

La compatibilité électromagnétique des systèmes de recueil de données de trafic

RÉSUMÉ

Cet article concerne la synthèse des recherches, menées en 1994 et 1995 dans le cadre du projet européen DRIVE II EMCATT, sur la compatibilité électromagnétique (émission et immunité) des systèmes de recueil de données de trafic à boucles inductives : capteurs, détecteurs et stations.

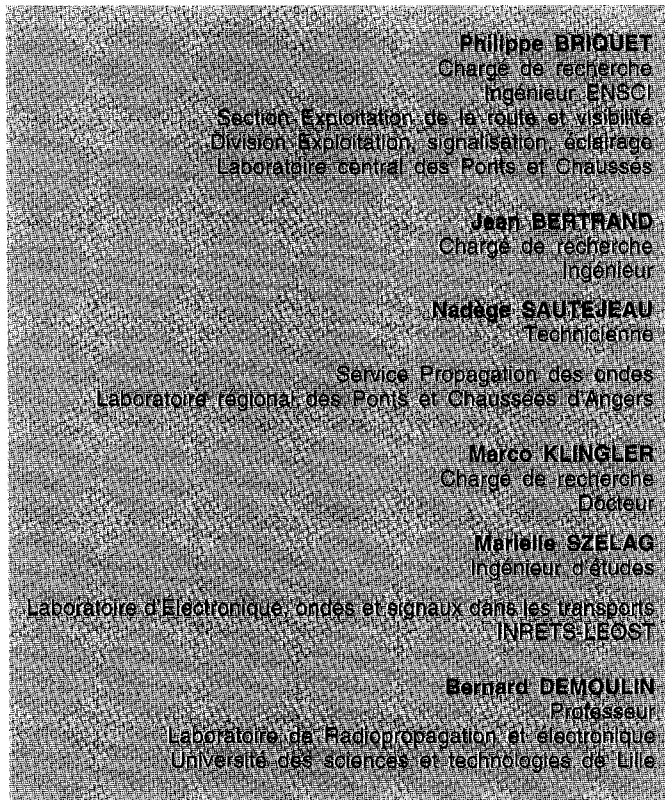
Après un rappel des principes de détection, deux enquêtes, entreprises en Europe dans le cadre du projet, donnent la nature et le pourcentage des dysfonctionnements observés et des remèdes connus. Des relevés *in situ*, effectués sur différents sites urbains, péri-urbains et inter-urbains, ont ensuite permis de mesurer le champ électromagnétique ambiant jusqu'à 1 GHz et les courants induits sur des câbles d'entrée et de sortie des stations de trafic. On a ainsi pu cerner les perturbations les plus pénalisantes. Des essais de laboratoire ont par ailleurs été réalisés, d'abord sur différentes typologies de boucles (avec validation d'un modèle de rayonnement), ensuite sur différents types de détecteurs étudiés ou non en usine vis-à-vis de la compatibilité électromagnétique, et enfin sur station en injectant des perturbations connues pour générer des dysfonctionnements et connaître les niveaux de sensibilité.

Cette recherche permet de donner aux divers groupes de normalisation quelques recommandations simples quant à la conception, à la mise en place et au diagnostic des systèmes de recueil de données, en matière de compatibilité électromagnétique. Ces recommandations complètent les directives et les normes européennes, plus générales.

MOTS CLÉS : 73 - *Électricité - Magnétisme - Trafic - Capteur - Norme - Induction - Interférence électromagnétique - Sécurité - Télécommunication - Informatique - CEE - Compatibilité électromagnétique.*

EXPOSÉ À LA 6TH INTERNATIONAL CONFERENCE OF ROAD TRAFFIC MONITORING AND CONTROL, 23-25 AVRIL 1995, LONDRES.

CET ARTICLE A FAIT L'OBJET D'UNE PUBLICATION DANS DRIVE II PROJECT V2064 « EMAC TT » DELIVERABLE N° 5, FINAL REPORT, SEPTEMBRE 1995 « ELECTROMAGNETIC COMPATIBILITY OF MAGNETIC LOOPS AND ASSOCIATED DETECTORS » .



Introduction

Les équipements dynamiques de signalisation, c'est-à-dire ceux dont l'état varie au cours du temps en fonction de divers paramètres (état du trafic, conditions météorologiques, luminosité ambiante, etc.), peuvent être classés grossièrement dans les familles suivantes :

- métrologie du recueil de données, en temps réel ou différé : capteurs, détecteurs, stations,
- régulation du trafic : feux tricolores, contrôleurs de carrefour,
- gestion du trafic : réseaux d'appel d'urgence, panneaux à messages variables,
- identification et localisation : systèmes de détection automatique d'incident, caméras, transpondeurs, balises,
- météorologie routière : détecteurs de pluie, de verglas et de brouillard,
- éclairage public : luminaires.

Parmi tous ces équipements de la route, une des activités du projet DRIVE II V 2064, intitulé EMCATT (Electromagnetic Compatibility of Advanced Transport Telematics), a traité en 1994 et 1995 de la compatibilité électromagnétique des systèmes de recueil de données à boucles inductives, c'est-à-dire les capteurs boucles eux-mêmes, les détecteurs à boucles et les stations du système national français SIREDO (Système Informatisé de REcueil de DONnées).

Cette étude a eu pour objet de cerner les problèmes spécifiques liés à la « compatibilité électromagnétique » de ces systèmes. Celle-ci pourrait être définie simplement comme étant l'harmonie de fonctionnement des électroniques, tant en « émission » (ne pas gêner l'environnement), qu'en « immunité » (ne pas être gêné par cet environnement).

L'étude a donc consisté à mesurer sur site le niveau des perturbations, à mesurer en laboratoire l'incidence de ces perturbations et à proposer, aux fabricants, aux utilisateurs et aux prescripteurs, quelques remèdes simples.

Principe de la détection

Le principe de la détection [1] est donné sur la figure 1. En l'absence de véhicule, le capteur boucle, réalisé à l'aide de quelques spires de fil de cuivre noyées dans la chaussée, est excité par la carte détecteur, qui envoie à la boucle une fréquence constante (10 à 150 kHz suivant la marque du détecteur). Quand un objet métallique (la carrosserie, le bloc moteur, le pont arrière, etc. d'une voiture, par exemple) passe au-dessus de la boucle, l'inductance de celle-ci décroît puis recroît.

La variation de fréquence ($\Delta f/f$) ou d'inductance ($\Delta L/L$) en fonction du temps, appelée « signature », dépend du type de véhicule et de sa vitesse. Au-dessus d'un seuil prédéterminé, le détecteur change d'état et envoie un signal variable en durée à la station. La station fournit des paramètres de trafic, individuels ou agrégés.

Aujourd'hui, quelques détecteurs donnent directement les paramètres de trafic individuels, véhicule par véhicule, pour les boucles qui leur sont connectées. Les niveaux de technologie, l'architecture et les règles de compatibilité électromagnétique des cartes détecteurs présentes sur le marché sont très disparates [5].

