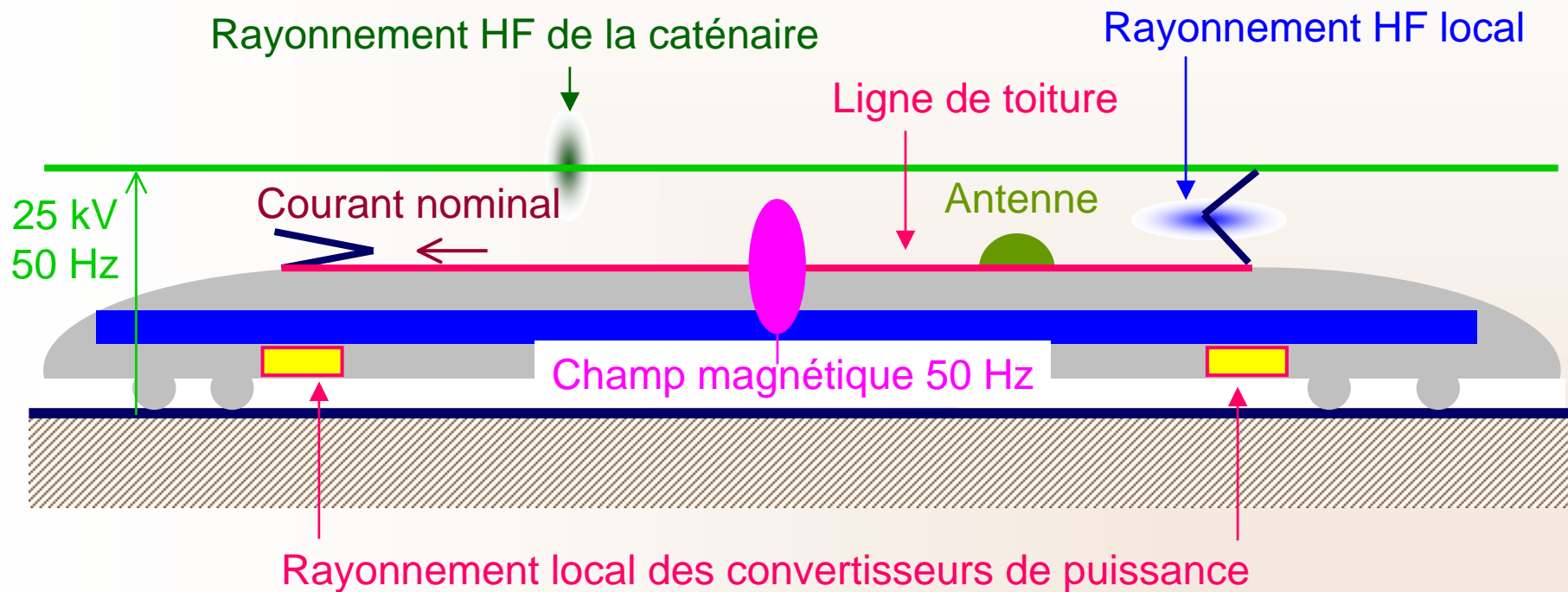
Les courants électriques intenses circulant sur les caténaires et sur l'appareillage interne des trains génèrent des rayonnements électromagnétiques qu'il faut s'efforcer de caractériser

