



Traçabilité du mesurage dans le domaine des essais de CEM, radiofréquence et mesures de DAS, EMF et champs électromagnétiques sur site

LAB GTA 07 - Révision 03

LA VERSION ELECTRONIQUE FAIT FOI





SOMMAIRE

1. OBJET.....	3
2. REFERENCES ET DEFINITIONS.....	3
2.1. Références.....	3
2.2. Abréviations et définitions.....	4
3. DOMAINE D'APPLICATION	7
4. MODALITES D'APPLICATION	7
5. MODIFICATIONS APORTEES A L'EDITION PRECEDENTE	7
6. GUIDE DE LECTURE DES EXIGENCES NORMATIVES ET RECOMMANDATIONS	9
6.1. Généralités sur la traçabilité au SI	9
6.2. Cas où la traçabilité au SI n'est pas réalisable.....	10
6.3. Traçabilité au SI des étalons de référence.....	10
6.4. Evaluation de la traçabilité au SI.....	11
6.5. Installations et conditions ambiantes	12
7. EQUIPEMENTS DE MESURE ET TRACABILITE DU MESURAGE ASSOCIEE	12
7.1. Essais de compatibilité électromagnétique	13
7.2. Essais de radiofréquence	16
7.3. Mesures de l'exposition humaine aux champs électromagnétiques (in situ et en laboratoire).....	17
7.4. Mesures de débit d'absorption spécifique	18
8. FICHES TECHNIQUES DE PROGRAMMES DE CONFIRMATION METROLOGIQUE	18
9. TRACABILITE SELON UNE VOIE DE RACCORDEMENT AU SI EN INTERNE : CAS DE L'ANALYSEUR DE RESEAUX VECTORIEL	68
9.1. Kit de calibrage.....	68
9.2. Kit de vérification.....	68

LA VERSION ELECTRONIQUE FAIT FOI



1. OBJET

La norme NF EN ISO/IEC 17025 définit les exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais. Le présent Guide Technique d'Accréditation (GTA) établit les recommandations résultant de l'application de cette norme en complément du document LAB GTA 10. Ce document traite du raccordement au Système international d'unités des équipements de mesure utilisés le plus couramment dans les domaines suivants :

- essais de compatibilité électromagnétique (CEM),
- essais de radiofréquence,
- mesures de l'exposition humaine aux champs électromagnétiques (EMF),
- mesures de champs électromagnétiques sur site (E in situ et E-H in situ),
- mesures de débit d'absorption spécifique (DAS).

Ces recommandations, que le laboratoire est libre d'appliquer, sont celles reconnues comme étant les plus appropriées par le Cofrac pour répondre notamment aux exigences du document LAB REF 02 et de la norme NF EN ISO/IEC 17025.

Dans tous les cas, le laboratoire devra démontrer que les dispositions prises permettent de satisfaire pleinement le référentiel d'accréditation.

2. REFERENCES ET DEFINITIONS

2.1. Références

Ce document s'applique en complément des documents suivants :

- **NF EN ISO/IEC 17025** : « Exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais »
- **LAB REF 02** : « Exigences pour l'accréditation des laboratoires selon la norme NF EN ISO/IEC 17025:2017 »
- **NF ISO/CEI GUIDE 99 (VIM)** : Vocabulaire international de métrologie – Concepts fondamentaux et généraux et termes associés
- **NF ISO/CEI GUIDE 98-3 (GUM)** : Guide pour l'expression de l'incertitude de mesure
- **NF EN ISO 10012** : Systèmes de management de la mesure – Exigences pour les processus et les équipements de mesure
- **LAB GTA 10** : Guide Technique d'Accréditation en métrologie des grandeurs électriques, magnétiques et temporelles
- **ILAC P10** : ILAC Policy on Traceability on Measurement Results (disponible sur www.ilac.org.)
- **NF X07-011** : Métrologie dans l'entreprise – Constat de vérification des moyens de mesure
- **NF X07-015** : Métrologie - Raccordement des résultats de mesure au Système international d'unités (SI)
- **NF X07-025-1** : Métrologie - Programme technique de vérification des équipements de mesure - Partie 1 : principes généraux - Démarche commune et générale pour élaborer un programme technique de vérification
- **NF X07-025-2** : Métrologie — Programmes techniques minimaux de vérification métrologique des équipements de mesure — Partie 2 : Domaines électricité-magnétisme et temps-fréquence



- **Calibration Guide EURAMET No. 12** : GUIDELINES ON THE EVALUATION OF VECTOR NETWORK ANALYSERS (VNA)

Les normes d'essais citées dans ce document sont des normes françaises (NF), européennes (EN), internationales (ISO, CEI, ANSI, SAE, CISPR pour le domaine des perturbations radioélectriques) ainsi que des normes aéronautiques (RTCA DO 160), des normes militaires américaines (série des MIL STD) ou françaises (GAM EG 13).

2.2. Abréviations et définitions

Pour les besoins du présent document les termes et définitions ci-après s'appliquent :

2.2.1. Termes principaux

- **Traçabilité métrologique** (ISO/CEI GUIDE 99) : propriété d'un résultat de mesure selon laquelle ce résultat peut être relié à une référence par l'intermédiaire d'une chaîne ininterrompue et documentée d'étalonnages dont chacun contribue à l'incertitude de mesure

NOTE 1 : La référence mentionnée dans la définition peut être une définition d'une unité de mesure sous la forme de sa réalisation pratique, une procédure de mesure, qui indique l'unité de mesure dans le cas d'une grandeur autre qu'une grandeur ordinale, ou un étalon.

