

CARNAUTO

Des besoins en essais normatifs à l'accompagnement en cas de non-conformité CEM de vos produits.



Plus d'innovations pour la compétitivité des PME de l'automobile et de la mobilité

1ère partie

Présentée par: Dr/HDR. Zouheir RIAH

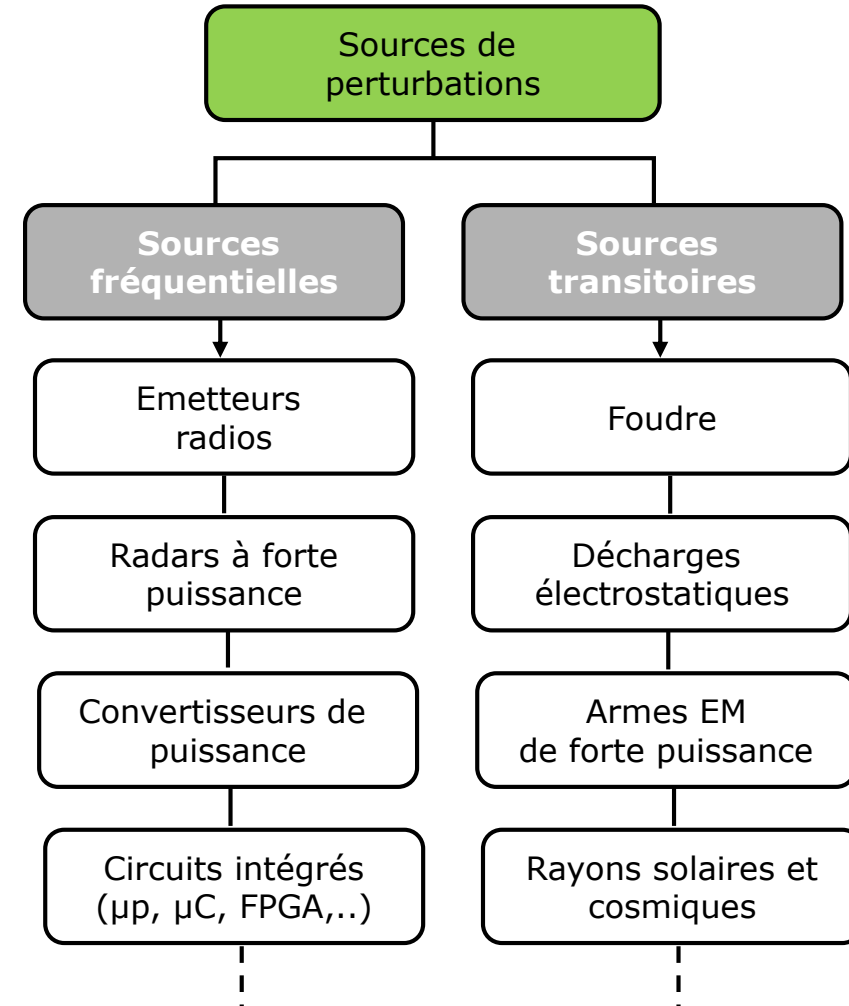
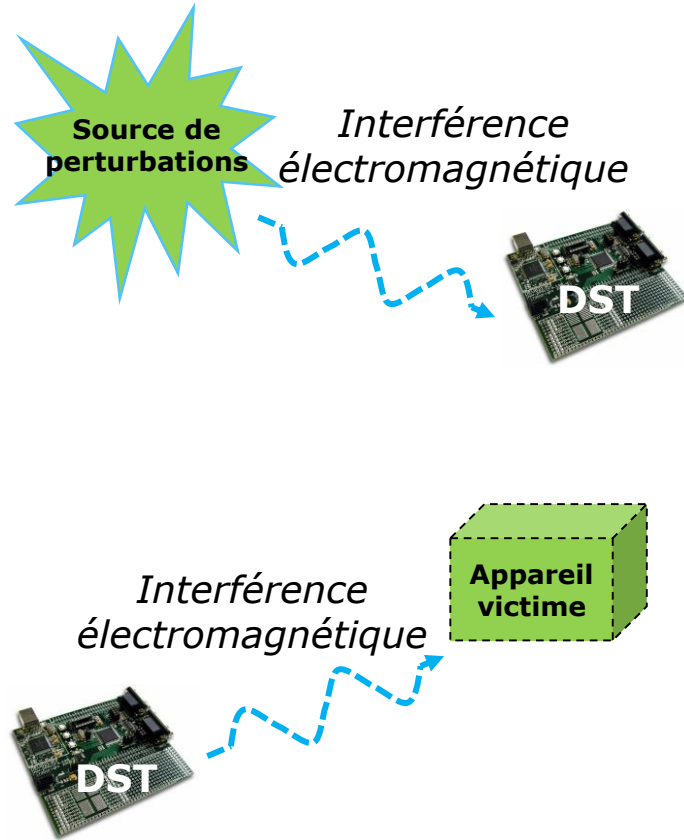
Enseignant/chercheur

IRSEEM/ESIGELEC

- I. Contexte générale de la problématique CEM
- II. Les principales causes de la CEM
- III. La problématique CEM dans l'automobile
- IV. La problématique CEM dans le véhicule de demain
- V. La conversion de puissance
- VI. Le filtrage CEM
- VII. Le blindage CEM

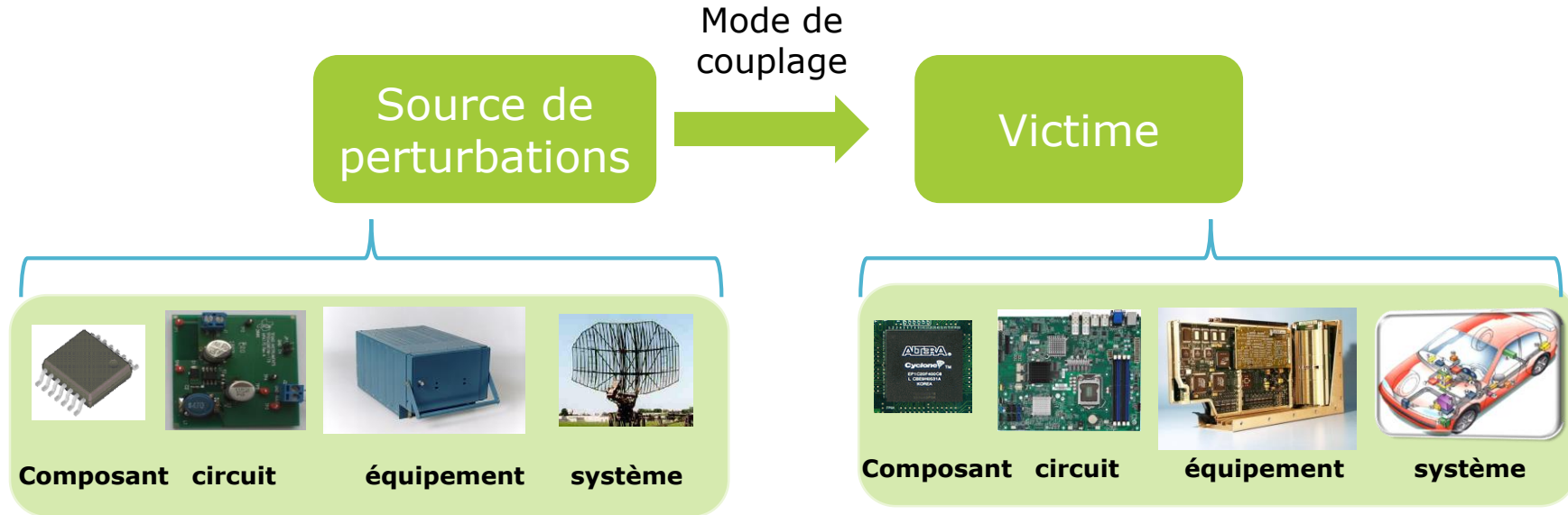
Contexte générale de la problématique CEM

Contexte général de la problématique CEM



Contexte général de la problématique CEM

- ❑ Une source de perturbation: dispositif générant des signaux électriques/ électromagnétiques polluants