On distingue deux sources principales de rayonnement

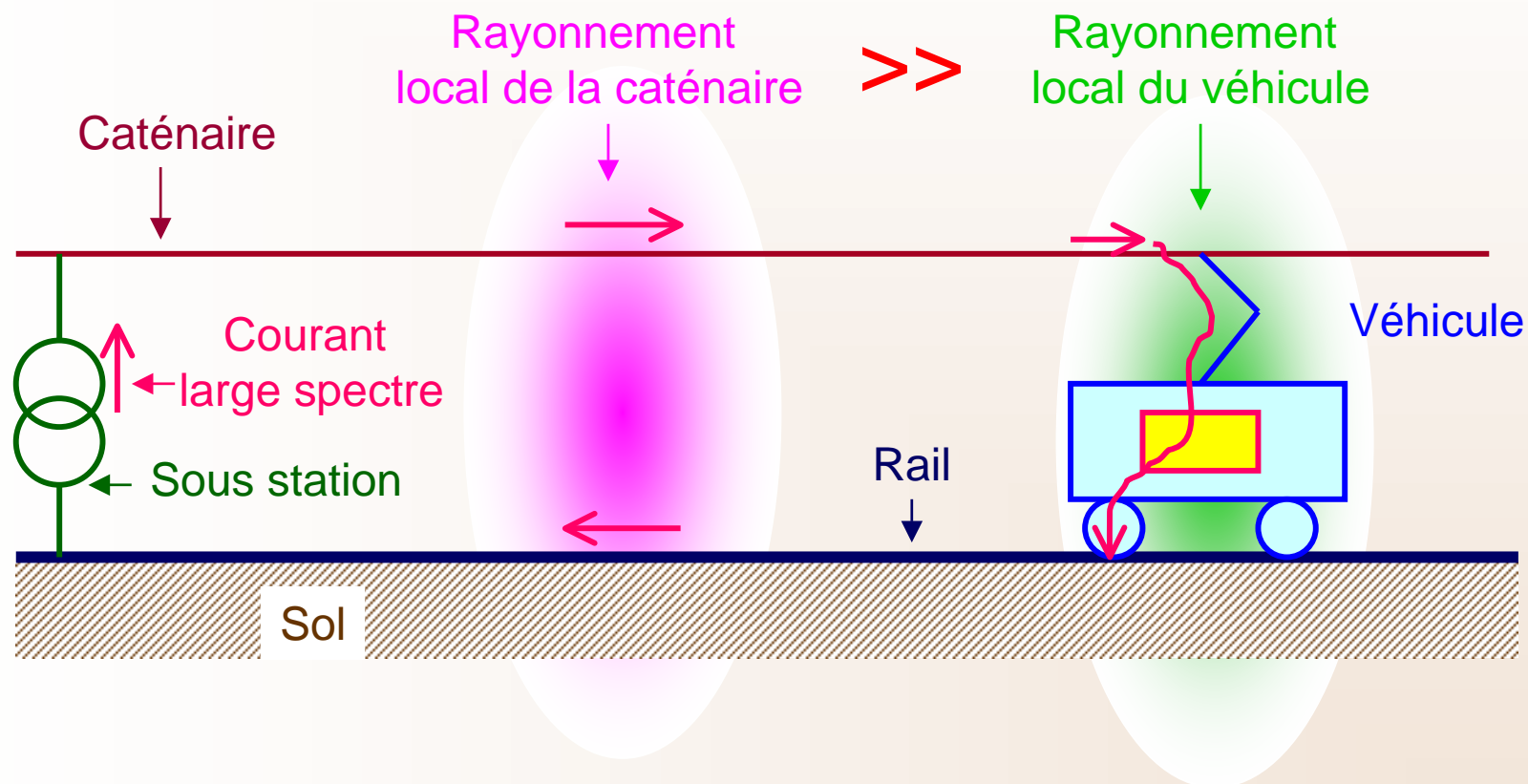
Les champs magnétiques de fréquence industrielle 50 Hz

Les champs EM hautes fréquences couvrant des spectres étendus de quelques kHz à plusieurs centaines de MHz

# Le rayonnement EM des trains....sources.....



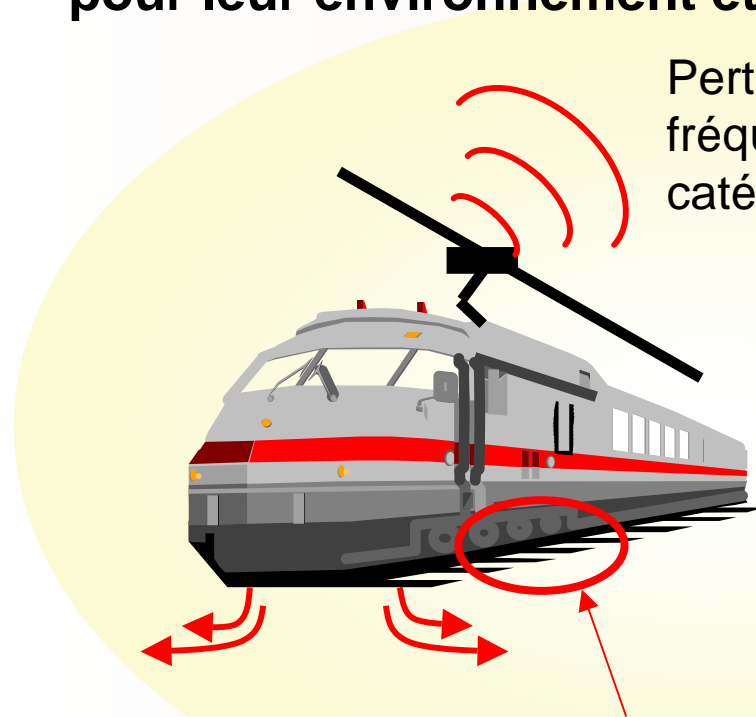
# Le rayonnement EM des trains...caténaire.....