NOTE 2 : La traçabilité métrologique nécessite l'existence d'une hiérarchie d'étalonnage.

NOTE 3 : La spécification de la référence doit comprendre la date où cette référence a été utilisée dans l'établissement d'une hiérarchie d'étalonnage, ainsi que d'autres informations métrologiques pertinentes concernant la référence, telle que la date où a été effectué le premier étalonnage de la hiérarchie.

NOTE 4 : Pour des mesurages comportant plus d'une seule grandeur d'entrée dans le modèle de mesure, chaque valeur d'entrée devrait être elle-même métrologiquement traçable et la hiérarchie d'étalonnage peut prendre la forme d'une structure ramifiée ou d'un réseau. Il convient que l'effort consacré à établir la traçabilité métrologique de chaque valeur d'entrée soit proportionné à sa contribution relative au résultat de mesure.

NOTE 5 : La traçabilité métrologique d'un résultat de mesure n'assure pas l'adéquation de l'incertitude de mesure à un but donné ou l'absence d'erreurs humaines.

NOTE 6 : Une comparaison entre deux étalons peut être considérée comme un étalonnage si elle sert à vérifier et, si nécessaire, à corriger la valeur et l'incertitude attribuées à l'un des étalons.

NOTE 7 : L'ILAC considère que les éléments nécessaires pour confirmer la traçabilité métrologique sont une chaîne de traçabilité métrologique ininterrompue à un étalon international ou un étalon national, une incertitude de mesure documentée, une procédure de mesure documentée, une compétence technique reconnue, la traçabilité métrologique au SI et des intervalles entre étalonnages (voir ILAC P-10).

NOTE 8 : Le terme abrégé «traçabilité» est quelquefois employé pour désigner la traçabilité métrologique, ainsi que d'autres concepts tels que la traçabilité d'un spécimen, d'un document, d'un instrument ou d'un matériau, où intervient l'historique (la trace) d'une entité. Il est donc préférable d'utiliser le terme complet «traçabilité métrologique » s'il y a risque de confusion.

- **Mesurage, mesure** (ISO CEI GUIDE 99) : processus consistant à obtenir expérimentalement une ou plusieurs valeurs que l'on peut raisonnablement attribuer à une grandeur.

NOTE 1 : Les mesurages ne s'appliquent pas aux propriétés qualitatives.

NOTE 2 : Un mesurage implique la comparaison de grandeurs et comprend le comptage d'entités.



NOTE 3 : Un mesurage suppose une description de la grandeur compatible avec l'usage prévu d'un résultat de mesure, une procédure de mesure et un système de mesure étalonné fonctionnant selon une procédure de mesure spécifiée, incluant les conditions de mesure.

- **Confirmation métrologique** (NF EN ISO 10012) : ensemble d'opérations nécessaires pour assurer qu'un équipement de mesure répond aux exigences correspondant à l'utilisation prévue.

NOTE 1 : La confirmation métrologique comprend généralement l'étalonnage et la vérification, tout réglage nécessaire ou la réparation et le réétalonnage, la comparaison avec les exigences métrologiques pour l'utilisation prévue de l'équipement de mesure, ainsi que tout verrouillage et étiquetage requis.

NOTE 2 : La confirmation métrologique n'est considérée achevée qu'à partir du moment où l'aptitude de l'équipement de mesure pour l'utilisation prévue est démontrée et documentée.

NOTE 3 : Les exigences pour l'utilisation attendue comprennent des considérations telles que l'étendue de mesure, la résolution et les erreurs maximales tolérées.

NOTE 4 : Normalement, les exigences métrologiques sont distinctes des exigences pour le produit et ne sont pas spécifiées dans le cadre de ces dernières.

[...]

La confirmation métrologique doit être conçue et mise en œuvre de manière à garantir que les caractéristiques métrologiques des équipements de mesure satisfont aux exigences métrologiques du processus de mesure. La confirmation métrologique inclut l'étalonnage et la vérification de l'équipement de mesure.

- **Étalonnage** (ISO CEI GUIDE 99) : opération qui, dans des conditions spécifiées, établit en une première étape une relation entre les valeurs et les incertitudes de mesure associées qui sont fournies par des étalons et les indications correspondantes avec les incertitudes associées, puis utilise en une seconde étape cette information pour établir une relation permettant d'obtenir un résultat de mesure à partir d'une indication.

NOTE 1 : Un étalonnage peut être exprimé sous la forme d'un énoncé, d'une fonction d'étalonnage, d'un diagramme d'étalonnage, d'une courbe d'étalonnage ou d'une table d'étalonnage. Dans certains cas, il peut consister en une correction additive ou multiplicative de l'indication avec une incertitude de mesure associée.

NOTE 2 : Il convient de ne pas confondre l'étalonnage avec l'ajustage d'un système de mesure, souvent appelé improprement «auto-étalonnage», ni avec la vérification de l'étalonnage.

NOTE 3 : La seule première étape dans la définition est souvent perçue comme étant l'étalonnage.

- **Vérification** (ISO CEI GUIDE 99) : fourniture de preuves tangibles qu'une entité donnée satisfait à des exigences spécifiées

[...]