Principaux dysfonctionnements et solutions proposées

La figure 2 présente, de manière synthétique, les conclusions de deux enquêtes, menées en Europe, auprès d'exploitants, d'organismes de recherche et de contrôle et d'industriels, dans le cadre du projet EMCATT [1].

- La partie intérieure du diagramme en secteurs est relative aux dysfonctionnements, avec le pourcentage correspondant de fréquence observée.
- La partie extérieure correspond aux solutions proposées par les enquêtés.

Il apparaît, qu'en dehors des effets de la foudre, les dysfonctionnements sont majoritairement dus aux perturbations conduites ou rayonnées.

Si une perturbation conduite ou rayonnée atteint la station, elle peut induire des données de trafic erronées, voire un blocage de la station.

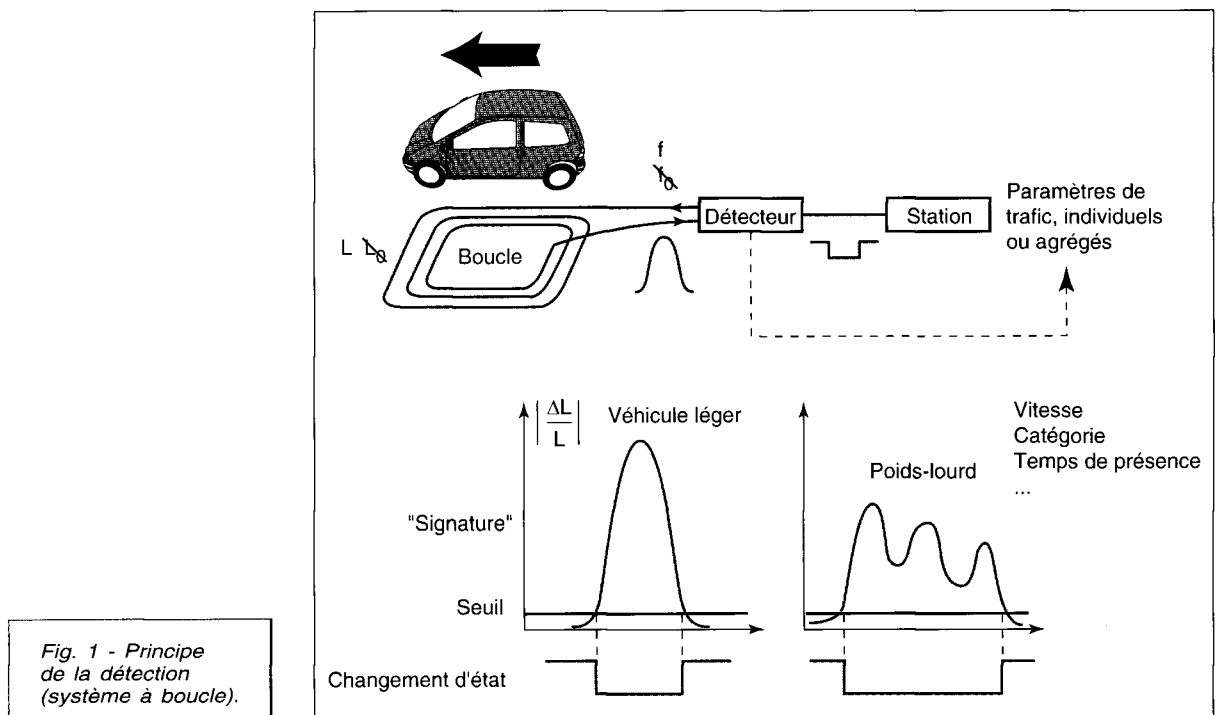


Fig. 1 - Principe de la détection (système à boucle).

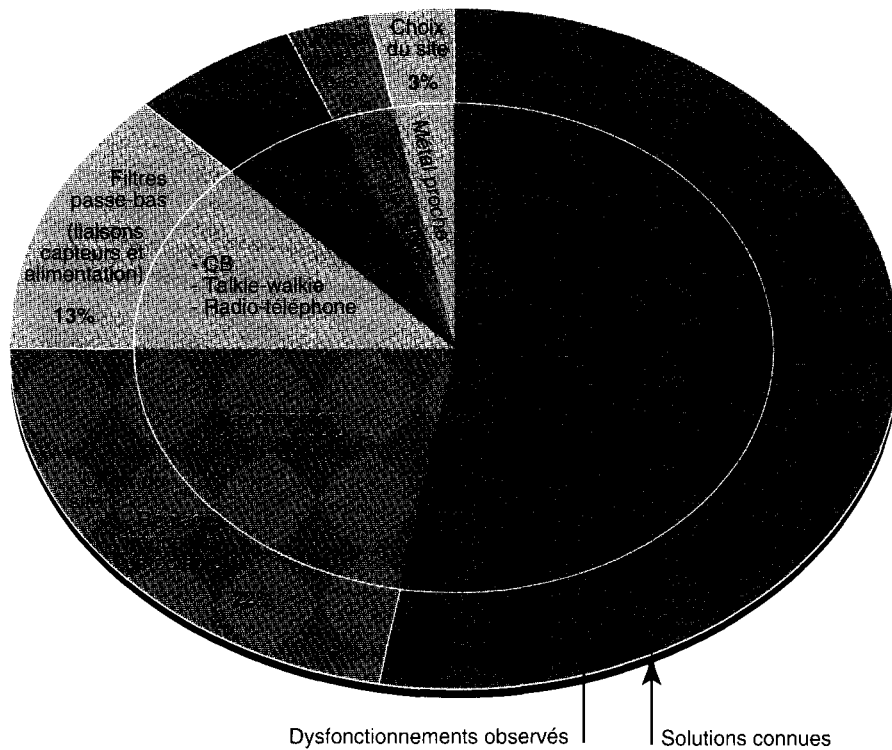


Fig. 2 -
Dysfonctionnements
observés et solutions
proposées.

Mesures sur site

Afin, d'une part, de déterminer les sources réelles de perturbations électromagnétiques et, d'autre part, de les reproduire et de les étudier en laboratoire, des mesures ont été effectuées sur des sites pour lesquels les exploitants ont dit avoir des problèmes [2], [3].

Méthodologie de tests

Les mesures électromagnétiques ont été réalisées sur dix sites français, possédant ou non une station d'analyse de trafic SIREDO. Les sites étaient, soit en rase campagne, soit péri-urbains ou urbains :

- autoroute + TGV rapide (rase campagne),
- autoroute + TGV lent (péri-urbain),
- aéroport + route (péri-urbain),
- autoroute + train (péri-urbain),
- aéroport + lignes THT + autoroute (péri-urbain),
- tramway (ville),
- carrefour (ville),
- voie rapide (ville),
- aéroport + route + navette ferroviaire (péri-urbain),
- aéroport + train (péri-urbain).

