
**Véhicules routiers — Perturbations
électriques par rayonnement d'énergie
électromagnétique à bande étroite —
Méthodes d'essai des véhicules —**

Partie 2:

Source de rayonnement hors du véhicule

AMENDEMENT 1

*Road vehicles — Electrical disturbances by narrowband radiated
electromagnetic energy — Vehicle test methods —
Part 2: Off-vehicle radiation source*

AMENDMENT 1



Avant-propos

L'ISO (Organisation internationale de normalisation) est une fédération mondiale d'organismes nationaux de normalisation (comités membres de l'ISO). L'élaboration des Normes internationales est en général confiée aux comités techniques de l'ISO. Chaque comité membre intéressé par une étude a le droit de faire partie du comité technique créé à cet effet. Les organisations internationales, gouvernementales et non gouvernementales, en liaison avec l'ISO participent également aux travaux. L'ISO collabore étroitement avec la Commission électrotechnique internationale (CEI) en ce qui concerne la normalisation électrotechnique.

Les projets de Normes internationales adoptés par les comités techniques sont soumis aux comités membres pour vote. Leur publication comme Normes internationales requiert l'approbation de 75 % au moins des comités membres votants.

L'Amendement 1 à la Norme internationale ISO 11451-2:1995 a été élaboré par le comité technique ISO/TC 22, *Véhicules routiers*, sous-comité SC 3, *Équipement électrique et électronique*.

iTeh STANDARD PREVIEW (standards.iteh.ai)

[ISO 11451-2:1995/Amd 1:1997](https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/428b65cf-02e2-483e-b39e-1021671f2e3d/iso-11451-2-1995-amd-1-1997)

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/428b65cf-02e2-483e-b39e-1021671f2e3d/iso-11451-2-1995-amd-1-1997>

© ISO 1997

Droits de reproduction réservés. Sauf prescription différente, aucune partie de cette publication ne peut être reproduite ni utilisée sous quelque forme que ce soit et par aucun procédé, électronique ou mécanique, y compris la photocopie et les microfilms, sans l'accord écrit de l'éditeur.

Organisation internationale de normalisation
Case postale 56 • CH-1211 Genève 20 • Suisse
Internet central@iso.ch
X.400 c=ch; a=400net; p=iso; o=isocs; s=central

Imprimé en Suisse

Véhicules routiers — Perturbations électriques par rayonnement d'énergie électromagnétique à bande étroite — Méthodes d'essai des véhicules —

Partie 2: Source de rayonnement hors du véhicule

AMENDEMENT 1

Page 12

Ajouter l'annexe suivante.

Annexe B (informative)

Couplage d'un système de lignes de transmission à un dispositif en essai et interprétation des résultats d'essai

<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/428b65cf-02e2-483e-b39e-1021671f2e3d/iso-11451-2-1995-amd-1-1997>

B.1 Introduction

Le couplage d'un champ d'un système de lignes de transmission à un dispositif en essai s'effectue de manière très différente de celui d'une onde électromagnétique rayonnée. Les articles ci-dessous expliquent ces différences et décrivent une méthode pour parvenir à une corrélation réaliste entre les deux mécanismes de couplage.

B.2 Couplage d'un système de lignes de transmission à un objet de grandes dimensions

B.2.1 Modèle

Le véhicule à essayer, placé dans le sens longitudinal sous le système de lignes de transmission générant le champ, est considéré comme une ligne de transmission en interaction avec le système de lignes de transmission. Le mode de couplage est celui des lignes de transmission couplées.

Dans le cas des lignes de transmission couplées, la totalité de la puissance peut être transmise d'une première ligne à la seconde. Cela est possible si les deux lignes sont disposées en parallèle sur une certaine distance appelée longueur critique (l_{cr}). Cette longueur critique dépend de la géométrie de l'assemblage des conducteurs et de la fréquence. La puissance couplée suit une fonction quadratique sinusoïdale le long de la ligne de transmission (voir B.2.3). Cette fonction montre qu'à la moitié de la longueur critique, la moitié de la puissance est transférée de la ligne émettrice à la ligne couplée. Le paragraphe B.2.3 donne une brève description de la théorie du couplage.