NOTE 1 : S'il y a lieu, il convient de prendre en compte l'incertitude de mesure.

NOTE 2 : L'entité peut être, par exemple, un processus, une procédure de mesure, un matériau, un composé ou un système de mesure.

NOTE 3 : Les exigences spécifiées peuvent être, par exemple, les spécifications d'un fabricant.

[...]

NOTE 5 : Il convient de ne pas confondre la vérification avec l'étalonnage. Toute vérification n'est pas une validation.

[...]



- **contrôle fonctionnel** : ensemble des opérations visant à s'assurer du bon fonctionnement d'un équipement de mesure dans la chaîne de mesure à laquelle il est intégré.
- **Système international d'unités SI** (ISO CEI GUIDE 99) : système d'unités, fondé sur le Système international de grandeurs, comportant les noms et symboles des unités, une série de préfixes avec leurs noms et symboles, ainsi que des règles pour leur emploi, adopté par la Conférence générale des poids et mesures (CGPM).

2.2.2. Définitions complémentaires

Il s'agit des définitions nécessaires à la compréhension des termes définis dans le paragraphe précédent.

- **Système international de grandeurs ISQ** (ISO CEI GUIDE 99) : système de grandeurs fondé sur les sept grandeurs de base: longueur, masse, temps, courant électrique, température thermodynamique, quantité de matière, intensité lumineuse.
- **Système d'unités** (ISO CEI GUIDE 99) : ensemble d'unités de base et d'unités dérivées, de leurs multiples et sous-multiples, définis conformément à des règles données, pour un système de grandeurs donné.
- **Système de mesure** (ISO CEI GUIDE 99) : ensemble d'un ou plusieurs instruments de mesure et souvent d'autres dispositifs, comprenant si nécessaire réactifs et alimentations, assemblés et adaptés pour fournir des informations destinées à obtenir des valeurs mesurées dans des intervalles spécifiés pour des grandeurs de natures spécifiées.

NOTE : Un système de mesure peut consister en un seul instrument de mesure.

- **Indication** (ISO CEI GUIDE 99) : valeur fournie par un instrument de mesure ou un système de mesure.

NOTE 1 : Une indication peut être présentée sous forme visuelle ou acoustique ou peut être transférée à un autre dispositif. Elle est souvent donnée par la position d'un pointeur sur un affichage pour les sorties analogiques, par un nombre affiché ou imprimé pour les sorties numériques, par une configuration codée pour les sorties codées ou par la valeur assignée pour les mesures matérialisées.

NOTE 2 : Une indication et la valeur de la grandeur mesurée correspondante ne sont pas nécessairement des valeurs de grandeurs de même nature.

2.2.3. Terme technique

- **Facteur (ou coefficient) de réflexion Γ (module)** : $\Gamma = \sqrt{\frac{P_r}{P_i}}$ où P_r et P_i désignent respectivement les puissances réfléchie et incidente. Γ est compris entre 0 et 1.

2.2.4. Sigles

- **ANE (NSA)** : Affaiblissement Normalisé de l'Emplacement
- **ANFR** : Agence Nationale des Fréquences
- **CEM** : Compatibilité ElectroMagnétique
- **CIPM** : Comité International des Poids et Mesures
- **DAS** : Débit d'Absorption Spécifique (en anglais SAR : Specific Absorption Rate)
- **EA** : European cooperation for Accreditation



- **EMF** : ElectroMagnetic Field – Mesure des champs électromagnétiques aux fins de l'évaluation de l'exposition du corps humain (mesure des niveaux de référence)
- **I** : intensité du courant
- **ILAC** : International Laboratory Accreditation Cooperation
- **LNM** : Laboratoire National de Métrologie
- **RF** : radiofréquence (ou radio)
- **SI** : Système international d'unités
- **SVSWR** : Site Voltage Standing Wave Ratio, mesure de ratio de tension sur site

3. DOMAINE D'APPLICATION

Ce guide, résultat d'un travail collaboratif, s'applique aux activités présentés au chapitre 1 de ce document et s'adresse aux :

- laboratoires d'essais de compatibilité électromagnétique, de radiofréquence, de mesures de l'exposition humaine aux champs électromagnétiques (EMF) et aux champs électromagnétiques sur site (E in situ et E-H in situ) tout comme les mesures de débit d'absorption spécifique (DAS), accrédités ou candidats à l'accréditation, qu'ils réalisent eux-mêmes le raccordement au SI de leurs équipements de mesure ou bien qu'ils fassent appel à des laboratoires d'étalonnages accrédités.
D'autres laboratoires d'essais dans des domaines d'activités associées peuvent l'utiliser dans la mesure où leurs problématiques en terme de raccordement au SI des équipements sont semblables à celles recensées ci-après et y correspondent pour répondre à leur besoin ;
- laboratoires d'étalonnage pour comprendre et aider les laboratoires d'essais précités dans leur démarche ;
- évaluateurs du Cofrac ; il constitue une base d'harmonisation à leur usage ;
- membres des instances du Cofrac (Comité de Section, Commission d'accréditation "Electricité - Rayonnements - Technologies de l'Information") ;
- membres de la structure permanente du Cofrac ;
- clients des Laboratoires accrédités dans ce domaine ;
- instances officielles concernées par ce domaine.