□ La composante électrique du champ électromagnétique ambiant était mesurée à l'aide d'une antenne biconique (30 à 300 MHz) et d'une

antenne log-périodique (200 MHz à 1 GHz), connectée à un analyseur de spectre et un oscilloscope rapide. Le champ magnétique était déterminé au moyen d'une antenne boucle (1 kHz à 30 MHz). La figure 3 présente ces différentes antennes. La figure 4 donne un exemple de spectre du champ électromagnétique mesuré jusqu'à 200 MHz par l'antenne biconique.

□ Les courants induits ont été mesurés, sur les câbles entrant ou sortant de la station, à l'aide de sondes de courant (10 kHz à 250 MHz) reliées à un oscilloscope rapide (fig. 5).

Les enregistrements étaient suffisamment longs pour avoir une bonne probabilité de capter les perturbations aléatoires.

La figure 6 présente un exemple d'enregistrement, dans le domaine temporel, des courants induits sur différents câbles entrant (ligne de l'alimentation, retour de boucle) ou sortant (ligne de communication). On peut observer l'effet d'une perturbation, simultanément sur les quatre voies testées, au premier quart de la courbe.

Principaux résultats

Les niveaux maximaux du champ électrique varient de 100 à 120 dB μ V/m (0,1 à 1 V/m), de 60 à 80 dB μ A/m pour le champ magnétique et de 5 à 100 mA pour l'amplitude des courants induits.

Fig. 3 - Types d'antenne utilisés.
(de gauche à droite :
biconique, log-périodique
et boucle).

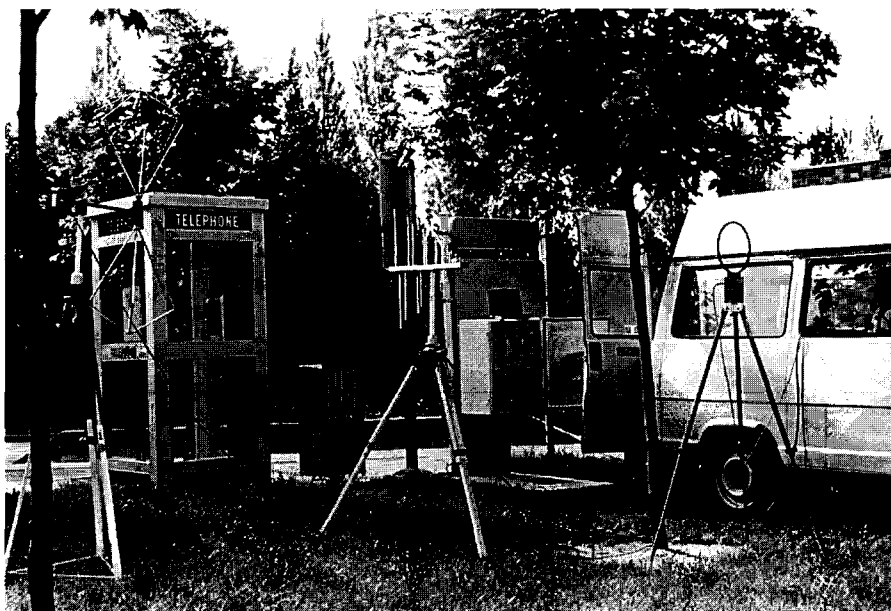
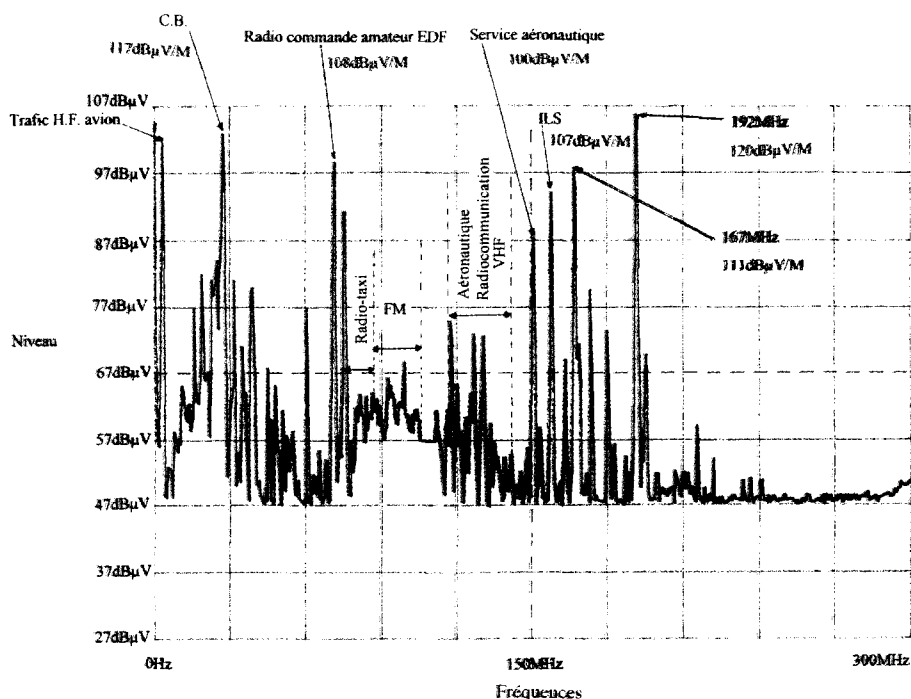


Fig. 4 - Exemple
de spectre mesuré avec
l'antenne biconique.



Les sources les plus importantes d'interférences, observées dans toute la gamme de fréquence comprise entre 0 et 1 GHz, sont :

- les sources de radiofréquences mobiles (citi-zen-band (CB), radio-téléphone),
- les radiocommunications des services aériens ou ferroviaires,
- les lignes à haute tension (TGV, tramway, etc.),

- l'allumage électrique ou électronique des véhicules.

Bien que les dysfonctionnements observés soient rares, aléatoires et pas toujours dus à la compatibilité électromagnétique, nous avons pu mettre en évidence des surcomptages et des blocages de la station [6].