Le couplage sous un système de lignes de transmission est un couplage de lignes, c'est-à-dire que les dimensions du dispositif en essai par rapport au système de lignes de transmission influencent considérablement le couplage. La nature du couplage de lignes est totalement différente de celle du couplage par rayonnement avec antennes. Les antennes sont des éléments transmettant et recevant à bande étroite, à diagrammes directionnels.

On peut conclure de ces explications que le couplage de systèmes de lignes de transmission est très puissant. Il diffère considérablement de la transmission de puissance entre deux antennes.

Il ne faut pas attendre de corrélation avec les conditions en champ libre.

B.2.2 Vérification

Les coefficients de couplage résultant du calcul de modèles varient sensiblement. Cela est dû à un manque de précision des estimations des capacités de couplage et des inductances mutuelles dans le modèle. Il est donc nécessaire de vérifier les résultats théoriques en effectuant des mesurages à l'aide d'une cellule TEM.

La cellule TEM simule le système de lignes de transmission dans la chambre d'essai de compatibilité électromagnétique. Un camion est simulé par une ligne TEM à plaques placée à différentes hauteurs sous le septum de la cellule TEM. La ligne TEM à plaques a une résistance terminale de 50Ω aux deux extrémités et l'on mesure la puissance couplée dans la ligne. Pour une ligne TEM à plaques de 1 m de longueur, la puissance maximale a été mesurée à 112 MHz, à une hauteur de 10 cm. La résonance attendue selon le couplage $\lambda/2$ (λ est la longueur d'onde) est approximativement de 150 MHz. Il est possible de modifier cette résonance en changeant le couplage, c'est-à-dire la hauteur de la ligne TEM à plaques dans la cellule TEM. Cela prouve que la longueur critique dépend des coefficients de couplage. Le paragraphe B.2.3 donne une brève description des mesurages et leur interprétation.

Il est important de noter que des résultats de mesurages interprétables ne sont à prévoir qu'aux fréquences où il ne se produit pas de résonance de la chambre.

B.2.3 Considérations techniques et calcul de la fréquence critique pour le couplage en mode électromagnétique transverse

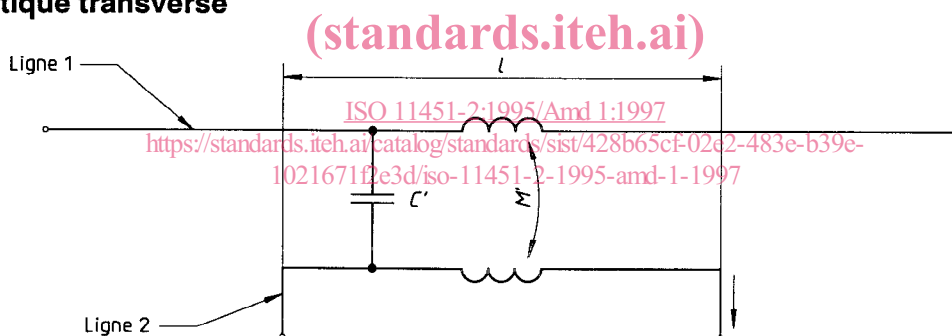


Figure B.1 — Couplage entre lignes de transmission

$$\frac{\partial}{\partial z} \begin{bmatrix} A_1 \\ A_2 \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} -\gamma_1 & \kappa_{AB} \\ \kappa_{AB} & -\gamma_2 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} A_1 \\ A_2 \end{bmatrix} \quad \dots(B.1)$$

où

A_1 et A_2 sont les amplitudes des ondes;

γ_1 et γ_2 sont les constantes de propagation;

κ_{AB} est le facteur de couplage.

La puissance couplée dépend de

- la longueur de couplage, l ;
- la capacité de couplage linéique, c' ;
- l'inductance mutuelle linéique, M' ;

- un facteur de couplage, c , exprimé en mètres à la puissance moins un, calculé à partir de c' et de M' ;
- la fréquence, f .