Ce guide correspond à l'état de la normalisation au jour de sa publication. Il est de la responsabilité du laboratoire d'essais utilisateur de prendre en compte les évolutions de la normalisation lors de l'utilisation du présent guide.

4. MODALITES D'APPLICATION

Ce document est applicable à compter du **8 avril 2019**.

5. MODIFICATIONS APPORTEES A L'EDITION PRECEDENTE

Du fait de la refonte du document et par souci de lisibilité, les modifications n'y sont pas repérées.

Les principaux changements concernent :

- la prise en compte des évolutions normatives et du document Cofrac LAB REF 02,
- l'utilisation de nouveaux équipements de mesure employés lors des essais de CEM, de radiofréquence et de champs électromagnétiques sur site,



- l'intégration des domaines techniques des mesures de l'exposition humaine aux champs électromagnétiques et de débit d'absorption spécifique,
- le retrait des dates et versions des documents de référence applicables,
- l'ajout d'un paragraphe relatif aux conditions ambiantes.

LA VERSION ELECTRONIQUE FAIT FOI



6. GUIDE DE LECTURE DES EXIGENCES NORMATIVES ET RECOMMANDATIONS

6.1. Généralités sur la traçabilité au SI

REFERENTIELS	GUIDE DE LECTURE ET RECOMMANDATIONS
NF EN ISO/IEC 17025 6.4 - EQUIPEMENTS 6.4.6 6.4.7 6.5 - TRAÇABILITÉ MÉTROLOGIQUE 6.5.1 6.5.2	<p>Le laboratoire peut établir la liste des équipements de mesure ayant une influence sur les résultats qu'il utilise lors de la réalisation d'essais ou mesures sous accréditation ainsi que chaque programme d'étalonnage en s'appuyant sur les chapitres 7 "Equipements de mesure et traçabilité du mesurage associée" et 8 "Fiches techniques de programmes de confirmation métrologique" du présent document.</p> <p>Si le laboratoire juge qu'un équipement de mesure, identifié comme ayant une influence sur les résultats au chapitre 7 "Equipements de mesure et traçabilité du mesurage associée" du présent document, n'en a pas dans le cadre de son utilisation dans la chaîne de mesure, il lui appartient de le démontrer. Il convient que le laboratoire puisse justifier des programmes d'étalonnage qu'il a établis ainsi que des périodicités d'étalonnage.</p>
LAB REF 02 6.4 - EQUIPEMENTS 6.4.6 6.5 - TRAÇABILITÉ MÉTROLOGIQUE 6.5.1 6.5.2	<p>Dans le domaine des essais de CEM, radiofréquence et mesures de débit d'absorption spécifique, de l'exposition humaine aux champs électromagnétiques et des champs électromagnétiques sur site, les spécifications métrologiques sont généralement précisées dans les référentiels d'essais (exemples : NF EN 61000-4-2, NF EN 61000-4-5, etc.) ou de mesures (exemple : ANFR/DR 15).</p> <p>Dans les autres cas, les spécifications métrologiques correspondant au besoin du laboratoire et à l'utilisation de l'équipement de mesure ou d'essai seront fixées et justifiées par le laboratoire.</p>



6.2. Cas où la traçabilité au SI n'est pas réalisable

REFERENTIELS	GUIDE DE LECTURE ET RECOMMANDATIONS
NF EN ISO/IEC 17025 : 2017 6.5 - TRAÇABILITÉ MÉTROLOGIQUE 6.5.3	Dans le cadre de la mise en œuvre des versions 3.1 et ultérieures du protocole ANFR/DR 15, la traçabilité au SI des décodeurs UMTS n'est pas réalisable. En effet, cela concerne l'utilisation de décodeurs de signaux UMTS pour déterminer le niveau de champ produit par les stations de base UMTS (Node B) en condition de trafic maximum, cette détermination étant basée sur la mesure de la puissance du Primary Common Pilot Channel P-CPICH qui réalise une extrapolation de la puissance maximale dans le canal UMTS associé. Se référer au tableau présenté au chapitre 7 du présent document : renvoi sur la procédure ANFR/DR 16 permettant de maîtriser le niveau de P-CPICH mesuré (disponible sur www.anfr.fr).
LAB REF 02 6.5 - TRAÇABILITÉ MÉTROLOGIQUE 6.5.3	

6.3. Traçabilité au SI des étalons de référence

REFERENTIELS	GUIDE DE LECTURE ET RECOMMANDATIONS
LAB REF 02 6.5 - TRAÇABILITÉ MÉTROLOGIQUE 6.5.2	Le cas de l'analyseur de réseaux vectoriel, utilisé par de nombreux laboratoires d'essais pour réaliser le raccordement au SI de leurs équipements de mesure ayant une influence sur les résultats est développé plus amplement au chapitre 9 "Traçabilité au SI en interne : cas de l'analyseur de réseaux vectoriel" du présent document.