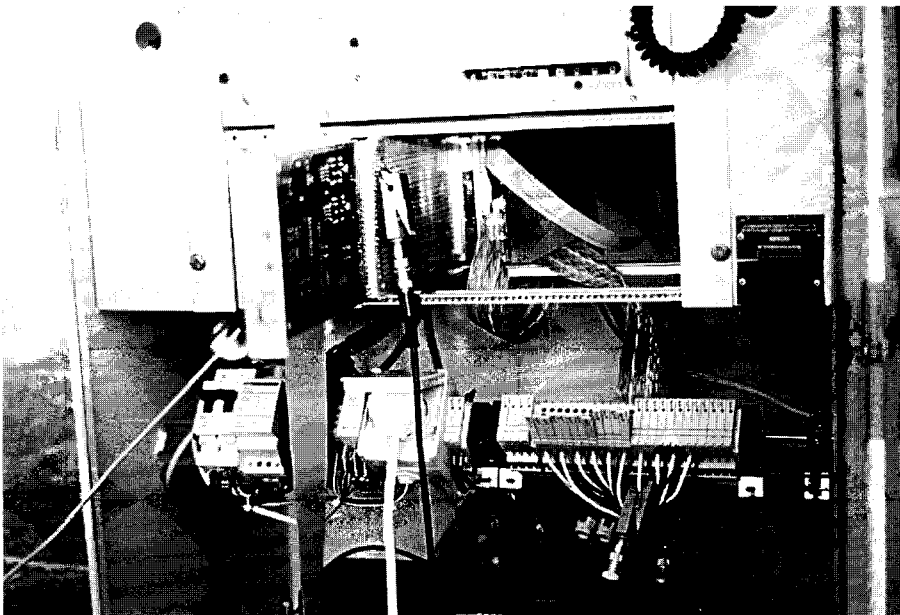


Fig. 5 - Mesures sur site à l'aide de pinces de courant.

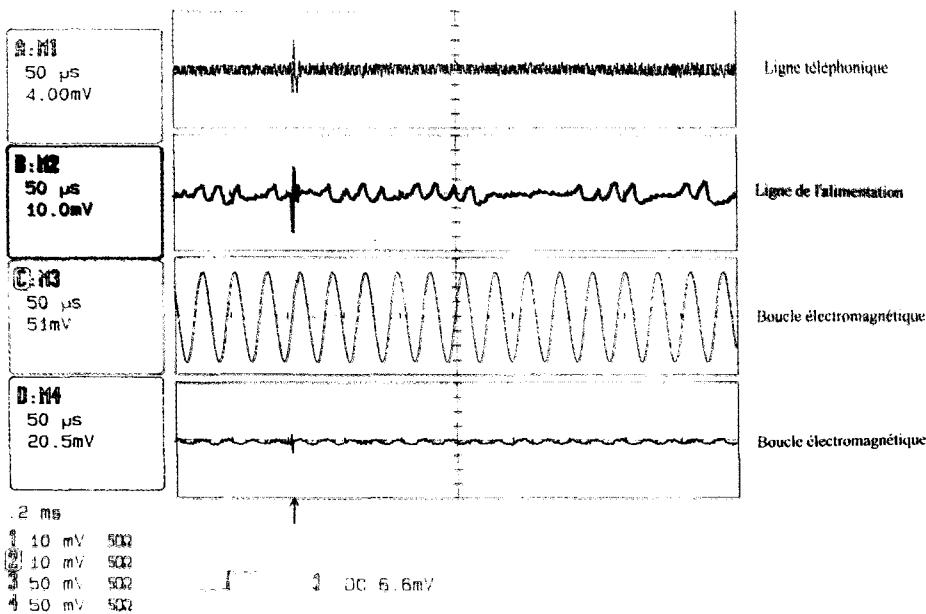


Fig. 6 - Exemple d'enregistrement sur différents câbles de la station.

Études en laboratoire sur les boucles et les détecteurs

Les mesures sur site montrent que, dans la large bande de fréquence de 0 à 1 GHz, on peut observer des défauts sur les équipements. Nous avons donc cherché à reproduire ces phénomènes en laboratoire et à quantifier leurs effets.

Champ produit par une boucle enterrée

La figure 7a montre le champ magnétique réel, en trois dimensions, produit à proximité d'une boucle enterrée [4]. Le courant utilisé pour ces

mesures est de 100 mA et la fréquence de 50 kHz. La boucle est constituée de trois spires. Les mesures sont réalisées à l'aide d'une mini-boucle de cinquante spires et de 50 mm de diamètre, connectée à un analyseur, sur chaque point d'un maillage en X et Y avec un pas de 10 cm. La hauteur Z sol/boucle est de 3, de 10 et de 50 cm. Les champs magnétiques les plus intenses B_z , d'environ 8.10^{-7} T, sont relevés au-dessus des spires.

Un modèle mathématique, développé spécialement en langage Pascal, donne le même type et le même niveau de diagramme (fig. 7b).

Fig. 7 - Champ produit par une boucle enterrée

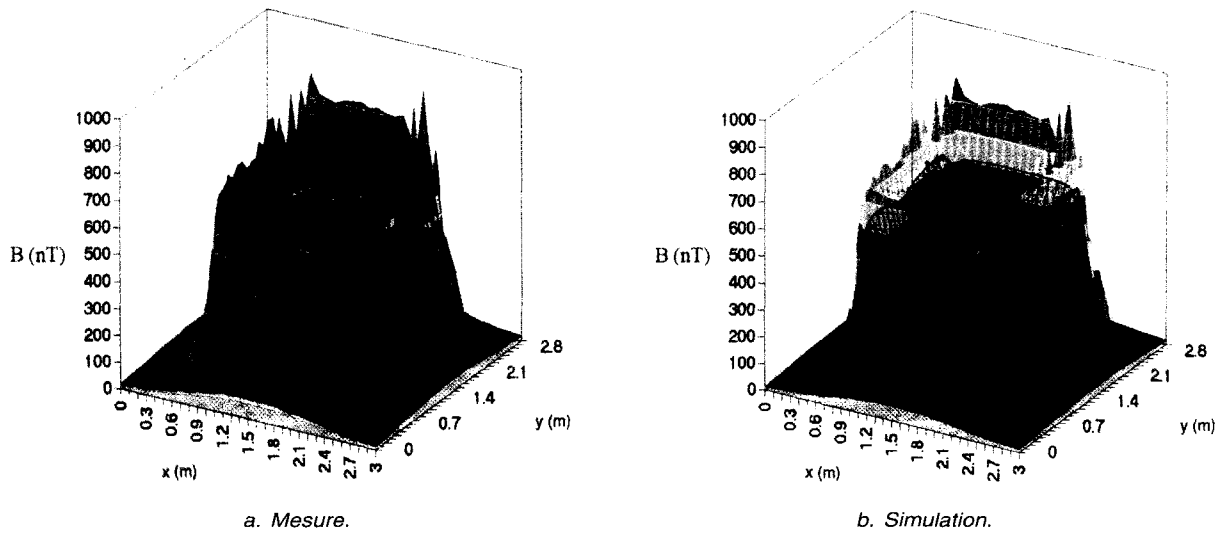
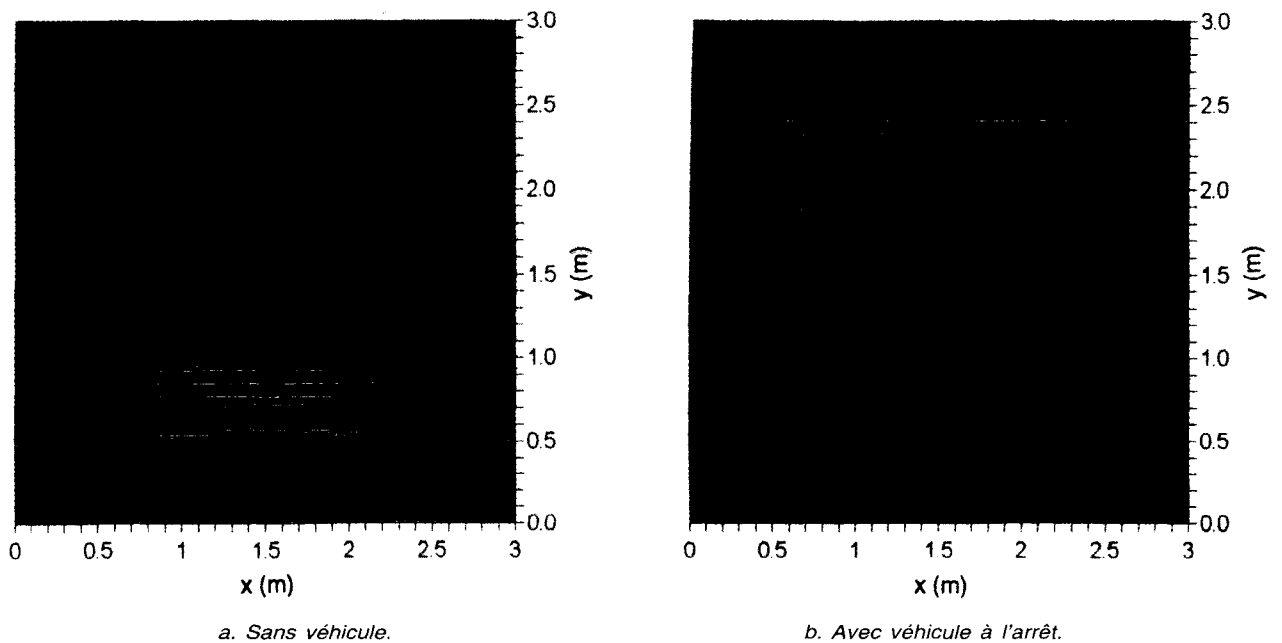