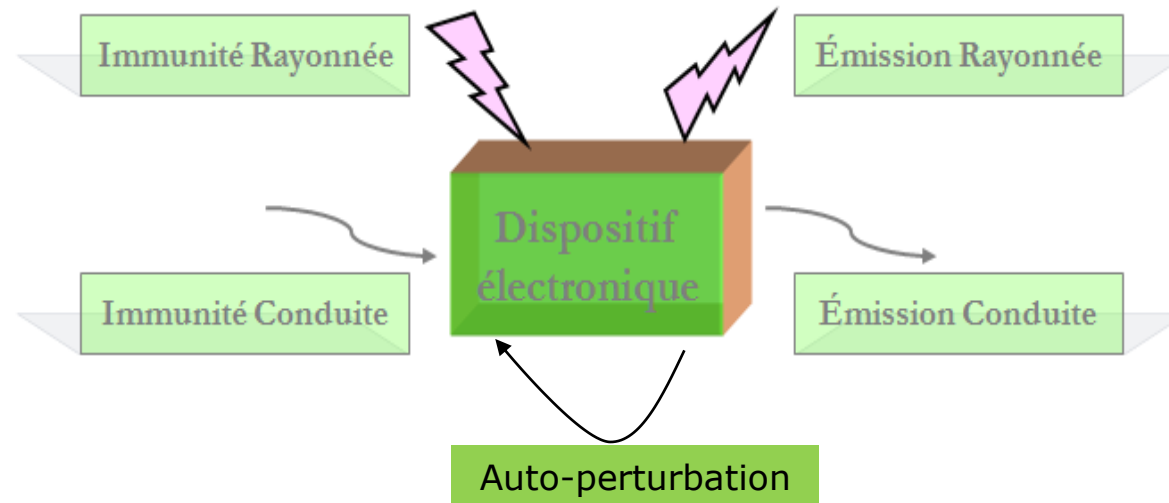
- ❑ Une victime: système électronique subissant l'agression de la source de perturbation et présentant un dysfonctionnement
- ❑ Un mode de couplage: support et/ou mode de transfert des perturbations

Les principales causes de la CEM

Les principales causes de la CEM

□ La directive européenne 89/336/CEE définit la CEM (Compatibilité ElectroMagnétique) comme étant :

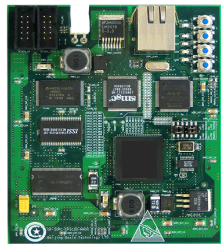
L'aptitude d'un appareil ou d'un système à fonctionner de façon satisfaisante dans son environnement électromagnétique, et sans produire lui-même des perturbations électromagnétiques intolérables pour tout ce qui se trouve dans cet environnement



Les principales causes de la CEM

❑ Essor et progrès de l'électronique dans plusieurs secteurs d'activité notamment l'automobile.

- ➔ Tous les domaines sont concernés (automobile, aéronautique, téléphonie,...)
- ➔ Toute l'électronique est concernée du composant au système



Les principales causes de la CEM

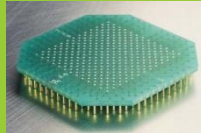
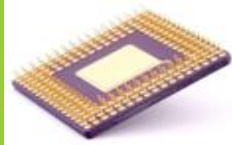
❑ Des problèmes CEM de plus en plus sévères:

- ✓ Montée en fréquence
- ✓ Diminution des tensions d'alimentation
- ✓ Multiplication de nombre de fonctions électroniques dans le même espace grâce à la miniaturisation des circuits électroniques
- ✓ Intégration importante de l'électronique embarquée dans des espaces réduits
- ✓ Cohabitation de l'électronique de puissance avec l'électronique de signal

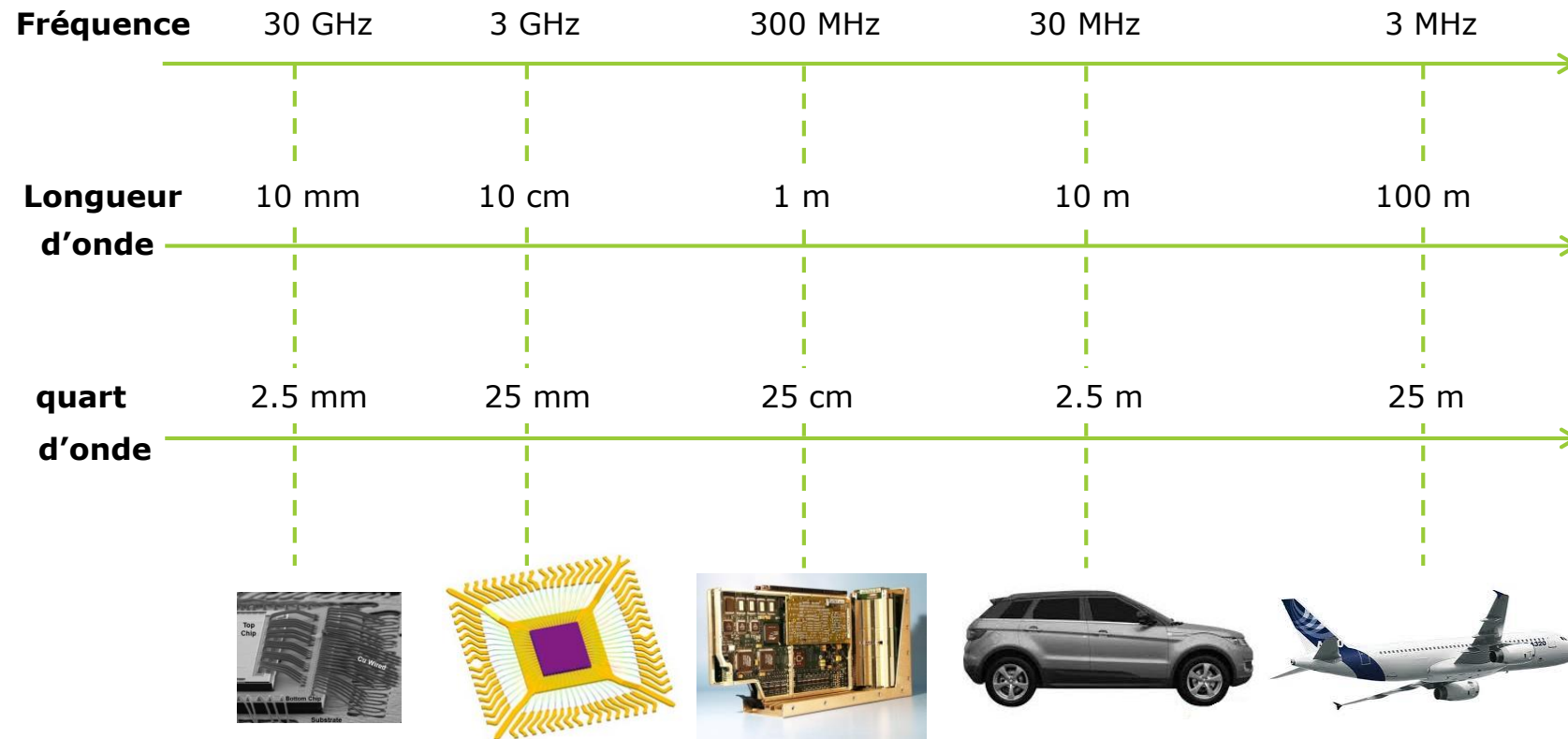
❑ Risques de défaillances techniques liées aux interférences électromagnétiques