6.4. Evaluation de la traçabilité au SI

REFERENTIELS	GUIDE DE LECTURE ET RECOMMANDATIONS
LAB REF 02 6.5 - TRAÇABILITÉ MÉTROLOGIQUE 6.5.2	Concernant le raccordement via un LNM (dont les CMC sont couvertes par la reconnaissance mutuelle du CIPM), le laboratoire peut consulter pour les domaines "Electricité et Magnétisme" et "Temps et Fréquence" les CMC dans la base de données KCDB (Key Comparison DataBase) sur le site internet du BIPM (www.bipm.org).
LAB REF 02 6.5 - TRAÇABILITÉ MÉTROLOGIQUE 6.5.2 - Métrologie réalisée en interne	<p>Pour chaque équipement ou type d'équipement de mesure raccordé au SI en interne et ayant une influence sur les résultats, il appartient au laboratoire d'essais d'avoir formalisé des dispositions documentées et des enregistrements traitant des points clés abordés dans les documents de référence Cofrac concernés.</p> <p>Le document LAB GTA 10 "GUIDE TECHNIQUE D'ACCREDITATION (GTA) en métrologie des grandeurs électriques, magnétiques et temporelles" (disponible sur www.cofrac.fr) présente des recommandations relatives à l'évaluation des incertitudes d'étalonnage ainsi que des exemples de détermination de composantes d'incertitude.</p>



6.5. Installations et conditions ambiantes

La stabilité et l'homogénéité en température du laboratoire doivent être telles qu'au niveau des postes de travail et des zones d'essai (sites et moyens d'essai) la température soit toujours comprise dans les tolérances fixées par les normes d'essai. Il convient donc de disposer d'un thermomètre raccordé au SI.

Sauf nécessité particulière (influence du paramètre sur les prestations réalisées), de manière générale, il n'est pas indispensable de réguler l'humidité relative du laboratoire. Dans le cas où l'hygrométrie (ou la pression) est considérée par le laboratoire comme un paramètre sans influence critique, un raccordement au SI n'est pas nécessaire.

7. EQUIPEMENTS DE MESURE ET TRACABILITE DU MESURAGE ASSOCIEE

Les équipements de mesure les plus couramment utilisés lors des :

- essais de CEM,
- essais de radiofréquence,
- mesures de l'exposition humaine aux champs électromagnétiques (sur site et en laboratoire),
- mesure du débit d'absorption spécifique,

sont recensés dans les tableaux ci-après.

Deux cas se présentent pour chaque domaine d'essais :

- 1) Lorsque l'équipement de mesure est considéré comme ayant une influence sur les résultats : dans la colonne « confirmation métrologique », un renvoi est fait vers une fiche technique contenant le programme de confirmation métrologique correspondant. L'ensemble de ces fiches techniques est présenté au chapitre 9 du présent guide. Le cas échéant, les commentaires portés dans la colonne « confirmation métrologique » viennent compléter la fiche technique.
- 2) Lorsque l'équipement de mesure est considéré comme n'ayant pas d'influence sur les résultats : un contrôle fonctionnel a minima est défini dans la colonne du même nom.

Dans les tableaux ci-après, les normes citées le cas échéant ont été prises à titre d'exemple parmi les plus couramment utilisées dans les domaines des essais.

Dans le cas d'utilisation d'autres normes d'essais, il appartient au laboratoire de vérifier que les éléments proposés dans les tableaux ci-après et les fiches techniques correspondent à ses besoins.



7.1. Essais de compatibilité électromagnétique

TYPE D'EQUIPEMENT	CONFIRMATION METROLOGIQUE	CONTROLE FONCTIONNEL
Adaptateurs d'impédance	Fiche technique n°26	/
Amplificateurs de puissance RF	/	Contrôle de la valeur du taux d'harmoniques au niveau de puissance maximale d'utilisation.
Analyseurs de perturbations discontinues	Fiche technique n° 27 Uniquement lorsque l'analyseur intègre la mesure Quasi Crête et l'analyse temporelle.	Contrôle selon la méthode de la norme CISPR 16-1-1
Analyseurs de spectre	Fiche technique n°1 <i>Note : Lorsque l'analyseur de spectre est utilisé en wattmètre, se reporter à la rubrique "Wattmètre RF"</i>	/
Antennes	Fiche technique n°4 pour les essais d'émission	Pour les essais d'immunité : contrôle visuel de l'état de l'antenne et de la connectique
Atténuateurs RF	Fiche technique n°6 pour les essais non effectués par substitution	Pour les essais en immunité effectués par substitution : contrôle de la valeur de l'affaiblissement.
Bobines d'induction (exemple : NF EN 61000-4-9, NF EN 61000-4-10)	/	Pour les bobines de dimensions non normalisées : homogénéité du champ et facteur de bobine
Boucles de mesure (exemple : MIL STD 461/462, GAM EG 13, CISPR 16-1-2)	/	Contrôle dimensionnel et visuel de l'état de la boucle et de la connectique
Boucles de Van Veen	/	Facteur de validation selon la méthode de la norme prise en considération.
Câbles	Fiche technique n°6 pour les essais non effectués par substitution	Pour les essais effectués par substitution : contrôle de l'intégrité du blindage et de la valeur de l'affaiblissement
Charges RF	Fiche technique n°7 pour les essais autres qu'en immunité effectués par substitution	Pour les essais en immunité effectués par substitution : contrôle de la valeur résistive en courant continu
Coupleurs RF	Fiche technique n°7 pour les essais autres qu'en immunité effectués par substitution	Pour les essais en immunité effectués par substitution : contrôle des valeurs d'affaiblissement
Emplacements d'essai	/	Mesure de l'ANE et du SVSWR suivant les normes correspondantes et évaluation de l'incertitude de ces mesures
Filtres (par exemple : filtre d'harmonique, passe-bas...)	/	Contrôle de la courbe de réponse du filtre, à adapter en fonction de l'utilisation
Flickermètres	Fiche technique n°8	/
Gaussmètres (Teslamètres)	Fiche technique n°33	/