Fig. 8 - Modification du champ magnétique par la présence d'un véhicule



D'autres mesures montrent que le champ magnétique est fortement perturbé par la présence d'un véhicule (fig. 8).

Par ailleurs, des structures métalliques placées près des boucles, telles que des ponts, plaques, grilles, béton ferrillé, etc., ont été simulées par une plaque d'acier située sous une boucle collée. Les résultats montrent une forte atténuation des composantes magnétiques X et Y du champ, quand la distance de séparation est très faible

(quelques centimètres). La composante Z, quant à elle, n'est atténuée que d'un facteur 2.

Le champ électrique théorique \vec{E} (exprimé en $\text{dB}\mu\text{V/m}$) est fonction de la puissance P (en dBm), du gain numérique G (en dB) et de la distance d (en m). Ce champ est donné par la formule :

$$E_{[\text{dB}\mu\text{V/m}]} = 20 \log_{10} \left[\frac{\sqrt{30 \cdot 10^{\frac{PG}{10} - 3}}}{d} \right] + 120$$

Couplage électromagnétique d'une boucle enterrée

En créant un champ électromagnétique, à une distance donnée par les caractéristiques de calibration de l'antenne (3 ou 10 m de la boucle), on détermine le facteur de couplage de la boucle entre le champ et la tension apparaissant à ses bornes [4].

Suivant le champ mesuré (en V/m), le facteur de couplage nous permet d'obtenir la tension induite (en mV) dans la boucle.

On peut donc proposer le graphe de la figure 9 pour le facteur de couplage approché, qui synthétise les différents cas de couplage mesurés et qui peut être consulté en première approximation. Il apparaît, qu'entre 10 MHz et approximativement 250 MHz, le facteur de couplage décroît d'à peu près 30 dB, pour atteindre un niveau constant compris entre -60 et -70 dBi, jusqu'à 1 GHz.

L'équivalence entre la valeur du facteur de couplage et la relation champ/tension est donnée dans le tableau I.

On a indiqué en couleur, dans le tableau I, les niveaux de tension qui seraient incompatibles avec les niveaux de tension normaux, présents aux entrées des cartes détecteurs associées.

Par ailleurs, la figure 9 montre que les problèmes de compatibilité électromagnétique les plus cruciaux, provenant du couplage sur les boucles enterrées, apparaissent en dessous d'une fréquence de 200 MHz. C'est typiquement le cas des émetteurs portables, fixes ou mobiles, utilisés pour les communications entre utilisateurs de CB, les services d'urgence ou les autorités [6].

Tests de susceptibilité des détecteurs à boucles

Plusieurs cartes détecteurs ont été testées en cellule « Stripline » (1 à 200 MHz). Le champ est fourni par un générateur et un amplificateur. Un ordinateur, connecté au détecteur par des fibres optiques (insensibles aux interférences électromagnétiques), pilote celui-ci et collecte les informations.

La direction du champ électromagnétique est constante. La carte détecteur en test, reliée à son interface optique, est placée au centre de la cellule « Stripline » (fig. 10). Elle est soumise aux ondes incidentes électromagnétiques suivant quatre orientations conventionnelles (couplage électrique pur, hybride maximal, électrique opposé maximal, hybride opposé maximal).

Le critère de test consiste à utiliser une fonction enveloppe, offerte par de nombreux oscilloscopes

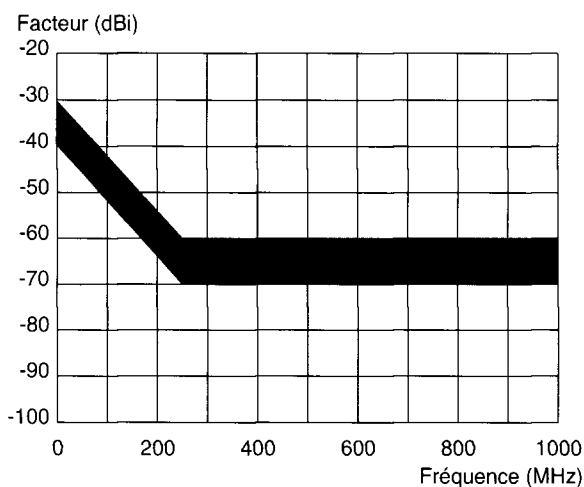


Fig. 9 - Intervalle du facteur de couplage maximal en fonction de la fréquence.