Pour une ligne de transmission exempte de pertes, le coefficient de couplage est imaginaire:

$$\kappa_{AB} = -jc, \quad \gamma = j\beta \tag{B.2}$$

La puissance relative couplée dans la ligne de transmission 2 le long de l'axe z suit l'équation (B.3) (voir également figure B.2):

$$P_b = \frac{P_2}{P_1} \left(\frac{c^2}{c^2 + \Delta\beta^2} \right) \times \sin^2 \left(z \sqrt{c^2 + \Delta\beta^2} \right) \tag{B.3}$$

où

P_b est la puissance rapportée à P_1 (c'est-à-dire que son unité est 1);

c est le facteur de couplage, en mètres à la puissance moins un;

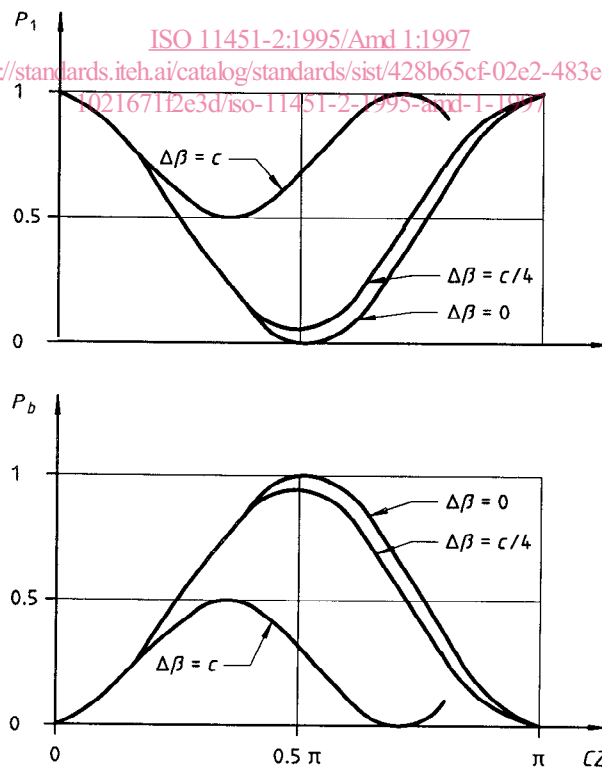
$\Delta\beta$ est la différence entre les déphasages linéiques β_1 et β_2 , divisée par 2, en mètres à la puissance moins un:

$$\Delta\beta = \frac{\beta_1 - \beta_2}{2}$$

z est la coordonnée sur l'axe de propagation, en mètres.

iTech STANDARD PREVIEW
(standards.iteh.ai)

ISO 11451-2:1995/Amd 1:1997
<https://standards.iteh.ai/catalog/standards/sist/428b65cf-02e2-483e-b39e-702167112e3d/iso-11451-2-1995-amd-1-1997>



[Source: UNGER, H.-G., *Elektromagnetische Theorie für die Hochfrequenztechnik* (théorie électromagnétique pour les techniques haute fréquence).]

Figure B.2 — Transformation de puissance de guides d'ondes à couplage homogène dans le sens longitudinal

Pour $\Delta\beta \approx 0$, l'équation (B.3) donne $P_b = \sin^2(cz)$. Les valeurs maximales de P_b sont trouvées pour $\sin^2(cz) = 1$, c'est-à-dire $cz = n(\pi/2)$.

Si la longueur de couplage, z , est égale à l_{cr} , toute la puissance est transférée à la ligne 2. Pour $n = 1$, cette longueur critique de couplage est approximativement

$$z = l_{cr} = \pi/(2c) \quad \dots(B.4)$$

où c est le facteur de couplage: $c \sim c'/\lambda$ et où λ est la longueur d'onde, en mètres.