➔ **Impact sur le coût de développement**

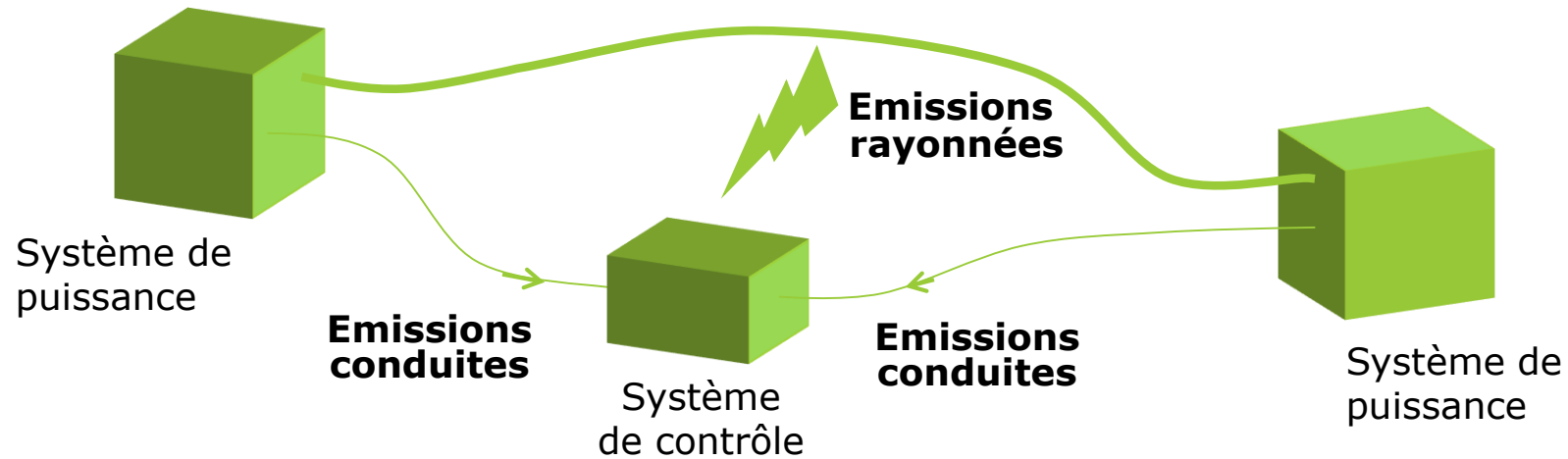
Les principales causes de la CEM

Composant / boitier					
Technologie -année	180 nm- 2002	130 nm- 2004	90 nm- 2006	45 nm- 2008	32 nm- 2010
Fonctions embarquées	Cœur	Cœur DSP	Cœur DSP Mémoire	Multi-cœurs DSP Mémoires FPGA Circuits RF Capteurs	Multi-cœurs Multi DSP Mémoires FPGA Multi RF Capteurs
Courant transitoire	1 A	3 A	10 A	30 A	100 A
Susceptibilité	E/S: 3.3 V Cœur: 2 V	E/S: 3.3 V Cœur: 2 V	E/S: 2.5 V Cœur: 1.2 V	E/S: 2 V Cœur: 0.7 V	E/S: 2 V Cœur: 0.7 V

Les principales causes de la CEM

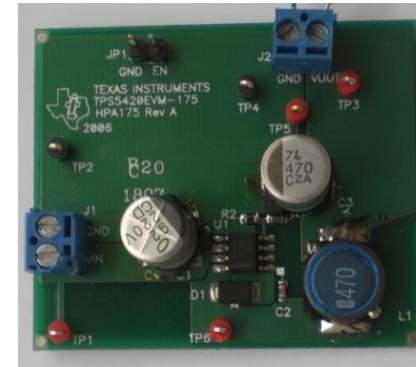


Les principales causes de la CEM



❑ Les sources de perturbation:

- Convertisseurs DC/DC
- Onduleurs
- Moteurs
- ...



❑ les systèmes de contrôle sont les systèmes les plus vulnérables:

- Electronique faible signal

La problématique CEM dans l'automobile

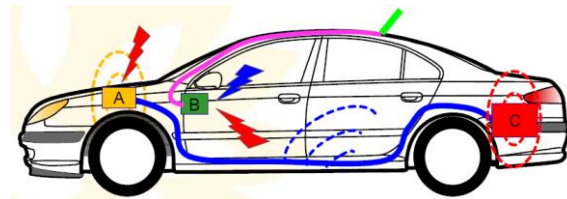
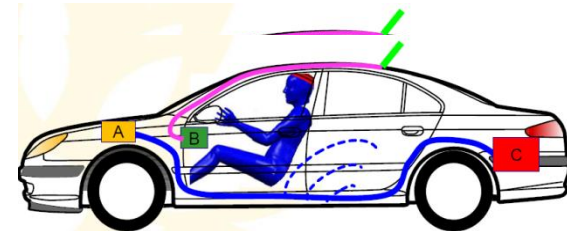
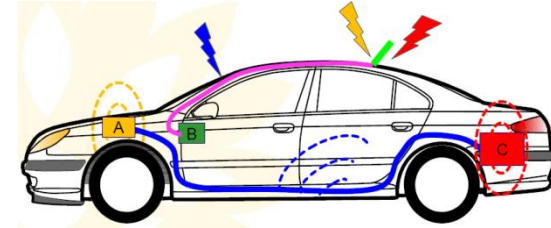
La problématique CEM dans l'automobile



- ❑ **Protection de l'environnement:** Les systèmes électroniques ne doivent pas perturber leur environnement

La problématique CEM dans l'automobile

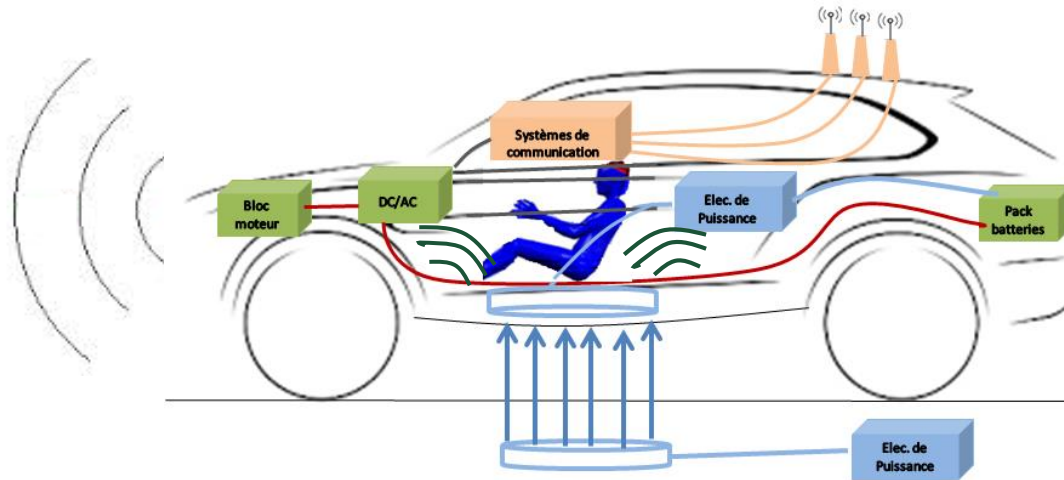
- ❑ Les systèmes EE (Electrique/Electronique) ne doivent pas créer de perturbations sur les entrées d'antennes des équipements de radiocommunication du véhicule (autoradio, GPS, etc,...)
 - Exigences pour la validation (tension de perturbation au pied d'antenne)
- ❑ Les champs électriques et magnétiques rayonnés par les systèmes EE du véhicule ne doivent pas excéder les valeurs maximales définies
 - Validation et exigences recommandation EU 1999/519/EC
- ❑ Les équipements des systèmes EE du véhicule ne doivent pas se perturber les uns les autres



La problématique CEM dans le véhicule de demain

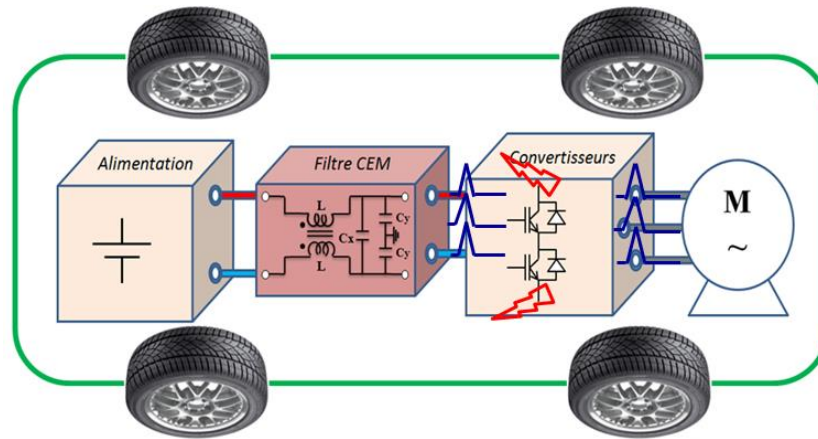
La problématique CEM dans le véhicule de demain

- ❑ Respect des normes et des recommandations existantes
- ❑ Définir de nouvelles normes relatives au rayonnement électromagnétique du véhicule et son système de charge



La problématique CEM dans le véhicule de demain

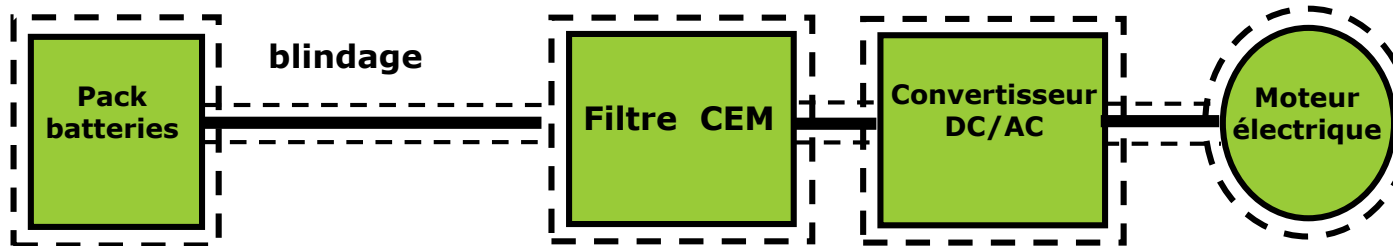
- ❑ **Le véhicule moderne est un véritable concentré technologique**
 - ➔ Des capteurs, unités de calcul, actionneurs électromécaniques,...
- ❑ **Le véhicule plus électrique embarque de nombreux équipements électrotechniques**
 - ➔ La chaîne de traction électrique