TABLEAU I
Correspondance entre la puissance du champ électromagnétique, le facteur de couplage et le courant induit

Facteur de couplage	Tension sous un champ électromagnétique de puissance				
	1 V/m	3 V/m	10 V/m	30 V/m	100 V/m
-20 dBi	100 mV	300 mV	1 V	3 V	10 V
-30 dBi	30 mV	100 mV	300 mV	1 V	3 V
-40 dBi	10 mV	30 mV	100 mV	300 mV	1 V
-50 dBi	3 mV	10 mV	30 mV	100 mV	300 mV
-60 dBi	1 mV	3 mV	10 mV	30 mV	100 mV
-70 dBi	300 μV	1 mV	3 mV	10 mV	30 mV
-80 dBi	100 μV	300 μV	1 mV	3 mV	10 mV

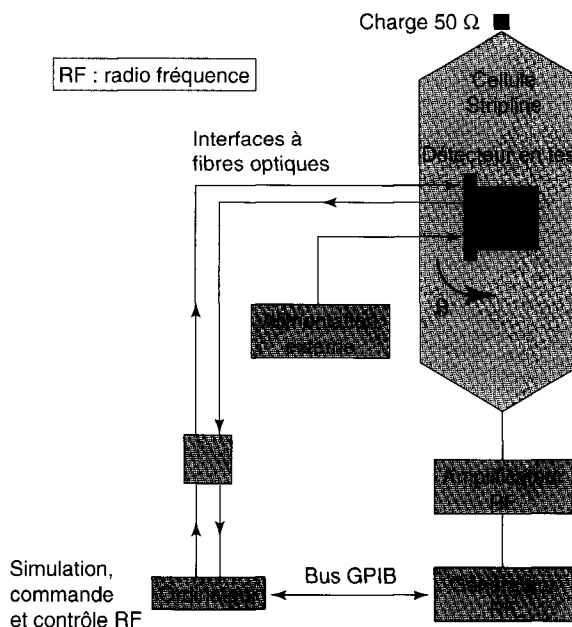


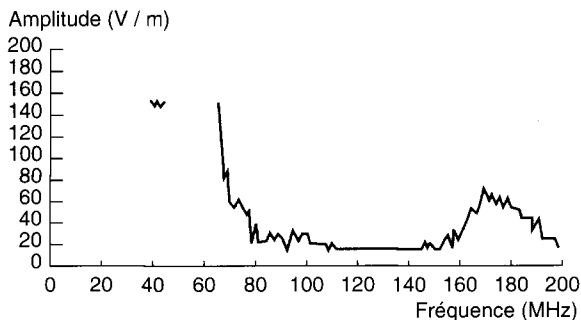
Fig. 10 - Tests de sensibilité des détecteurs à boucle.

numériques. Pour chaque carte détecteur testée, une première opération consiste à créer l'enveloppe autour des signaux de changement d'état produits par le détecteur en test. Il est alors possible d'adapter le profil de l'enveloppe au type de détecteur et d'un changement d'état sur la variation d'amplitude ΔV , et/ou sur la variation de durée Δt .

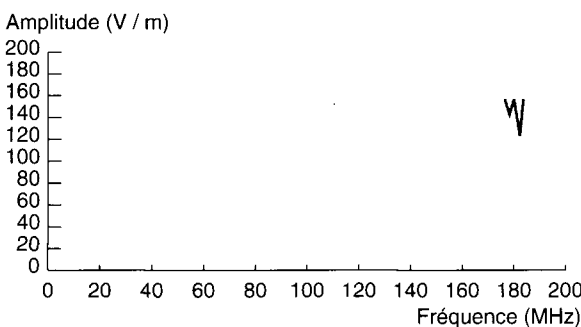
Les essais font apparaître qu'un champ électrique de 10V/m peut induire des erreurs sur un détecteur non étudié pour la compatibilité électromagnétique lors de sa conception. La figure 11a montre que la bande de fréquence la plus critique est comprise entre 80 et 160 MHz ; or celle-ci est couramment utilisée en radiocommunications.

En revanche, si le détecteur est conçu en respectant les règles de compatibilité électromagnétique (carte à quatre couches avec plan de masse, par exemple), l'immunité est très bonne pratiquement dans toute la bande de fréquence (fig. 11b) [5].

Fig. 11 - Immunité d'un détecteur



a. Mauvais détecteur (conçu hors règles de compatibilité électromagnétique).



b. Bon détecteur (conçu en respectant les règles de compatibilité électromagnétique).

Études en laboratoire sur une station

Une station de recueil de données SIREDO, connectée à un ordinateur via une liaison à fibres optiques, a été soumise à des perturbations électromagnétiques, jusqu'à 150 MHz.

Couplage électromagnétique des boucles

Une étude préliminaire a été effectuée en excitant la boucle de trafic par une autre boucle mobile reliée à une source électromagnétique. Les véhicules étaient simulés en déplaçant une plaque métallique devant la boucle. On a mis en évidence des défauts du détecteur : surcomptage et données incorrectes. Les mêmes défauts ont été observés lorsque des postes de CB ou talkie-walkie émettaient à proximité.

Injection de courant perturbateur. Niveau de sensibilité

Le courant est injecté au moyen d'une source électromagnétique entre 50 et 150 MHz (la bande de fréquence la plus « sensible » de la station), dans le blindage du câble reliant un capteur boucle à la station via le détecteur. L'amplitude du courant est augmentée jusqu'à l'obtention de l'un des deux défauts suivants :

- donnée erronée (incrément du compteur de véhicules) due au détecteur,
- remise à zéro de la carte mère (dite CPU : Central Processor Unit) de la station.

La valeur du courant I entraînant un défaut est considérée comme le niveau de sensibilité du système.

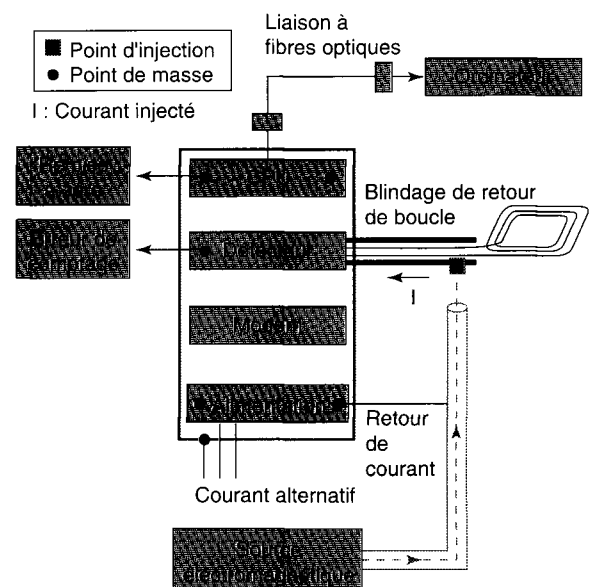


Fig. 12 - Tests de laboratoire sur une station de mesure de trafic SIREDO.