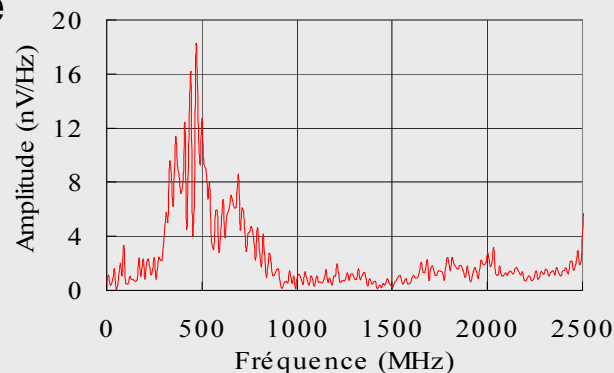


# Les transports guidés et les interférences

**Les transports guidés peuvent être des sources de perturbations EM pour leur environnement et pour eux - mêmes**



Perturbations rayonnées dans des gammes de fréquences élevées produites lors des défauts de contact caténaire - pantographe



Perturbation observée sur une antenne GSM-R lors de l'apparition d'un arc pantographe-caténaire (projet MORANE)

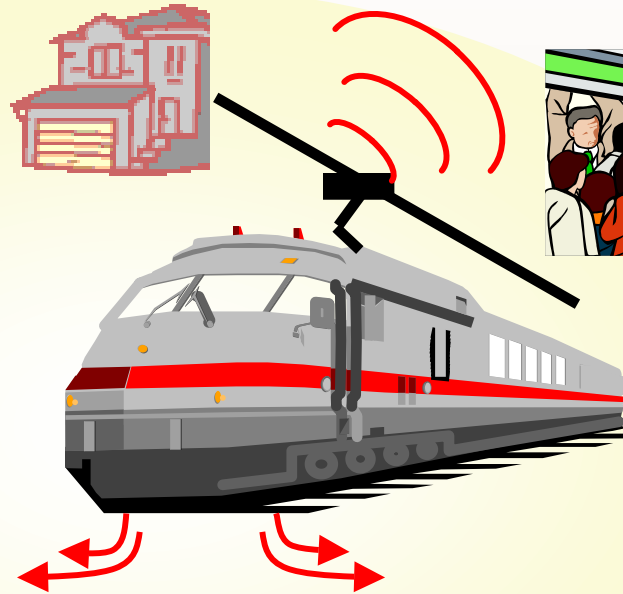
Perturbations conduites produites par les courants de fuite dans le sol

Perturbations rayonnées à basses fréquences produites par les lignes d'alimentation électrique et par les dispositifs de traction, les convertisseurs

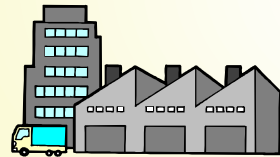
# Les transports guidés et les interférences

Les éléments potentiellement victimes des transports guidés

Perturbations des équipements électroniques, informatiques et des systèmes télécommandés...



Les hommes, niveaux d'exposition des êtres humains aux champs EM



Les installations industrielles (circulation de courants dans les plans de masse, perturbations par impédance commune...)

Perturbations d'installations spécifiques sensibles : équipements médicales



Brouillages de la FM, de la TV...  
Mauvaise réception des télécommunications (GSM, wifi...)