TYPE D'EQUIPEMENT	CONFIRMATION METROLOGIQUE	CONTROLE FONCTIONNEL
Générateurs de chocs électriques (exemple : NF EN 61000-4-5)	Fiche technique n°9	/
Générateurs de courant (exemple : NF EN 61000-4-8)	/	Facteur total de distorsion pour une valeur du courant de sortie maximum, le générateur étant connecté à la bobine d'induction
Générateurs de perturbations BF en mode commun (exemple : NF EN 61000-4-16)	Fiche technique n°31	/
Générateurs d'impulsions (exemple : ISO 7637-2)	Fiche technique n°32	/
Générateurs d'immunité BF aux harmoniques et inter-harmoniques (exemple : NF EN 61000-4-13)	Fiche technique n°33	/
Générateurs d'immunité aux perturbations conduite en mode différentiel de 2 kHz à 150 kHz (exemple : NF EN 61000-4-19)	Fiche technique n°34	/
Générateurs de creux, de coupures brèves et de variation de tension (exemple : NF EN 61000-4-11 et NF EN 61000-4-34)	Fiche technique n°10	/
Générateurs de creux, de coupures brèves et de variations de tension en courant continu (exemple : NF EN 61000-4-29)	Fiche technique n°35	/
Générateurs de décharges électrostatiques (exemple : NF EN 61000-4-2)	Fiche technique n°11	Contrôle en mode décharge dans l'air
Générateurs d'ondes oscillatoires amorties (exemple : NF EN 61000-4-18)	Fiche technique n°36	
Générateurs d'ondes sinusoïdales amorties (exemple : NF EN 61000-4-12)	Fiche technique n°12	/
Générateurs RF et hyperfréquences (synthétiseur)	/	Contrôle de l'amplitude, la fréquence, la modulation
Générateurs de transitoires rapides en salves (exemple : NF EN 61000-4-4)	Fiche technique n°14	/
Générateurs de transitoires (exemple : MIL STD 461/462 ou RTCA DO 160)	Fiche technique n°15	/
Interrupteur S (exemple : ISO 7637-2)	/	Contrôle visuel et fonctionnel.



TYPE D'EQUIPEMENT	CONFIRMATION METROLOGIQUE	CONTROLE FONCTIONNEL
JIG	/	Contrôle visuel (contact des connecteurs, fermeture...)
Mains artificielles	/	Contrôle des valeurs de résistance et capacité
Mesureurs d'harmoniques (exemple : NF EN 61000-3-2)	Fiche technique n°16	/
Milliwattmètres RF	Fiche technique n°25 <i>Note : selon le besoin, un analyseur de spectre peut être utilisé comme wattmètre</i>	Pour les essais d'immunité effectués par substitution : contrôle du facteur de réflexion de l'entrée et de la répétabilité des mesures de puissance Pour les mesures directes de puissance impulsionnelle : contrôle de la réponse à un signal impulsionnel périodique
Pincés absorbantes	Fiche technique n°17 avant l'utilisation initiale	Contrôle fonctionnel périodique : facteur de pince
Pincés EM	/	Contrôle de la directivité
Pincés capacitives (exemple : NF EN 61000-4-4, NF EN 61000-4-18)	Fiches techniques n°14 et n°36 selon l'équipement utilisé	/
Pincés d'injection de courant	/	Contrôle de la fonction de transfert
Préamplificateurs	Fiche technique n°18	/
Récepteurs CISPR	Fiche technique n°19 Dans le cas où le laboratoire travaille à un niveau proche de la saturation du mélangeur, la vérification des réponses parasites décrite dans la fiche technique n°19 est à appliquer	/
Réseaux de couplage découplage (RCD) pour l'immunité aux radiofréquences	Fiche technique n°20	/
Réseaux de découplage (CMAD) pour l'émission rayonnée aux champs électriques	/	Contrôle visuel Contrôle des valeurs des paramètres S (CISPR 16-1-4)
Réseaux de découplage (RD) pour l'immunité aux radiofréquences et à l'émission conduite en courant (exemple : CISPR 32)	/	Contrôle visuel. Contrôle des valeurs du module de l'impédance en mode commun et inductance comme défini dans la NF EN 61000-4-6
Réseaux de stabilisation d'impédance (RSI) (exemple : CISPR 16-1-2)	Fiche technique n°21	/
Réseaux de stabilisation d'impédance de ligne (RSIL) (exemple : CISPR 16-1-2)	Fiche technique n°22	/



TYPE D'EQUIPEMENT	CONFIRMATION METROLOGIQUE	CONTROLE FONCTIONNEL
Sondes de champs isotropiques / champmètres	Fiche technique n°23 (champ électrique uniquement)	/
Sondes ou pinces de mesure de courant RF	Fiche technique n°24	/
Sondes de tension 1500 Ω (CISPR 16-1-2)	Fiche technique n°22 (facteur de division uniquement)	/
Sources d'alimentation pour les mesures d'harmoniques (exemple : NF EN 61000-3-2)	/	Contrôle de : Tension d'essai Fréquence d'essai Déphasage (si triphasé) Taux d'harmonique
Supports d'essai sur lesquels repose l'objet en essai	/	Caractérisation de la table selon la CISPR16-1-4