Alors que l'expression $c \sim c'/\lambda$ décrit la proportionnalité entre le facteur de couplage c et le quotient de la capacité de couplage c' par la longueur d'onde λ , le facteur de couplage c est proportionnel aux différentes capacités entre les conducteurs eux-mêmes et le sol, comme indiqué ci-après:

$$c = (c'/\lambda) \times 2\pi/\sqrt{c'_1 \cdot c'_2} = c''/\lambda \quad \dots(B.5)$$

où

c' est la capacité de couplage entre les lignes 1 et 2, en farads par mètre;

c'_1 est la capacité de la ligne 1, en farads;

c'_2 est la capacité de la ligne 2, en farads;

c est le facteur de couplage des ondes dans les lignes 1 et 2, en mètres à la puissance moins un;

c'' est la relation entre les capacités de couplage réglées par les impédances des lignes couplées:

$$c'' = 2\pi c' / \sqrt{c'_1 \cdot c'_2} \quad \dots(B.6)$$

(c'' est sans dimension).

L'application de l'équation (B.5) dans l'équation (B.4) donne

$$z = l_{cr} = \pi/(2c) = \pi/(2c''/\lambda) = \pi\lambda/(2c'') \quad \dots(B.7)$$

B.2.4 Exemple

L'exemple donné à la figure B.3 représente un camion sous un système de lignes de transmission.

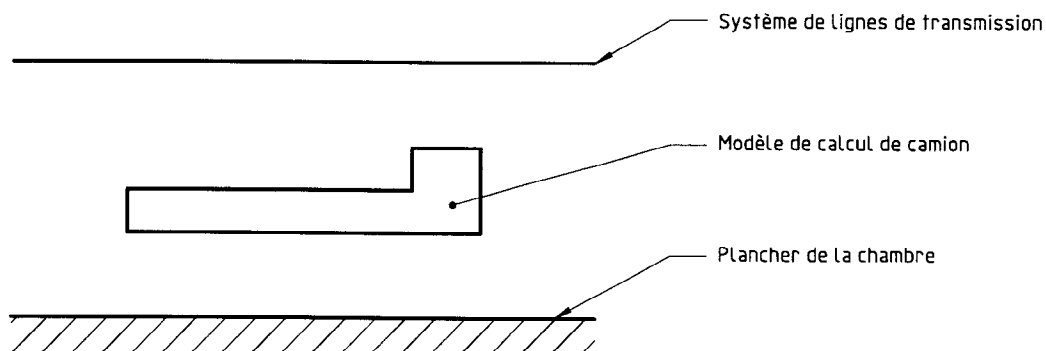


Figure B.3 — Modèle de camion

En utilisant certaines approximations, la capacité de couplage linéique c'' entre le système de lignes de transmission et le modèle de camion reposant sur des dimensions réelles se situe dans la gamme

$$5,6 > c'' > 1,7$$

En insérant ces valeurs dans l'équation (B.7), la longueur critique devient

$$l_{cr} = \pi \lambda / (2c'') = 300 \pi / (2c'' \cdot f) \quad \dots(B.8)$$

avec une valeur répondant à l'inéquation suivante:

$$\frac{84,2}{f} < l_{cr} < \frac{277,2}{f} \quad \dots(B.9)$$

où

f est la fréquence, en mégahertz;

l_{cr} est la longueur critique, en mètres.