# *L'impact de la C.E.M. sur l'insertion des transports guidés*

Il faut atteindre une **compatibilité électromagnétique** suffisante entre le moyens de transports (véhicule et infrastructure) et les autres installations ou équipements situés à proximité :

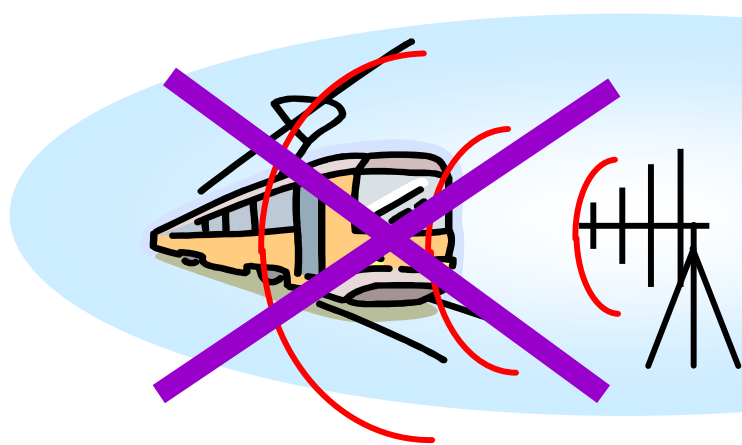
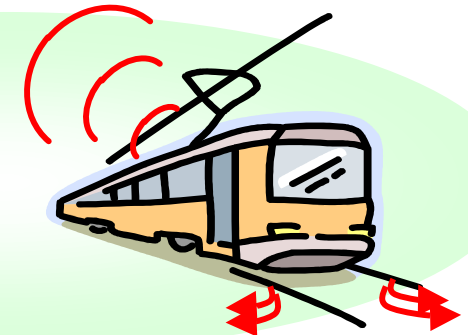
- ✓ L'infrastructure et les véhicules ne doivent pas engendrer de mauvais fonctionnements sur des dispositifs situés aux alentours,
- ✓ l'infrastructure et les véhicules ne doivent pas provoquer des niveaux d'exposition aux personnes trop élevés et
- ✓ le système de transport incluant l'alimentation, la signalisation, le contrôle-commande... doit fonctionner convenablement dans son environnement

Comment procède-t- on pour assurer la CEM du système de transport et de son environnement ?

# Vérifier la CEM du système de transport et de son environnement

Mesures des émissions et de l'immunité EM des moyens de transport suivant les procédures de mesures spécifiées dans la norme du domaine ferroviaire *NF EN 50021* - Pour les fréquences inférieures à 1GHz

**Contrôle les émissions EM** produites par le système ferroviaire dans son ensemble et par les équipements qui fonctionnent dans le système ferroviaire



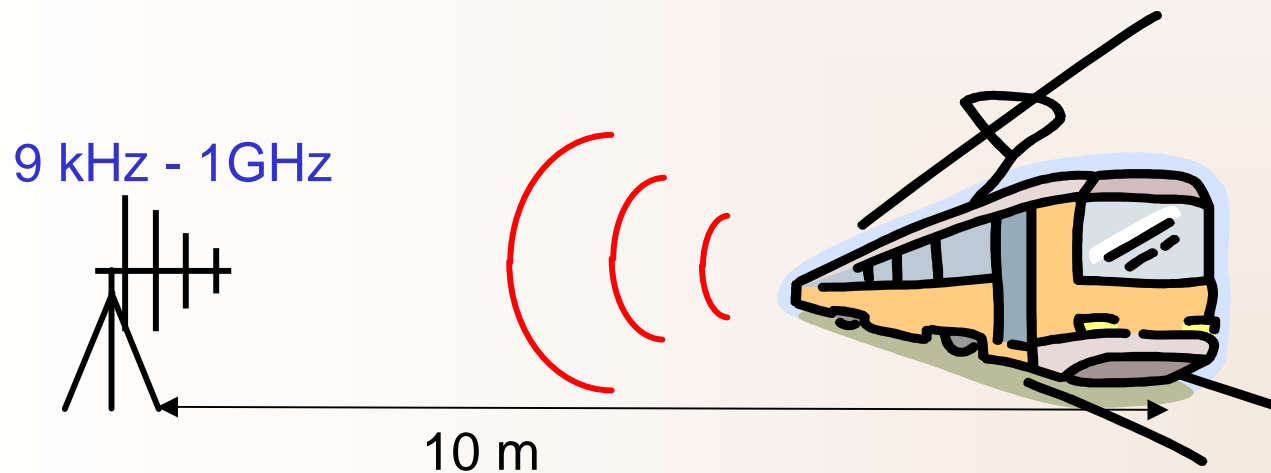
**Contrôle de l'immunité EM** des équipements qui fonctionnent dans le système ferroviaire