- ➔ Solutions classiques pour réduire les interférences électromagnétiques à l'extérieur et à l'intérieur de véhicule: le filtrage et le blindage

La problématique CEM dans le véhicule de demain

- ❑ Le convertisseur de puissance: la source des signaux parasites
- ❑ Le filtrage CEM pour limiter les émissions conduites
- ❑ Le blindage des câbles de puissance et des modules de puissance pour limiter les émissions rayonnées



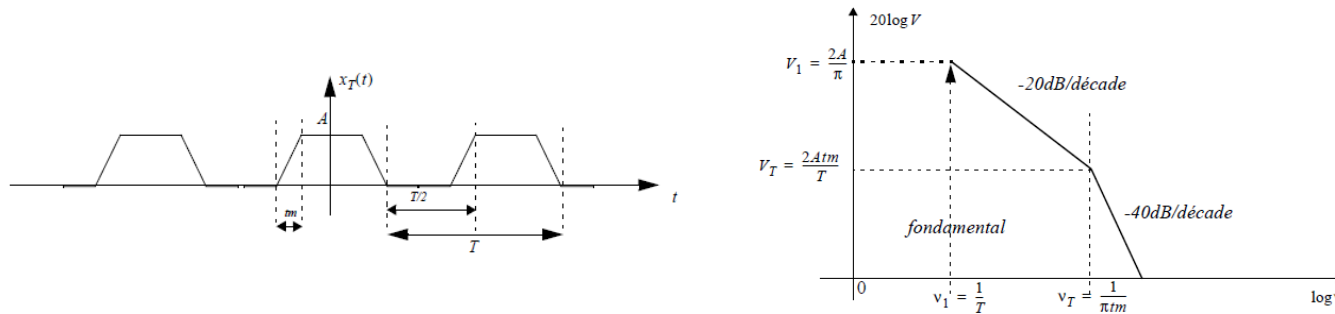
→ Solutions coûteuses et augmentent le poids de véhicule, plus d'émissions du Co2

La conversion de puissance

La problématique CEM dans le véhicule de demain

- Le rôle de l'électronique de puissance est d'assurer une transformation de l'énergie électrique

➔ Découpage des grandeurs électriques à des fréquences allant jusqu'à quelques dizaines de kHz



- Les niveaux des grandeurs électriques, courant et tension, sont importants

➔ Les variations dv/dt et di/dt sont aussi importantes

- Les conséquences

➔ Rayonnement électromagnétique important

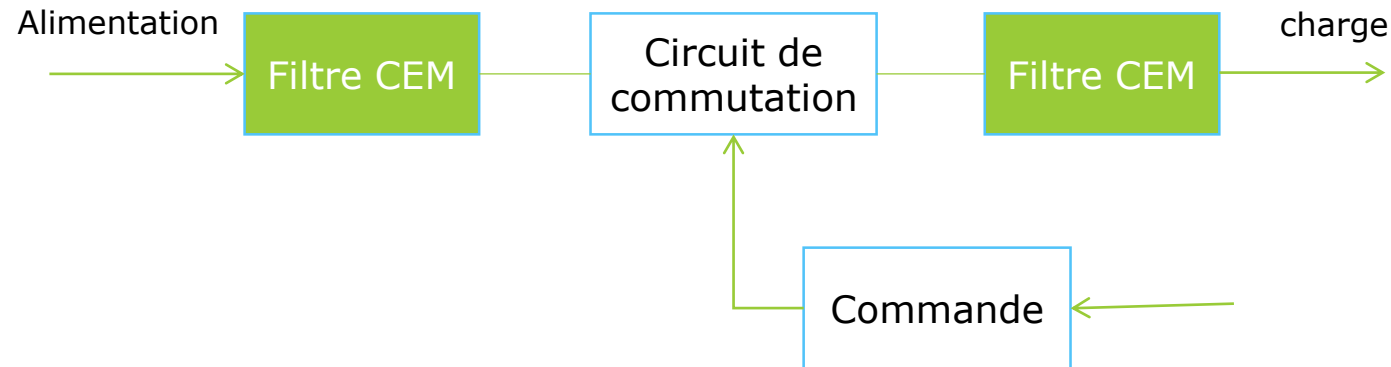
➔ Signaux parasites sur un large spectre se propageant dans le système

Le filtrage CEM

La problématique CEM dans le véhicule de demain

- Le rôle d'un filtre CEM dans une chaîne de traction électrique est de supprimer les fréquences non souhaitées

→ Empêcher les signaux indésirables de circuler le long des lignes de transmission

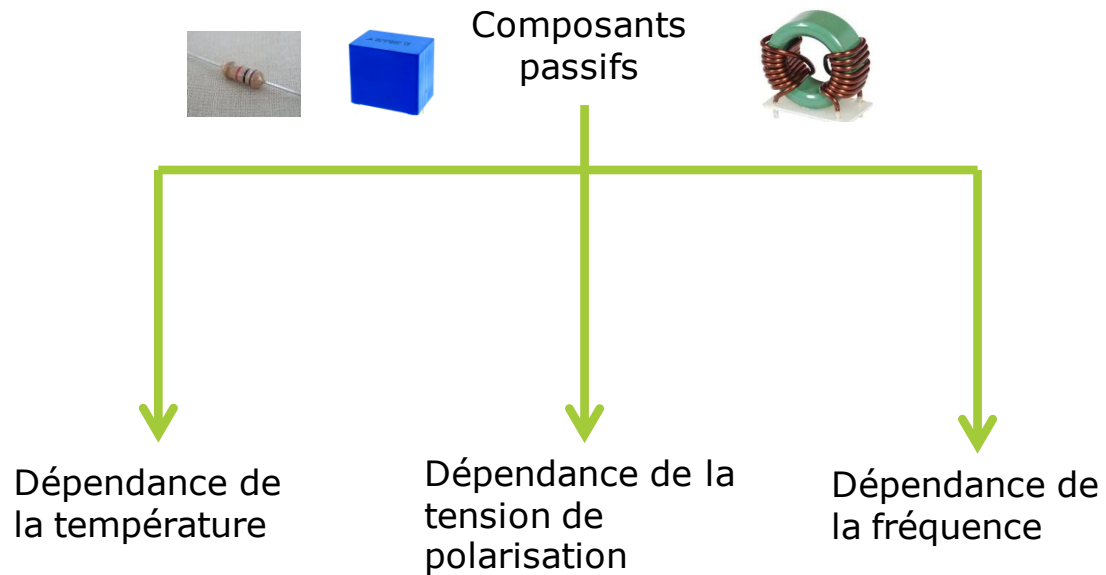


- Un filtre est souvent constitué de composants passifs (R, L et C).



La problématique CEM dans le véhicule de demain

- ❑ Les valeurs des composants passifs dépendent de plusieurs paramètres



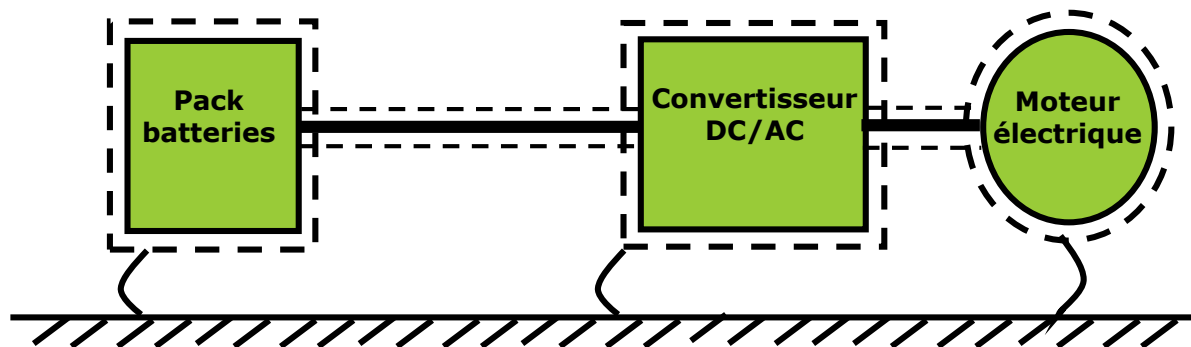
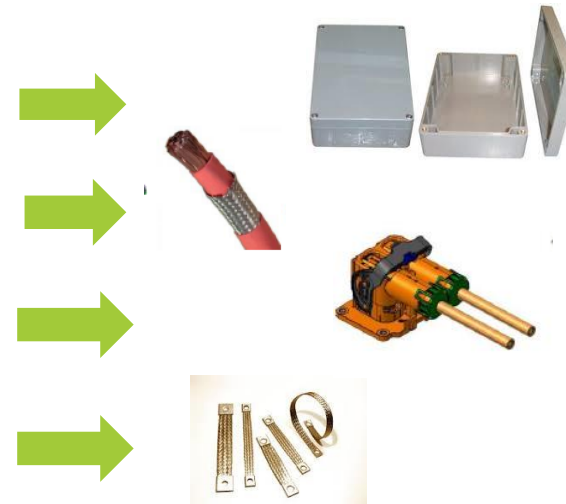
➔ La réalisation d'un filtre CEM optimal doit tenir compte de modèles physiques (liés à l'environnement de fonctionnement) des composants passifs