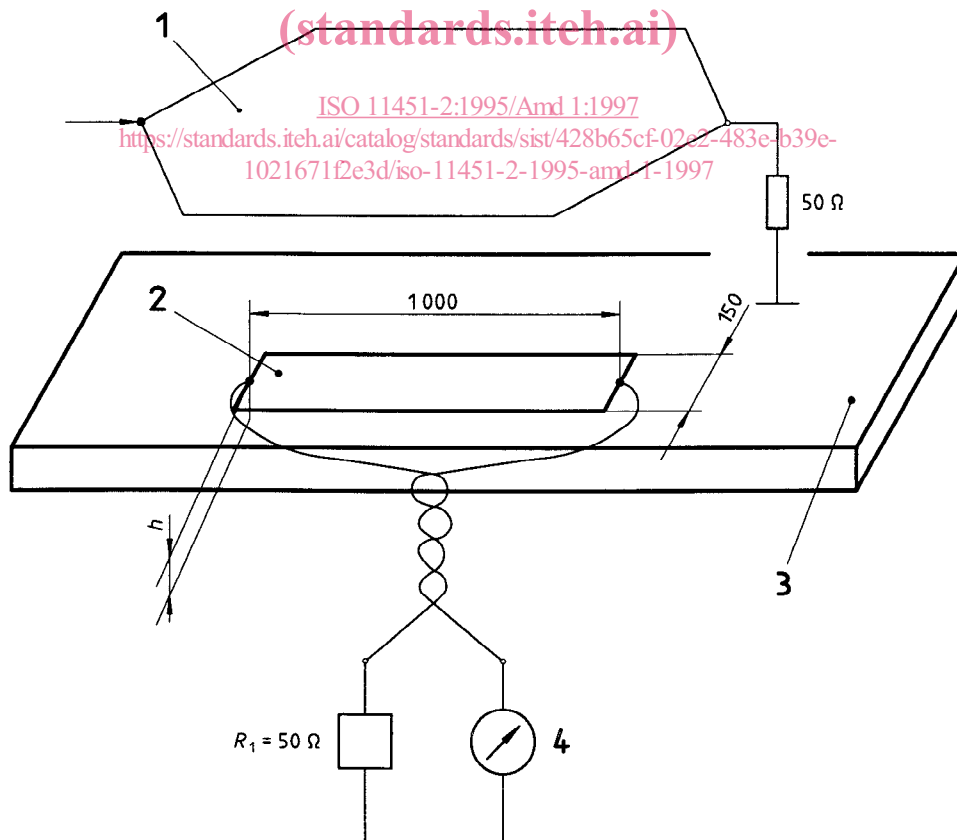
À titre d'exemple, pour une fréquence de 30 MHz, l'équation (B.9) donne

$$2,8 \text{ m} < l_{cr} < 9,2 \text{ m}$$

B.3 Mesurage du facteur de couplage d'un système dans la cellule TEM

iTeh STANDARD PREVIEW
(standards.itech.ai)

Dimensions en millimètres



- 1 Septum
- 2 Microbande
- 3 Sol de la cellule
- 4 Analyseur de spectre

Figure B.4 — Schéma de la disposition dans la cellule TEM

B.3.1 Valeurs calculées

Pour une ligne TEM à plaques ayant une hauteur h de 0,1 m, avec $c'' = 2,84$ (selon des calculs géométriques) et $l_{cr} = 1$ m, on obtient

$$f_{cr} = 166 \text{ MHz}$$

B.3.2 Valeurs mesurées

Pour $h = 0,1$ m (ligne A à la figure B.5), on obtient

$$f_{cr} = 112 \text{ MHz}$$

Avec l'équation (B.8), cela résulte en $c'' = 4,2$ (c'' est sans dimension).

La méthode appliquée pour calculer c'' à partir de la géométrie est celle de MEINKE, GUNDLACH, *Textbook of the RF Technics*. On connaît une méthode plus précise mais elle serait mathématiquement plus compliquée. En prenant cela en compte, la conformité des valeurs calculées et mesurées est acceptable.

B.4 Utilisation des systèmes de lignes de transmission dans la gamme de fréquences allant jusqu'à 30 MHz

Lors de l'utilisation d'un assemblage de conducteurs comme générateur de champ dans une chambre anéchoïque, les résonances des cavités peuvent être excitées par ces conducteurs et par réflexions au niveau des dispositifs en essai. Aucun mesurage ne doit donc être effectué dans les gammes des fréquences de résonance de la chambre car il n'est pas possible d'évaluer les champs résultants.