*Pas de contrôle de l'immunité du système ferroviaire dans son ensemble*

# Les mesures d'émissions EM

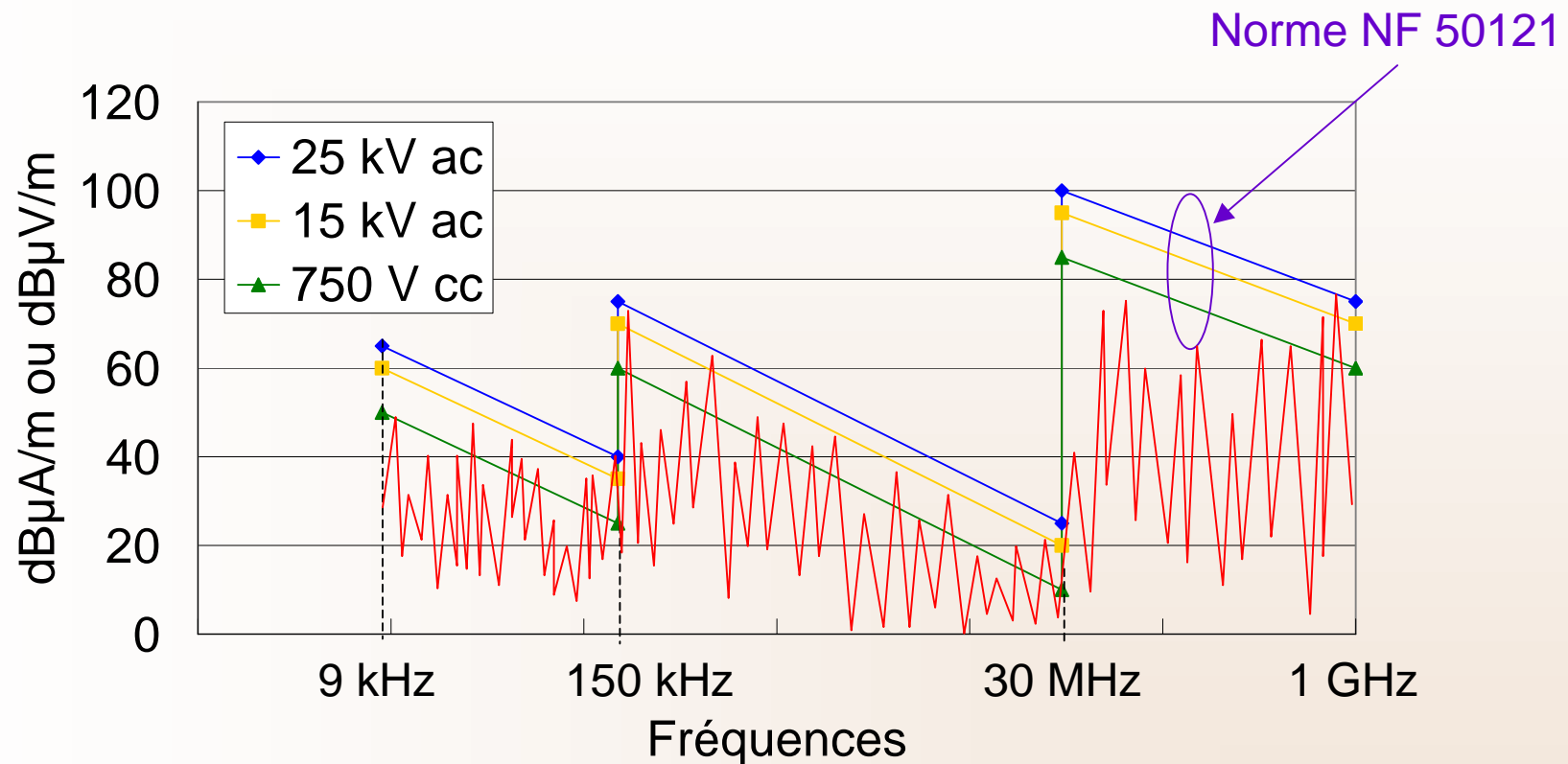
Les procédures de vérification des émissions EM sont identiques quelque soit l'environnement d'insertion, qu'il soit **urbain, régional ou rural**