Le blindage CEM

La problématique CEM dans le véhicule de demain

□ Le blindage EM représente une des solutions de conception en CEM

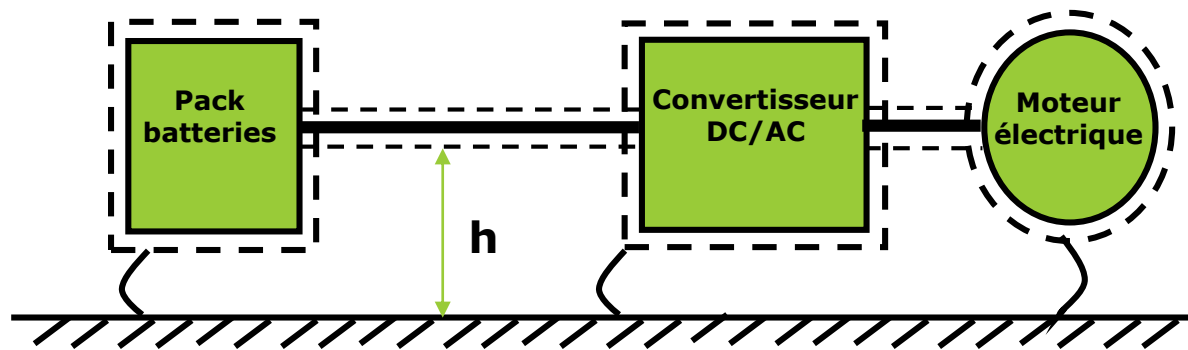
- Boîtiers métalliques des modules de puissance
- Câbles de puissance blindés
- Connecteurs de puissance blindés
- Connexions de masse



La problématique CEM dans le véhicule de demain

□ Rôle du blindage CEM dans une chaîne de traction électrique:

- Empêcher le rayonnement électromagnétique vers l'extérieur et l'intérieur du véhicule
- Empêcher le rayonnement électromagnétique de s'introduire dans les dispositifs électroniques



□ Paramètres influents

- Matériaux, type de blindage, longueur de câbles, type de connexions, raccords de mise à la masse, position de câbles/au plan de masse,...

2^{ème} partie

Présentée par: Christophe PETROLESI

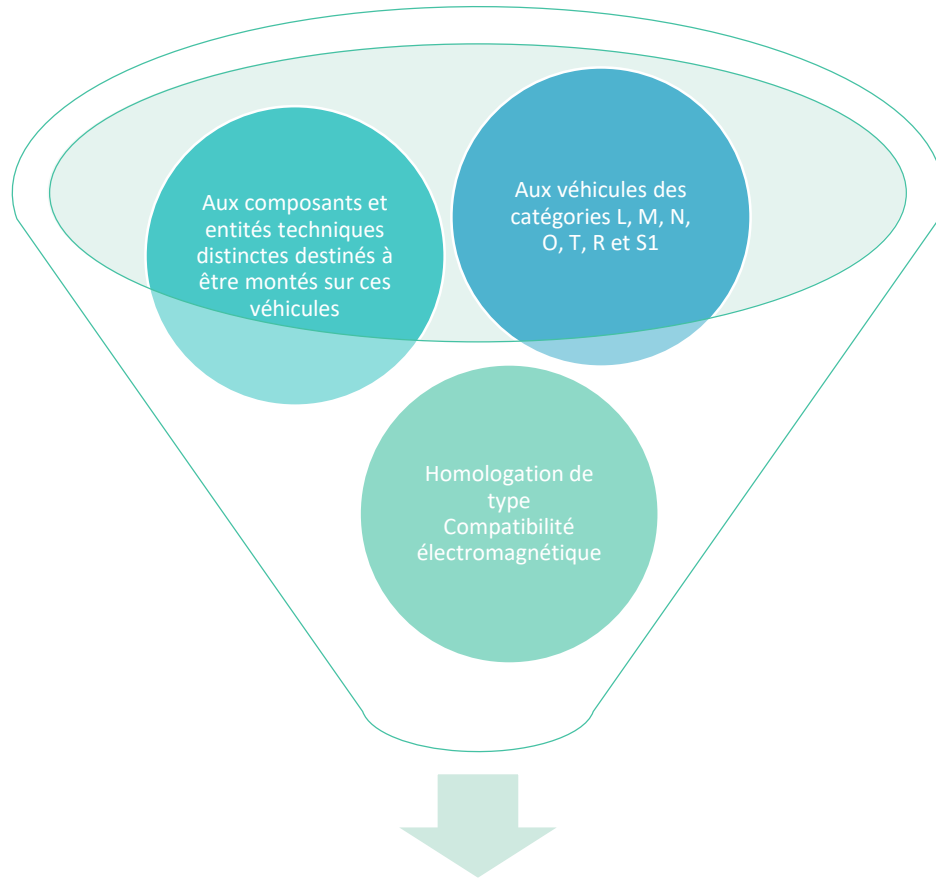
Responsable laboratoire d'essais CEM

IRSEEM/ESIGELEC

- I. Norme CEM - Véhicule
- II. Norme CEM - Directive CEM
- III. CEM - Essais à mettre en œuvre
- IV. CEM - Laboratoire d'essais CEM
- V. CEM - Comment se mettre en conformité
- VI. Conclusion

Norme CEM - Véhicule

Norme CEM - Véhicule



Règlement UNECE R10 rev6

Dernière révision : 04/2019

C'est une norme d'homologation des véhicules et des SEEE (Sous-ensembles électriques et électroniques).

Catégorie de véhicule :

Catégorie L: Motos et les cyclomoteurs, ainsi que les véhicules tout terrain (quads) et d'autres petits véhicules à moteur de trois ou quatre roues

Catégorie M: Véhicules à moteur conçus et construits pour le transport de passagers et ayant au moins quatre roues.

Catégorie N: Véhicules à moteur conçus et construits pour le transport de marchandises et ayant au moins quatre roues.

Catégorie O: Remorques (y compris les semi-remorques).

Catégorie T : tracteurs agricoles ou forestiers à roues

Catégorie R: remorques agricoles ou forestières

Norme CEM - Véhicule

Règlement UNECE R10 rev6 :

Cette norme définit les prescriptions concernant les essais d'homologation (véhicule et SEEE).

Prescriptions concernant l'immunité aux perturbations :

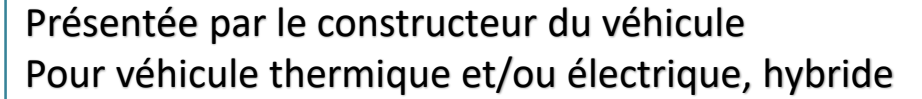
- Rayonnées et conduites
- Protection des passagers et ainsi que du fonctionnement des systèmes électriques ou électronique

Prescriptions concernant la limitation des émissions :

- Rayonnées et conduites
- Protection d'équipements électriques ou électroniques, ainsi que la limitation des perturbations émises par des accessoires



© 2014 Pearson Education, Inc. or its affiliate(s). All rights reserved.