Deux types de cartes électroniques CPU sont testées :

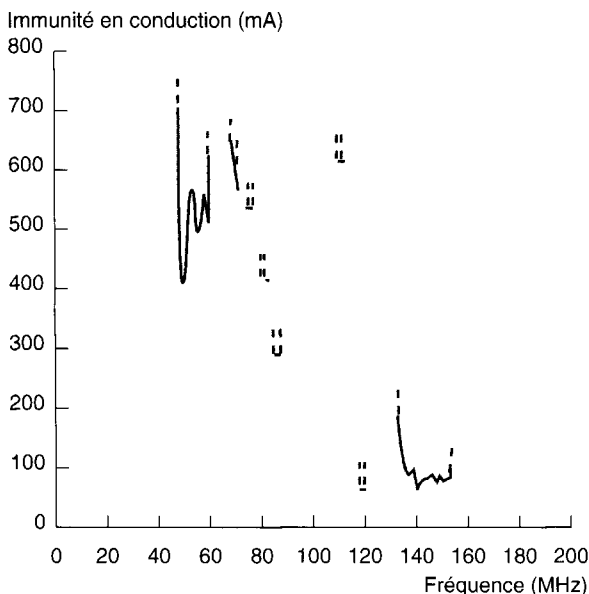
- une carte standard à deux couches,
- une carte à quatre couches avec plan de masse, spécialement conçue pour la compatibilité électromagnétique.

Différents points de masse sont testés à l'intérieur de la station. Ils déterminent le trajet de retour du courant perturbateur (fig. 12).

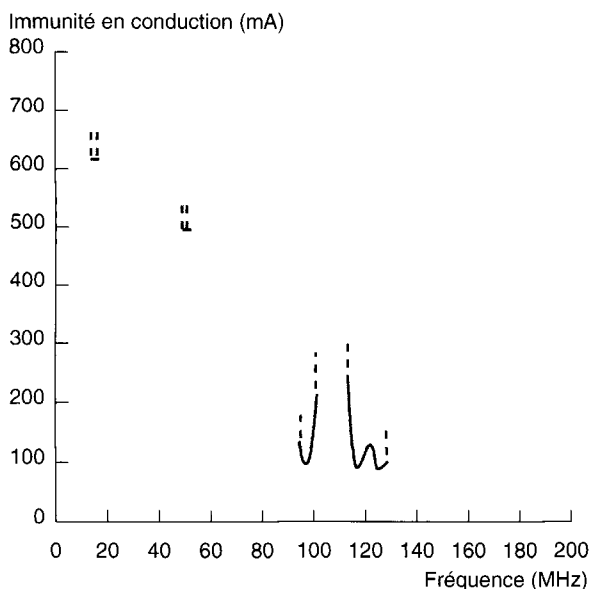
On a mis en évidence que :

- le niveau de sensibilité dépend de la localisation du point de masse. Le point donnant le moins bon résultat est situé sur la face avant métallique de la carte CPU ;

Fig. 13 - Immunité d'une carte CPU



a. Carte standard
(non étudiée pour la compatibilité électromagnétique).



b. Carte étudiée pour la compatibilité électromagnétique.

- une carte CPU à quatre couches avec plan de masse n'a pas d'effet bénéfique lorsqu'elle est utilisée avec un détecteur à deux couches standard. Mais le système est moins sensible à une remise à zéro de la carte CPU, avec la carte « étudiée pour la compatibilité électromagnétique » (fig. 13b) qu'avec la carte standard « non étudiée pour la compatibilité électromagnétique » (fig. 13a) [3], [6].

Normalisation de la compatibilité électromagnétique et équipements de la route

La directive européenne CEE 89/336

Cette directive [7], publiée le 3 mai 1989 et modifiée en 1992 par la directive CEE/92/31, traite du « respect de la sécurité de la ressource naturelle de l'environnement électromagnétique ». Elle est d'application obligatoire après le 1er janvier 1996 pour tous les produits électriques ou électroniques manufacturés ou vendus après cette date.

□ Trois objectifs sont définis :

- assurer une protection suffisante contre les interférences électromagnétiques causées par les équipements électriques et électroniques, pour les équipements et systèmes de radiocommunications ;
- assurer le bon fonctionnement des réseaux d'énergie et des équipements qui leur sont connectés ;
- éliminer toute entrave à la libre circulation des biens électriques et électroniques dans l'espace européen.

□ Pour la certification de la compatibilité électromagnétique, trois procédures peuvent être retenues dans notre cas :

- procédure 10-1 : Autocertification. Cette procédure est choisie si les normes existent déjà et sont applicables au produit. Le fabricant réalise lui-même ses tests ou il les fait réaliser ;
- procédure 10-2 : Document technique pour la conception. Si les normes n'existent pas ou si des contraintes ne permettent pas de suivre ces normes, le fabricant fait appel aux services d'un organisme compétent ;
- procédure 10-5 : Certification CE (*). Cette procédure concerne les équipements de radiocommunications. Le fabricant fait appel aux services d'un organisme notifié.

Dans tous les cas, une déclaration de conformité et un marquage CE (*) sont effectués ou apposés par le fabricant.

Les autorités compétentes de chaque pays ont en charge la vérification et le contrôle de ces déclarations. C'est, en particulier, le cas des fabricants ou vendeurs de systèmes à boucles électromagnétiques.

(*) CE signifie « Communauté Européenne ».

Les normes générales de compatibilité électromagnétique

Elles peuvent être divisées en quatre familles :

- normes fondamentales,
- normes génériques,
- normes de familles de produits,
- normes de produits.

Ces normes, pour la plupart européennes (EN), décrivent les décharges électromagnétiques, les transitoires et les émissions radiofréquence. Elles donnent différents niveaux d'immunité (exemple : 10 V/m), dépendant du site.

Un document de l'Union technique de l'électricité [8] rassemble les principales normes concernées.

Le problème des systèmes à boucles électromagnétiques

À notre connaissance, les normes spécifiques de compatibilité électromagnétique aux systèmes à boucles n'existent pas, à l'heure actuelle, en Europe.

Cependant, on peut noter deux projets de texte de normes françaises, réalisés sous la tutelle de l'Union technique de l'électricité, en ce qui concerne l'émission et l'immunité des équipements de la route [9]. Mais ces projets de normes ne sont pas spécifiques aux systèmes à boucles.

En fait, ceux-ci posent deux problèmes importants :

- ces systèmes ont des câbles de connexion à la fois internes et externes. Il est important de tester l'ensemble du système, en incluant ces câbles de longueur significative ;
- on dispose, en général, de peu d'informations sur l'environnement électromagnétique où sera placé le système.

En d'autres termes, la notion de frontière n'est pas claire. Nous ne pouvons donc pas appliquer directement les normes générales, écrites pour les équipements, à nos systèmes complexes.