Le **Contrôle des l'EMISSIONS** vers le monde extérieur s'effectue à une distance de 10 m du centre de la voie et pour des fréquences inférieures à 1 GHz



- 1 - mesure de bruit du site d'essai
- 2 - mesure d'émissions lorsque le véhicule est à l'arrêt
- 3 - mesure d'émissions lorsque le véhicule est en mouvement

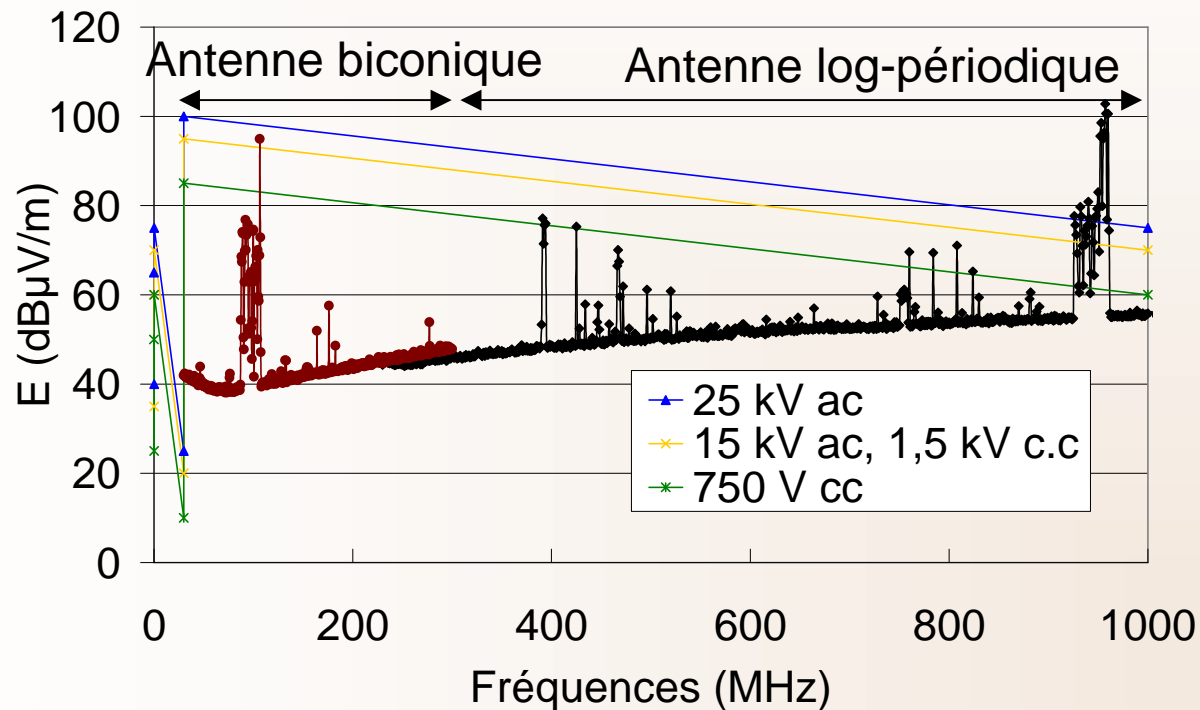
# Les mesures d'émissions EM



Les niveaux d'émissions mesurés ne doivent pas excéder un gabarit fixé par la norme et qui est identique quelque soit l'environnement d'insertion. Le gabarit dépend du mode d'électrification de la ligne.