Norme CEM - Véhicule

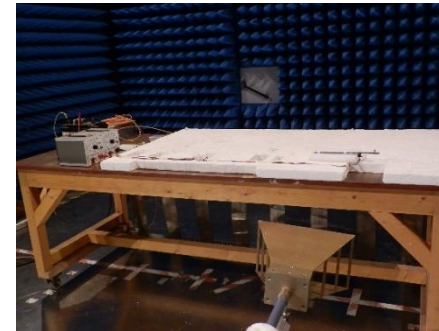
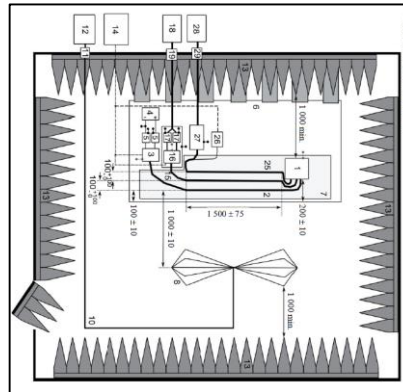


Présentée par le constructeur du véhicule ou fabricant
Pour véhicule thermique et/ou électrique, hybride

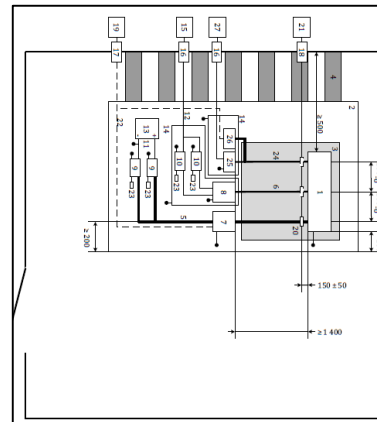
Règlement UNECE R10 rev6 :

Les différentes typologie d'essais d'homologation de type SEEE :

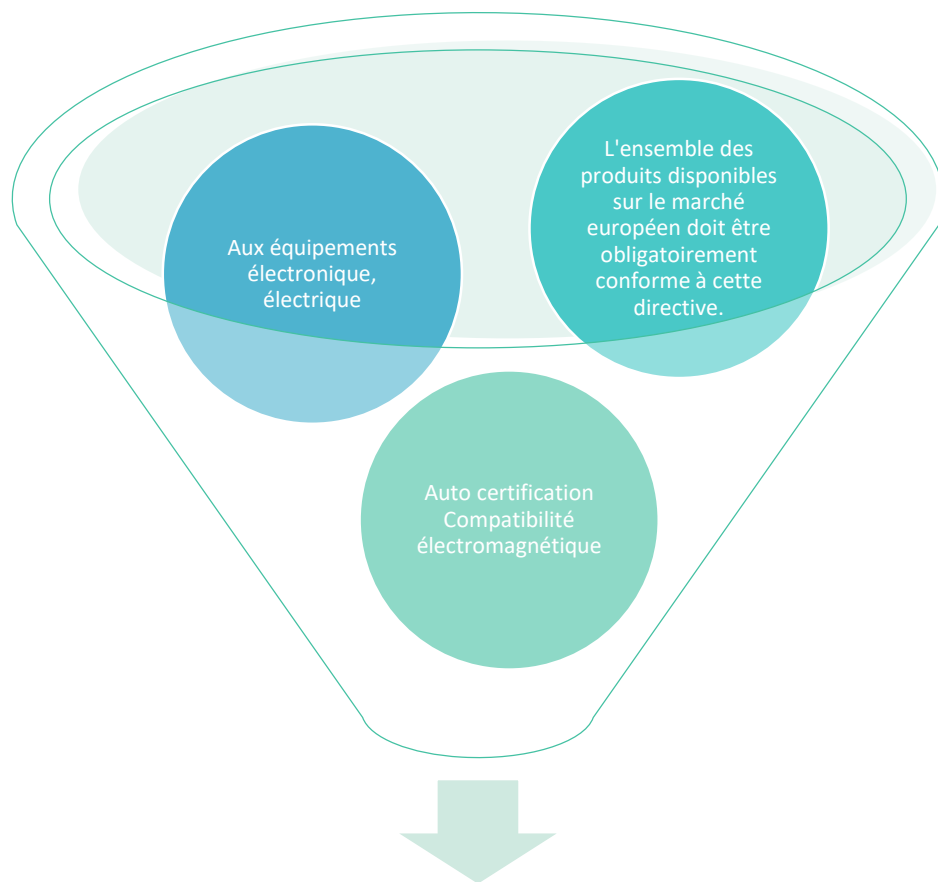
- Essais rayonnées
- Immunité / émission
- CISPR25 / ISO11452



- Essais conduits
- Immunité / émission
- CISPR16-2-1 / ISO11452
/ CISPR32 / ISO7637



Norme CEM – Directive CEM



Directive CEM

Dernière révision : 04/2014

Norme CEM – Directive CEM

La directive CEM est une directive obligatoire pour la libre circulation d'équipements au sein de l'UE dans le cadre du marquage CE.

Norme méthodologiques :

- 550I6-2-I _ émission conduite
- 550I6-2-3 _ émission rayonnée
- 6I000-4-3 _ immunité rayonné
- 6I000-4-6 _ immunité conduite

Norme produits :

- 50I2I-I _ application ferroviaire
- 550II _ Appareils industriels, scientifiques et médicaux
- 6I326-I _ Matériel électrique de mesure, de commande et de laboratoire
- 30I489-I _ équipements de communication radio et services

Norme CEM – Directive CEM

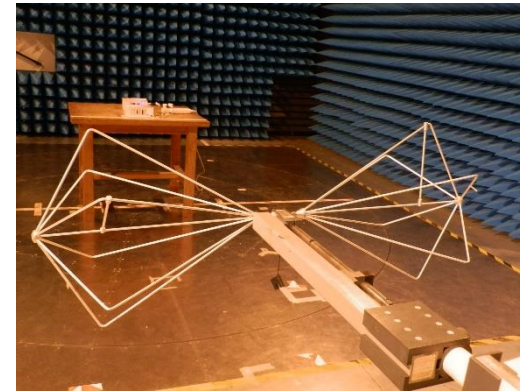
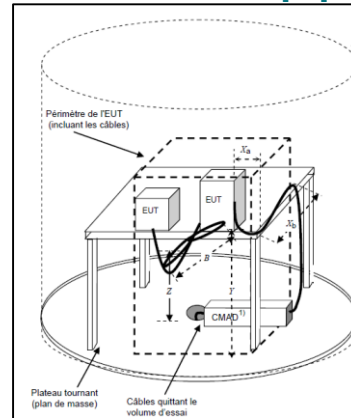


Présentée par le constructeur du véhicule
Pour véhicule thermique et/ou électrique, hybride

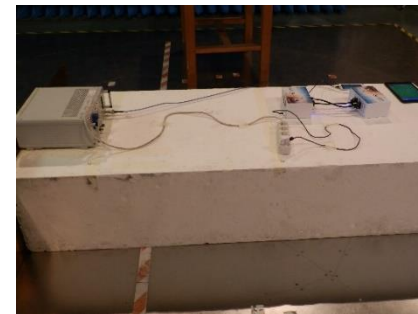
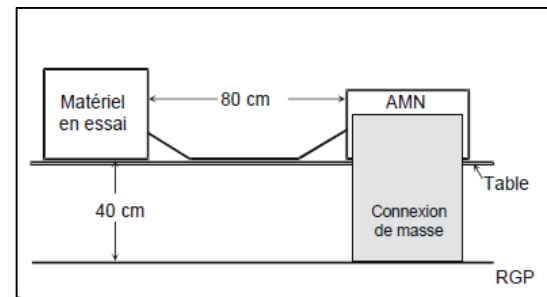
Directive CEM :

Les différentes typologie d'essais de certification d'équipement :

- Essais rayonnées
- Immunité / émission



- Essais conduits
- Immunité / émission



CEM – Essais à mettre en œuvre

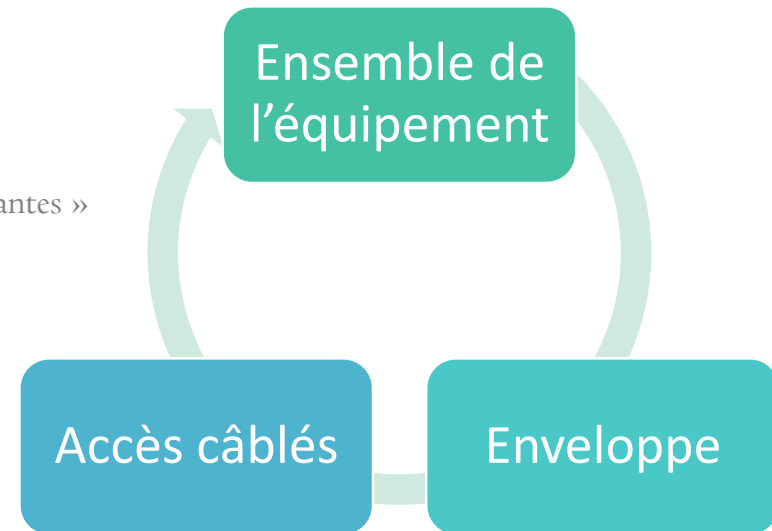
CEM – Essais à mettre en œuvre

La CEM est l'aptitude d'un appareil ou d'un système électrique ou électronique, à fonctionner comme prévu dans l'environnement électromagnétique et sans produire des perturbations électromagnétiques dérangeantes.