7.2. Essais de radiofréquence

TYPE D'EQUIPEMENT	CONFIRMATION METROLOGIQUE	CONTROLE FONCTIONNEL
Analyseurs de spectre	Fiche technique n°2	/
Antennes	Fiche technique n°4 pour les mesures non effectuées par substitution	Pour les mesures effectuées par substitution : contrôle visuel de l'état de l'antenne et de la connectique
Atténuateurs RF	Fiche technique n°6 pour les mesures non effectuées par substitution	Pour les mesures effectuées par substitution : contrôle de la valeur de l'affaiblissement
Câbles	Fiche technique n°6 pour les mesures non effectuées par substitution	Pour les mesures effectuées par substitution pour les câbles n'ayant pas d'incidence sur l'exactitude de la mesure : contrôle de l'intégrité du blindage et de la valeur de l'affaiblissement
Charges RF	/	Contrôle visuel de l'état de la connectique et de la valeur résistive en courant continu
Coupleurs RF (combineurs)	Fiche technique n°7 pour les mesures non effectuées par substitution	Pour les mesures effectuées par substitution : contrôle des valeurs d'affaiblissement
Détecteurs à diode	/	Contrôle visuel de l'état de la connectique.
Diviseurs de puissance RF (splitters)	Fiche technique n°28	/
Emplacements d'essai	/	Mesure de l'ANE suivant le document ETR 102 273-X et évaluation de l'incertitude de cette mesure
Enceinte climatique	/	Caractérisation de la zone d'essai avec homogénéité de la température.



TYPE D'EQUIPEMENT	CONFIRMATION METROLOGIQUE	CONTROLE FONCTIONNEL
Filtres (par exemple : filtre d'harmonique, passe-bas...)	/	Contrôle de la courbe de réponse du filtre, à adapter en fonction de l'utilisation
Générateurs RF et hyperfréquences (synthétiseur)	Fiche technique n°13 lorsque le générateur RF est utilisé comme référence	/
Milliwattmètres RF	Fiche technique n°25 <i>Note : selon le besoin, un analyseur de spectre peut être utilisé comme wattmètre</i>	/
Préamplificateurs	Fiche technique n°18 pour les mesures non effectuées par substitution	Pour les mesures effectuées en substitution : contrôle du gain

7.3. Mesures de l'exposition humaine aux champs électromagnétiques (in situ et en laboratoire)

TYPE D'EQUIPEMENT	CONFIRMATION METROLOGIQUE	CONTROLE FONCTIONNEL
Analyseurs de spectre	Fiche technique n°3	/
Antennes	Fiche technique n°4	/
Antennes triaxes	Fiche technique n°5	/
Atténuateurs RF Commutateurs	Fiche technique n°6	/
Câbles	Fiche technique n°6 (affaiblissement uniquement)	/
Décodeurs UMTS	Procédure ANFR/DR-15 (disponible sur www.anfr.fr .)	/
Gaussmètres	Fiche technique n°30	/
Préamplificateurs	Fiche technique n°18	/
Sondes de champs isotropiques / champmètres	Fiche technique n°23	/
Sondes ou pinces de mesure de courant RF	Fiche technique n°24	/
Têtes de Van Der Hoofden	Fiche technique n°6 pour le réseau (atténuateur fixe)	Contrôle visuel (dimension) pour la tête.



7.4. Mesures de débit d'absorption spécifique

TYPE D'EQUIPEMENT	CONFIRMATION METROLOGIQUE	CONTROLE FONCTIONNEL
Analyseurs de réseau	Voir §9 de ce présent document	/
Dipôles ou sondes de mesure pour la caractérisation du liquide	Annexe J à la norme EN 62209-1	/
Fantômes pour le DAS	/	Contrôle dimensionnel (forme et taille) du fantôme Contrôle des caractéristiques du matériau (cf NF EN 62209-1)
Liquides pour le DAS	Fiche technique n°29	Evaluation des propriétés diélectriques aux températures et fréquence appropriées
Sondes de mesure de DAS	Fiche technique n°29	/
Supports de fixation de l'objet soumis à essai pour le DAS	/	Vérification de la précision de la position de l'objet soumis à essai Contrôle des caractéristiques des matériaux (cf NF EN 62209-1)

8. FICHES TECHNIQUES DE PROGRAMMES DE CONFIRMATION METROLOGIQUE

Ce chapitre présente des programmes de mesurage à réaliser sur les principaux équipements de mesure ayant une influence sur les résultats utilisés par les laboratoires d'essais accrédités ou candidats à l'accréditation lors de la réalisation :

- d'essais de CEM,
- d'essais de radiofréquence,
- de mesures de l'exposition humaine aux champs électromagnétiques in situ et en laboratoire,
- de mesure du débit d'absorption spécifique,

afin de pouvoir réaliser leur confirmation métrologique.