# Les mesures d'émissions EM

Exemple de spectre mesuré en environnement « semi-urbain »  
(mesures effectuées à Villeneuve d'Ascq sur le site de l'USTL)



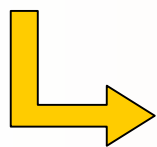
Le site de mesure possède parfois des niveaux de bruit EM qui excèdent les gabarits à respecter – impossibilité de discerner les émissions provenant du système de transport

# *La norme NF 50121 et les particularités de l'environnement urbain et régional*

En environnement urbain:

- Des systèmes sensibles peuvent être situés à des distances inférieures à 10 m de la voie
- Le niveau de bruit ambiant est parfois supérieur aux niveaux d'émissions maximum que le système de transport ne doit pas excéder, ce qui ne permet pas d'identifier les perturbations supplémentaires produites par le systèmes de transport

En conséquence, l'application des normes du domaine ferroviaire ne suffit pas pour garantir rigoureusement la CEM entre les systèmes de transport et l'environnement urbain

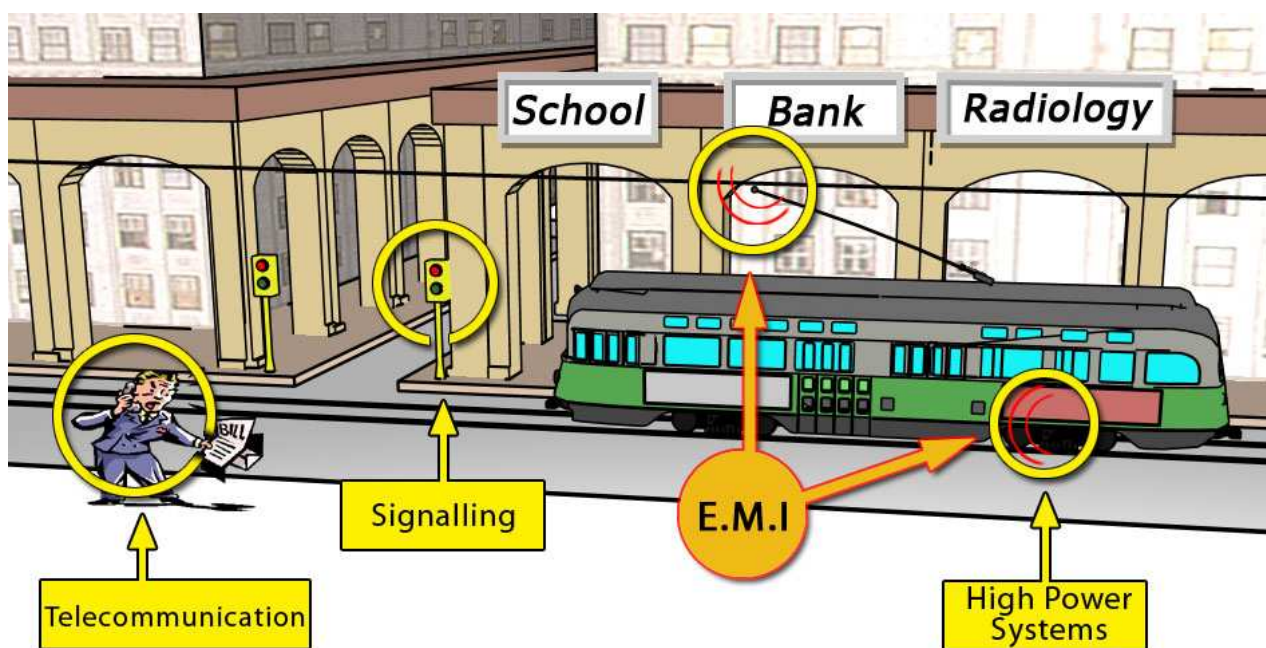


Besoin de collaborations étroites entre les structures de recherche et les industriels du ferroviaire afin de développer des approches qui tiennent compte des particularités de l'environnement urbain pour garantir les CEM entre les systèmes de transport et les dispositifs ou services proches



# L'impact de la CEM sur l'insertion des systèmes de transport guidés

Au regard des approches utilisées pour contrôler les émissions EM, il s'avère recommandé d'assurer une distance minimale de 10 m entre le tracé des systèmes de transport et les installations potentiellement sensibles



Les émissions des systèmes de transport pouvant être élevées, on peut s'interroger sur l'installation de certains services à proximité des axes des transports guidés, aussi bien du point de vue de l'exposition des personnes que des équipements sensibles

# L'enjeux CEM pour l'insertion des TG

L'utilisation croissante des télécommunications → augmente l'étendue spectrale de la pollution EM de l'environnement urbain → difficulté à observer les perturbations apportées par un système de transport dans un environnement à forte pollution EM