Les différents essais à mettre en œuvre :

- **Mesure Emission :**
 - « Sans produire des perturbations électromagnétiques dérangeantes »
- **Mesure Immunité :**
 - « Fonctionner comme prévu »

Ces typologies d'essais sont toutes appliquées par les normes CEM



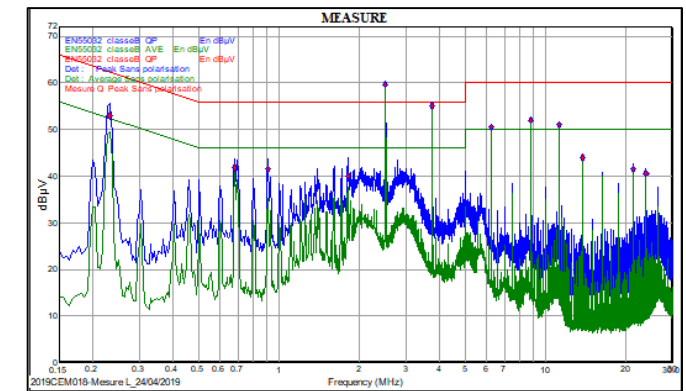
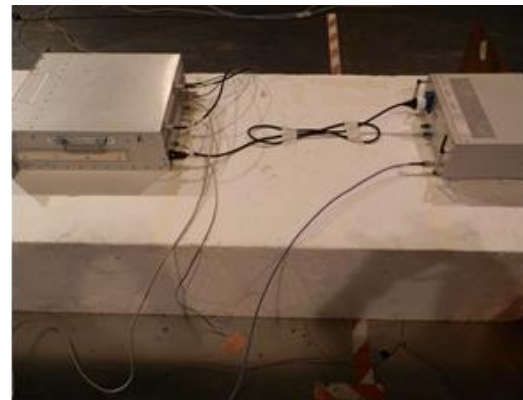
Norme CEM - Essais à mettre en œuvre

Méthodologie applicable à tous équipements et véhicule, SEEE

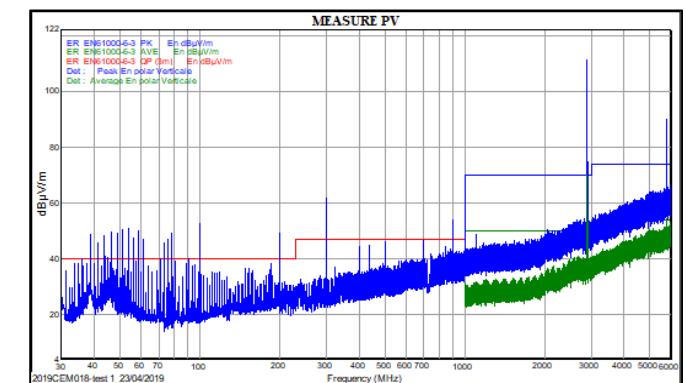
Mesure Emission :

Objectif : Vérifier que l'émission d'équipement soit inférieure aux gabarits exigés par les normes

- Essai émission conduite ($\text{dB}\mu\text{V}$)
- Mesure sur Accès AC/DC/Entrée
- Gamme de fréquence $\approx 0,15 - 108 \text{ MHz}$
- Elle définit les limites à respecter / environnement



- Essai émission rayonnée ($\text{dB}\mu\text{V/m}$)
- Mesure sur l'Enveloppe
- Gamme de fréquence $\approx 0,15 - 6000 \text{ MHz}$
- Elle définit les limites à respecter / environnement



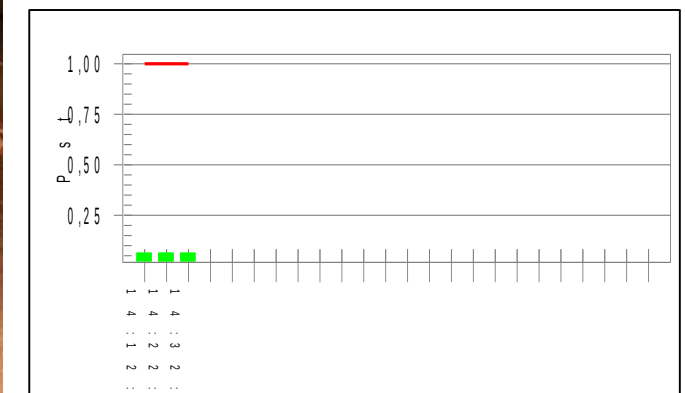
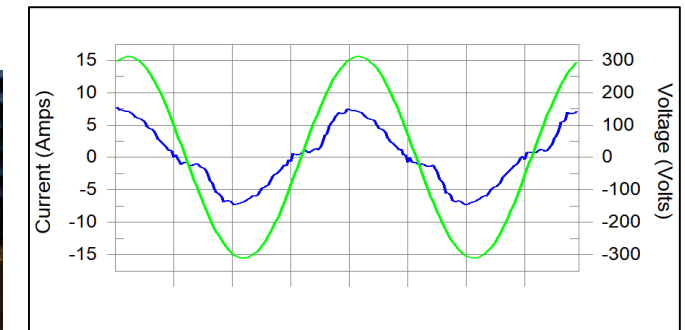
Norme CEM - Essais à mettre en œuvre

Méthodologie applicable à tous équipements, véhicule

Mesure Emission :

Objectif : Vérifier que l'émission d'équipement soit inférieure aux gabarits exigés par les normes

- **Emission de courant d'harmonique (A)**
- Mesure sur Accès AC
- Elle définit les limites des harmoniques du courant d'entrée qui peuvent être produit par les équipements
- **Emission des variations, fluctuations, papillonnements de tension (V)**
- Mesure sur Accès AC
- Elle spécifie les limites de variation de tension produit par un équipement



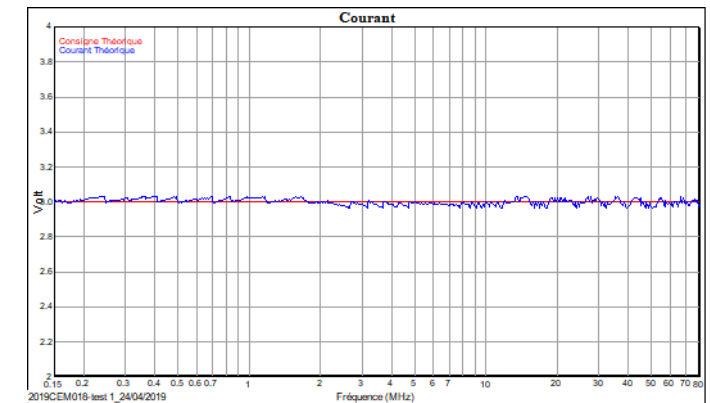
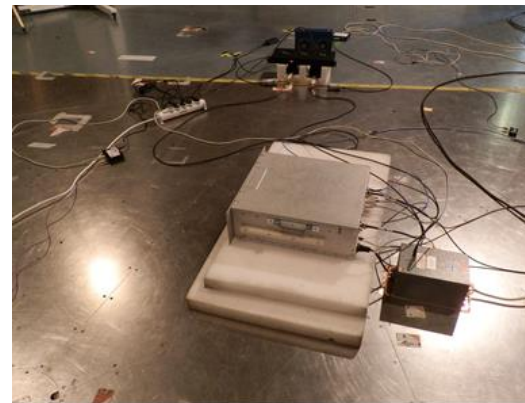
Norme CEM - Essais à mettre en œuvre

Méthodologie applicable à tous équipements et véhicule, SEEE

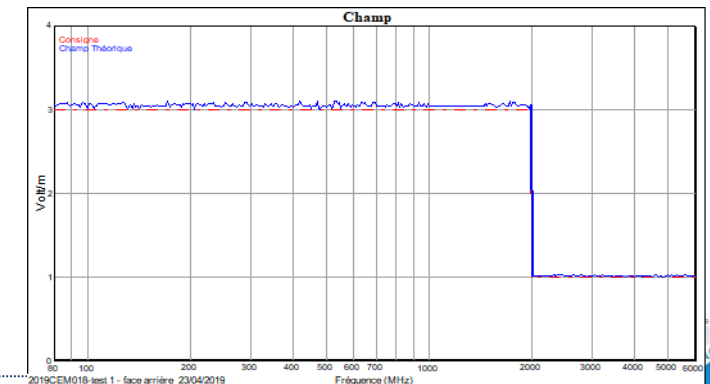
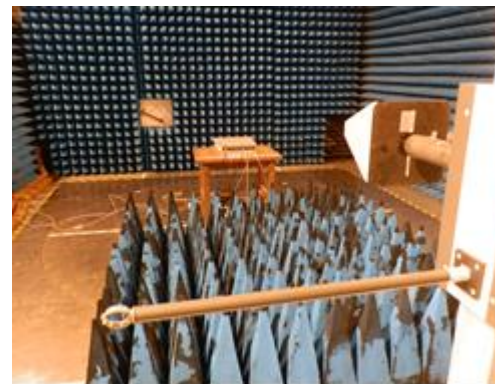
Mesure Immunité :