Les fréquences de résonance de la chambre, $f_{rés}$, peuvent être calculées d'après l'équation

$$f_{rés} = \sqrt{(n_z/a)^2 + (n_x/b)^2 + (n_y/c)^2} / (2 \times \sqrt{\epsilon_0 \cdot \mu_0}) \quad \dots(B.10)$$

où

a, b, c sont respectivement la longueur, la largeur et la hauteur, en mètres;

n_z sont les modes 1, 2, 3 dans la direction z ;

n_x sont les modes 1, 2, 3 dans la direction x ;

n_y sont les modes 1, 2, 3 dans la direction y ;

ϵ_0 est la constante électrique, en farads par mètre;

μ_0 est la constante magnétique, en henrys par mètre.

Les fréquences peuvent également être mesurées. À cet effet, on utilise une antenne courte qui génère un champ dans la chambre. Ce champ est reçu par une deuxième antenne. Il se produit des défauts d'homogénéité du champ aux fréquences de résonance de la chambre.

B.5 Aspects généraux et résultats des mesurages de systèmes de lignes de transmission

En l'absence de dispositif en essai (véhicule), et pour une hauteur donnée du système de lignes de transmission par rapport au plancher de la chambre, le champ est pratiquement constant en tout point situé entre le plancher et le système de lignes de transmission. Pour une puissance d'alimentation constante, la valeur absolue du champ est fonction de la hauteur de l'antenne (ne s'applique que centré sous le système de lignes de transmission).

Lorsqu'un véhicule est installé dans la chambre, le champ est partiellement modifié en fonction de la position du véhicule et de ses dimensions. Si la hauteur du dispositif en essai est plus de la moitié de celle du système de lignes de transmission, l'interaction entre le dispositif en essai et le champ sera forte.

Il est recommandé d'avoir une impédance terminale, Z_a , égale à l'impédance d'onde, Z_w . Il en résultera une ondulation minimale du champ le long de l'axe longitudinal de l'antenne.

Il convient que le point de référence soit centré sous l'antenne. La hauteur y est en effet relativement sans importance tant que la largeur du système de lignes de transmission ne soit pas petite par rapport à celle du véhicule.

B.6 Conclusion

Certains effets physiques doivent être pris en compte en ce qui concerne les systèmes de lignes de transmission. Ces effets sont étudiés plus haut et les conclusions sont étayées par des mesurages et des calculs.

B.6.1 Il existe une étroite interaction entre le système de lignes de transmission et la chambre anéchoïque par l'intermédiaire des résonances de la salle. Les mesurages et les calculs permettent de noter que, à ces fréquences de résonance, décalées du fait de la présence du dispositif en essai (véhicule), l'influence du couplage au véhicule n'est aucunement en corrélation avec le champ d'étalonnage.

Les gammes de fréquences de résonance de la chambre doivent donc être exclues des gammes de mesure afin d'assurer des mesurages reproductibles. En prenant en compte le fait que la présence du dispositif en essai provoque un décalage des fréquences de résonance de la chambre vers des fréquences plus basses, on doit les exclure.

B.6.2 Le système de lignes de transmission placé dans des chambres anéchoïques crée également un couplage de lignes de transmission du champ en mode électromagnétique transverse avec le dispositif en essai. Dans le cas d'un dispositif en essai placé dans le sens longitudinal sous le système de lignes de transmission, cela peut entraîner une activation avec l'onde de la ligne de transmission qui a des caractéristiques totalement différentes de celles d'une onde en espace libre qui affecterait ce dispositif en essai. La puissance transmise au dispositif en essai dépend des facteurs de couplage et de la longueur du dispositif en essai; dans le cas le plus défavorable, cette puissance peut être égale à 100 % de la puissance d'alimentation de la ligne de transmission. Ce couplage de puissance ne pouvant être décrit au moyen du champ, le champ sous le système de lignes de transmission n'est donc pas un bon paramètre. Ces interactions sont décrites en B.2 et il a également été observé qu'elles engendrent des anomalies des valeurs du champ lorsque le dispositif en essai est présent.

B.6.3 Du fait des dimensions des gros dispositifs en essai (camions et bus par exemple), il est très difficile de réaliser un système de lignes de transmission couvrant totalement le dispositif en essai par un champ homogène dans les chambres anéchoïques courantes.