Développement des technologies et applications de télécommunication



Fréquences supérieures à 1GHz

Augmentation de l'électronique embarquée

Applications externes aux systèmes de transport



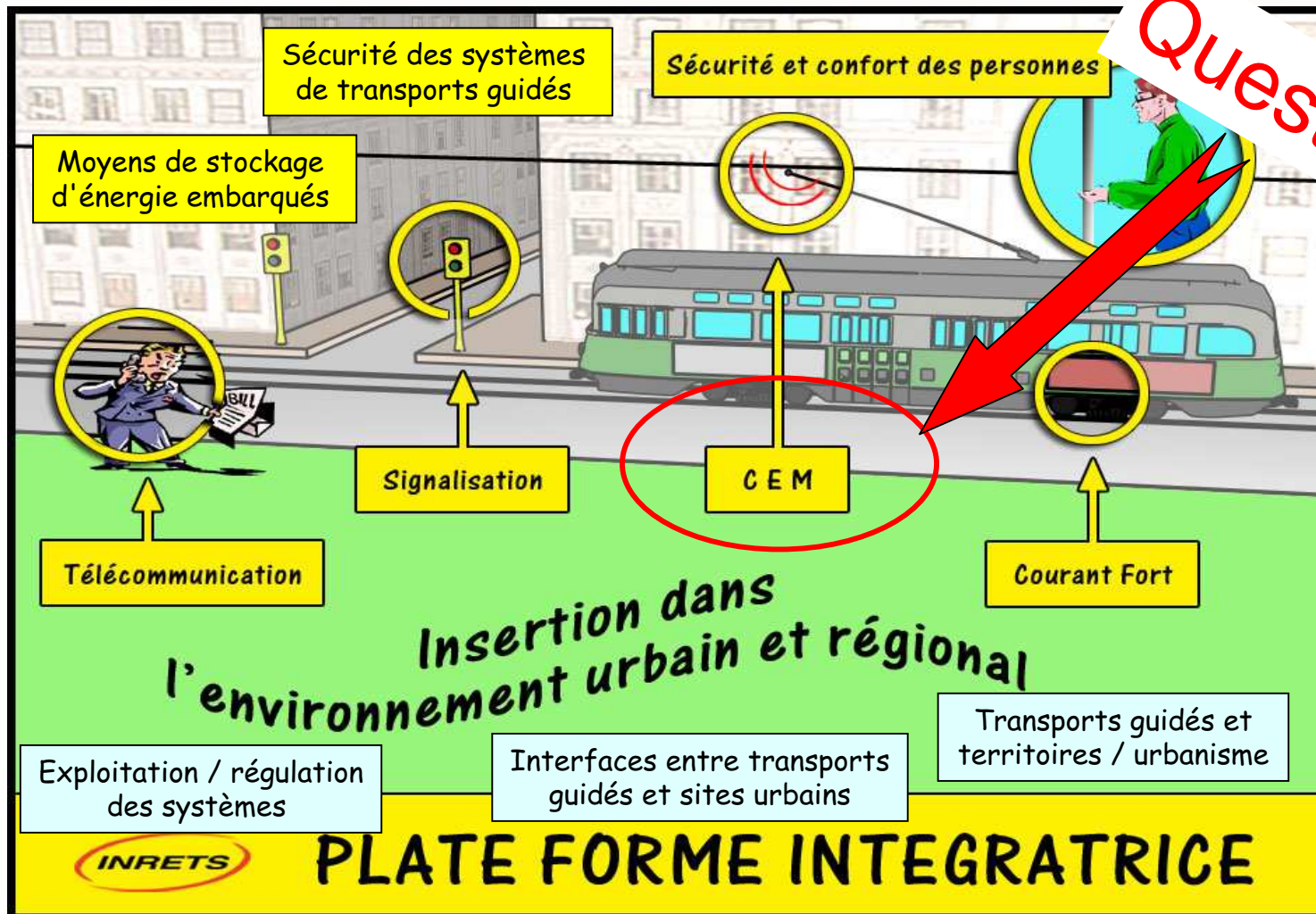
Nouveaux services aux voyageurs pour l'attractivité des transports guidés, informations correspondances



Gestion du réseau de transport trafic, signalisation, communications infrastructure-véhicules



# Impact de la CEM sur l'insertion des systèmes



Questions ?