Objectif : Vérifier la robustesse d'équipement / niveaux de perturbation

- **Essai immunité conduite (A/V)**
- Mesure sur Accès AC/DC/Entrée
- Gamme de fréquence $\approx 0,15 - 400$ MHz
- Niveau jusqu'à 300mA / 10V
- Elle définit les exigences à respecter / environnement



- **Essai immunité rayonnée (V/m)**
- Mesure sur l'Enveloppe
- Gamme de fréquence $\approx 80 - 6000$ MHz
- Niveau jusqu'à 300V/m
- Elle définit les exigences à respecter / environnement



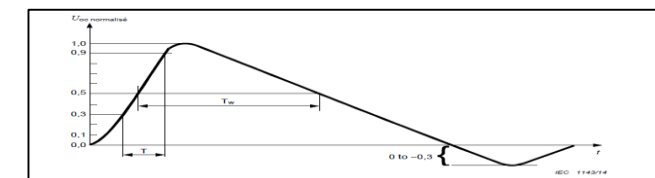
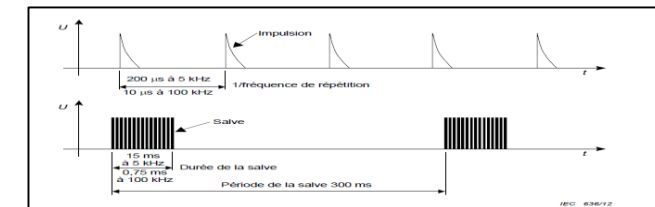
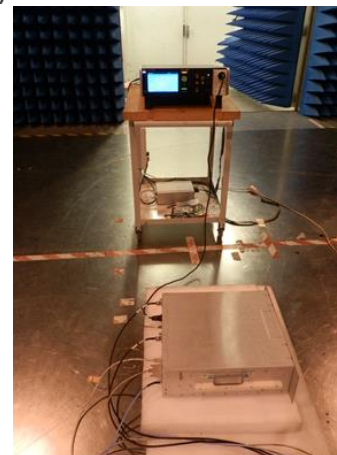
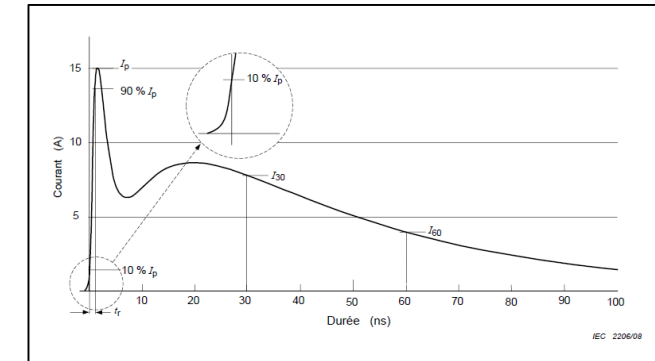
Norme CEM - Essais à mettre en œuvre

Méthodologie applicable à tous équipements et véhicule, SEEE

Mesure Immunité :

Objectif : Vérifier la robustesse d'équipement / niveaux de perturbation

- Essai immunité Décharge électrostatique ESD (kV)
- Mesure sur l'Enveloppe
- Niveau jusqu'à 25kV
- Elle définit les exigences des équipements soumis à des décharges électrostatique (opérateur, personnel, objets)
- Essai Tests électriques (ondes de chocs, salves, creux de tension) (kV)
- Mesure sur Accès AC/Entrée
- Niveau jusqu'à 4kV
- Elle définit les exigences des équipements soumis aux rebonds de relais, contacteurs moteur, surtensions de foudre, creux de tension, coupure brève



CEM – Laboratoire d'essais CEM

**PLATEFORME
COMPATIBILITE
ELECTRO
MAGNETIQUE**

Service Innovation Recherche et Développement

La plateforme CEM de l'ESIGELEC - IRSEEM vous propose un accompagnement dans la compatibilité Electro Magnétique.

ANALYSE

INVESTIGATION

PRE-QUALIFICATION ET QUALIFICATION

FORMATION

EXPERTISE

ESIGELEC
INGÉNIEURS GÉNÉRALISTES
SYSTÈMES INTELLIGENTS ET CONNECTÉS

irseem
Institut de Recherche en Systèmes
Electronique Embarquée de l'ESIGELEC

CEM – Laboratoire d'essais CEM

Laboratoire CEM :

Les essais à mettre en œuvre dans le cadre des normes et directive doivent idéalement être réalisés dans des laboratoires CEM.

Avantage :

- Equipements adaptés aux mesures
- Traçabilité métrologique / des résultats
- Compétences du personnel

Laboratoire d'essais CEM ESIGELEC – CARNOT ESP

Le laboratoire CEM de l'ESIGELEC – CARNOT ESP réalise des essais de mesure de qualification et d'expertise.

Capacité :

- Immunités rayonnées : 80 – 6000MHz _ jusqu'à 200V/m
- Immunités conduites : 0.1 – 400MHz _ jusqu'à 300mA (20V)
- Emissions conduites : 0.1 – 108MHz
- Emission rayonnée : 20Hz – 6000MHz
- Test ESD : de 1kV jusqu'à 30kV _ contact / air
- Tests électriques : ondes de chocs, salves, automobile

CEM – Comment se mettre en conformité

CEM – Comment se mettre en conformité

Les équipements électrique/électronique des véhicules, équipements industriels, du quotidien génèrent tous des ondes électromagnétiques

Ces équipements sont des systèmes complexes qui utilisent des sources de perturbations nécessaires au fonctionnement (CI, quartz, commutateur, relais, ...).

Ces équipements peuvent s'auto perturber ou interférer les systèmes voisins

Ces perturbations se propagent au travers de différents canaux :

- Par couplage par câble, fil, piste
- Par couplage capacitif, inductif
- Par couplage rayonné

Les signaux qui perturbent « ces victimes » sont liés principalement aux :

- Fréquences utiles des composants électronique
- Harmoniques de cette fréquence

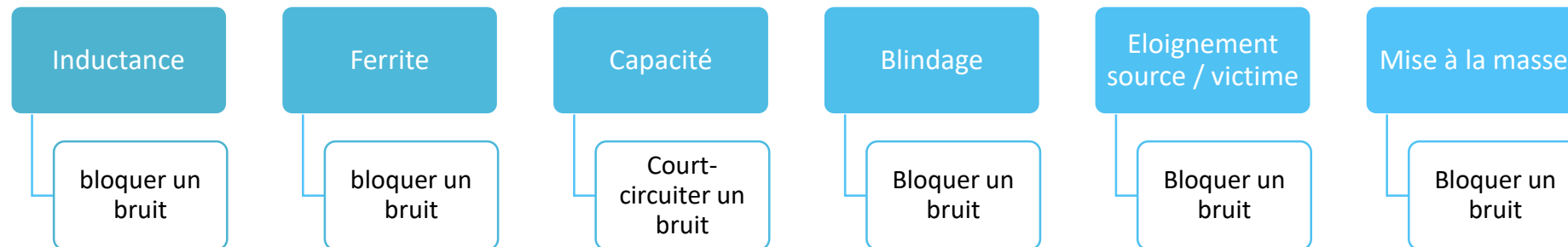
CEM – Comment se mettre en conformité

Réalisation de mesure / contre mesure pour
confirmer l'efficacité des solutions

Il existe différentes solutions possible pour limiter les effet des des perturbations générées par le système.

Ces solutions s'appliquent sur :

- Le PCB
- Une partie du système (câble)
- Sont efficaces de quelques kHz à plusieurs MHz
- Limitent les effets de bruit en courant et tension



1 système = Mutualisation de solution

Conclusion

Les normes définissent des méthodologies (essais émission, immunités).

Elles permettent de s'assurer d'une limitation des ondes électromagnétiques générés et d'une robustesse des équipements.

Les équipements sont des sources de bruit électromagnétiques, et des solutions existent pour en limiter les effets.