Propositions de compatibilité électromagnétique à l'usage des concepteurs, des utilisateurs et des prescripteurs

Conception

La compatibilité électromagnétique suppose le respect de règles de base, au niveau de la conception des stations et de leurs sous-ensembles [10] :

- blindage (station),
- terre (détecteurs, station),

- filtres (détecteurs, station),
- conception des circuits (détecteurs, station). En particulier, l'usage de cartes « durcies » (étudiées pour la compatibilité électromagnétique ; par exemple : quatre couches avec plan de masse) est recommandée,
- câbles (détecteurs, station, ligne de communication). Notamment, la séparation entre conducteurs de puissance et de signaux, les fils torsadés par paires et blindés est vivement conseillée,
- composants (détecteurs, station) consommant et rayonnant peu.

Installation

Là encore, des règles simples peuvent être proposées :

- choisir, si cela est possible, une bonne localisation, (par exemple, éloignement par rapport à des objets métalliques fixes tels que ponts, grilles, béton armé, etc.),
- choisir les câbles (mêmes recommandations que lors de la conception),
- veiller à la bonne mise à la terre et à la présence de parafoudres efficaces.

Contrôle d'une station sur site

Les investigations, que nous avons effectuées sur site, nous conduisent à recommander la démarche suivante, en quatre étapes.

❶ Vérifier tous les réglages (par exemple, le plan de fréquence des détecteurs). En effet, certains dysfonctionnements ne sont pas dus à la compatibilité électromagnétique et peuvent être résolus rapidement et définitivement.

❷ Mesure du champ électromagnétique ambiant. Concernant les capteurs, une antenne dipôle semble pouvoir identifier le champ dans toutes les directions, spécialement dans la gamme de fréquence critique de 0 à 150 MHz. Mais, une investigation avec plusieurs antennes (boucle, biconique, log-périodique) permet de couvrir une plus large bande de fréquence (jusqu'à 1 GHz). Au niveau des équipements, un analyseur de spectre utilisé en mode « retenue des valeurs maximales » est conseillé.

❸ Mesure des courants induits sur différents câbles entrant ou sortant de la station, en particulier : les câbles de communication, de puissance du détecteur ou du modem et de retour de boucle. Pour cela, il est souhaitable d'utiliser, au niveau des capteurs, une ou plusieurs sondes de courant et, au niveau de l'appareillage, un oscilloscope rapide pour l'acquisition des signaux transitoires. La durée d'investigation doit être suffisamment longue, car la plupart des phénomènes perturbateurs présentent un caractère très aléatoire.

④ Si le champ magnétique ambiant et/ou les courants induits sont importants, une analyse plus fine en laboratoire, telle que décrite précédemment (tests des détecteurs en cellule « Stripline », injection de courant perturbateur sur station, etc.), peut s'avérer nécessaire.

Conclusion

La compatibilité électromagnétique des équipements électroniques est un problème général :

- dans l'espace, puisque tous les équipements (et, notamment, les équipements de la route) sont concernés,
- dans le temps, car il est à craindre que la pollution électromagnétique croisse dans un futur proche.

Le projet européen Drive II EMCATT avait, entre autres, comme objet la compatibilité électromagnétique (à la fois en émission et en immunité) des systèmes à boucles inductives, c'est-à-dire les capteurs, les détecteurs et les stations de trafic.

Après un état de l'art sur les principales causes de perturbations, des mesures sur sites ont permis de quantifier le niveau du champ électromagnétique ambiant et des courants induits dans les câbles entrant et sortant de la station. Des mesures de laboratoire ont permis de connaître l'influence de ces perturbations sur les différents sous-ensembles de ce système complexe et sur le système entier.

Enfin, les connaissances acquises et le développement des méthodologies utilisées ont permis de proposer des conseils simples pour les concepteurs, les utilisateurs et les prescripteurs de tels systèmes.

En effet, plus les problèmes de compatibilité électromagnétique sont traités tôt (par exemple, à la conception des produits), moins le temps et le coût de remise à niveau seront élevés.

Enfin, cette étude est un élément de réponse aux questions des fabricants et des utilisateurs qui doivent satisfaire aux exigences essentielles de la directive européenne en matière de compatibilité électromagnétique.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] TESTINI Ch., BERTRAND J., ALIBERT L., BRIQUET Ph. (1994), *Electromagnetic compatibility of magnetic loops and associated detectors*, State-of-the-Art EMCATT.- déc.
- [2] SAUTEJEAU-MORICEAU N., BERTRAND J., SZELAG M., KLINGLER M. (1995), *Electromagnetic environment prospecting on road equipment*, EMCATT Activity 2, juin.
- [3] DEMOULIN B., DEGARDIN D. (1995), *EMC trials on road equipments in laboratory*, EMCATT WP2 Activity 3, juin.
- [4] KLINGLER M., RIOULT J. (1995), *Electromagnetic compatibility of magnetic loops*, EMCATT WP2 Activity 3, août.
- [5] KLINGLER M., RIOULT J. (1995), *Electromagnetic Immunity of loop detectors*, EMCATT WP2 Activity 3, août.
- [6] EMCATT Partners (1995), *Information Handbook*, EMCATT Workshop in Brussels, 29 juin.
- [7] Directive 89/336/CEE, Compatibilité électromagnétique, mai 1989, modifiée par la directive 92/31/CEE, janv. 1992.
- [8] Union Technique de l'Électricité (1995), *Recueil sur la compatibilité électromagnétique*, mai.
- [9] Union Technique de l'Électricité, *Équipements de la route. Équipements électrique et électronique fixes, permanents ou temporaires. Compatibilité électromagnétique ; partie 1 : Émission, partie 2 : Immunité*, (à paraître).
- [10] BRIQUET Ph. (1995), *Electromagnetic compatibility of magnetic loops and associated detectors*, EMCATT, Deliverable n° 5, section 3/6, Final Report, sept.

ABSTRACT

The electromagnetic compatibility of traffic data-gathering systems

Ph. BRIQUET, J. BERTRAND, N. SAUTEJEAU, M. KLINGLER, M. SZELAG, B. DEMOULIN

This article deals with the consolidation of research carried out in 1994 and 1995 in the context of the DRIVE II EMCATT European project on the electromagnetic compatibility (radiation and immunity) of traffic data-gathering systems incorporating electromagnetic loops, sensors, detectors and stations.

After reviewing the principles of detection, the authors refer to two surveys conducted in Europe under this project, giving the nature and percentage of cases of malfunctioning observed and the remedies known. In situ observations made on different urban, peri-urban and inter-urban sites subsequently made it possible to measure the ambient electromagnetic field up to 1 GHz and the currents induced in the input and output cables of traffic recording stations. This identified the most damaging perturbations. Laboratory tests were also carried out, first on different types of loop (with validation of a radiation model), then on different types of detector (tested at the factory or otherwise) in relation to electromagnetic compatibility, and finally on traffic stations by introducing known faults so as to generate malfunctioning and establish levels of sensitivity.

This research enables various standardization groups to be given some simple recommendations concerning the design, installation and diagnosis of data-gathering systems where electromagnetic compatibility is concerned. These recommendations complement more general European directives and standards.