L'ensemble des fiches techniques présentées ci-après sont répertoriées de la façon suivante :

1. Analyseurs de spectre utilisés dans le domaine des essais CEM
2. Analyseurs de spectre utilisés dans le domaine des essais de radiofréquence
3. Analyseurs de spectre utilisés dans le domaine des mesures de champs électromagnétiques
4. Antennes utilisées pour les mesures d'émission
5. Antennes triaxes
6. Atténuateurs et câbles RF
7. Charges et coupleurs RF
8. Flickermètres
9. Générateurs de chocs électriques
10. Générateurs de creux, de coupures brèves et de variations de tension – alimentation en courant alternatif
11. Générateurs de décharges électrostatiques



12. Générateurs d'ondes sinusoïdales amorties
13. Générateurs RF et hyperfréquence utilisés dans le domaine des essais de radiofréquence
14. Générateurs de transitoires rapides en salves
15. Générateurs de transitoires ("onde 10 μ s")
16. Mesureurs d'harmoniques
17. Pincés absorbantes
18. Préamplificateurs faible bruit
19. Récepteurs CISPR
20. Réseaux de couplage découplage (RCD) pour l'immunité aux radiofréquences
21. Réseaux de stabilisation d'impédance (RSI)
22. Réseaux de stabilisation d'impédance de ligne (RSIL)
23. Sondes de champs isotropiques / champmètres
24. Sondes ou pincés de mesure de courant RF
25. Wattmètres RF
26. Adaptateurs d'impédance
27. Analyseurs de perturbations discontinues
28. Diviseurs de puissance RF (splitters – répartiteurs)
29. Equipements pour la mesure du débit d'absorption spécifique (DAS)
30. Gaussmètres / Teslamètres
31. Générateurs de perturbations BF en mode commun
32. Générateurs d'impulsion ISO 7637-2
33. Générateurs d'immunité BF aux harmoniques et inter-harmoniques
34. Générateurs d'immunité aux perturbations conduites en mode différentiel de 2 kHz à 150 kHz
35. Générateurs de creux, de coupures brèves et de variations de tension – alimentation en courant continu
36. Générateurs d'ondes oscillatoires amorties

D'autres programmes, concernant des équipements tels que les oscilloscopes, les oscillateurs, etc... sont présentés dans le document FDX 07-025-2.

Pour chaque programme de confirmation métrologique des fiches techniques présentées ci-après, le laboratoire d'essais utilisateur peut adapter le programme s'il n'utilise pas tous les niveaux ou fonctionnalités de l'équipement de mesure considéré.

Il appartient au laboratoire d'essais utilisateur de vérifier que les programmes correspondent bien aux normes d'essais qu'il applique et de les adapter à ses besoins dans le cas contraire.

Dans les programmes qui suivent, les normes citées le cas échéant ont été prises à titre d'exemple parmi les plus couramment utilisées dans les domaines des essais de CEM. Dans ce cas, les programmes de confirmation métrologique concernés correspondent à l'état de la normalisation au jour de la sortie du présent guide. Il est de la responsabilité du laboratoire d'essais de prendre en compte les évolutions de la normalisation lors de l'utilisation du présent document.



1) Analyseurs de spectre utilisés dans le domaine des essais CEM

Désignation des caractéristiques à mesurer	Programme	Commentaires
Exactitude absolue du niveau	1 point de mesure à la fréquence de référence et au niveau de référence en détection crête	La fréquence de référence et le niveau de référence sont les valeurs correspondantes à celles de la source interne de référence. En absence de cette source, la fréquence de référence pourra être de 50 MHz et le niveau de référence de -10 dBm par défaut, des valeurs spécifiées par le constructeur ou spécifiées par l'utilisateur.
Réponse en fréquence	Mesure à 10 fréquences uniformément réparties sur l'étendue de mesure (dont les valeurs extrêmes)	Généralement à -10 dBm ou à un niveau adapté ; avec au moins 10 dB d'affaiblissement par défaut
Affaiblissement	1 point de mesure tous les 10 dB à la fréquence de référence et à la fréquence maximale d'utilisation	Le programme est à adapter selon la technologie de l'affaiblisseur d'entrée utilisé
Gain FI Référence Level – Niveau de référence	1 point de mesure tous les 10 dB sur toute la dynamique	A une fréquence
Exactitude des échelles	Echelle 10 dB/div : 1 point de mesure tous les 10 dB sur toute la dynamique Echelle 1 dB/div : 1 point de mesure tous les dB de 1 dB à 10 dB Autres échelles logarithmiques : 1 point de mesure à 10 fois l'échelle Echelle linéaire : 3 points de mesure uniformément répartis	
Facteur de réflexion	Pour chaque entrée : mesure à 3 fréquences comprenant la fréquence maximale avec 0 dB et 10 dB d'affaiblissement	Pour l'entrée basse fréquence (< 30 MHz), seulement à la fréquence maximale.
Fréquences centrales	Mesure de 3 fréquences par bande (début, milieu et fin)	Pour une faible excursion de fréquence
Filtres de résolution	Bande passante et sélectivité des filtres spécifiées par les normes utilisées	Pour la valeur d'affaiblissement spécifiée par la norme d'essai (3 dB par exemple)
Fonction CISPR	Voir la fiche technique concernant les récepteurs répondant à la norme CISPR : sélectivité des filtres CISPR et mesures en signal impulsionnel	/

En complément, contrôler :

- le niveau de bruit.

En complément, contrôler (optionnel) :

- les vitesses de balayage en mémoires numériques et analogiques,
- la FM résiduelle à une fréquence (celle préconisée par le constructeur ou par défaut au milieu de la première plage)



- les filtres vidéo,
 - le fonctionnement en pilote externe,
 - les fonctions annexes,
 - les signaux des diverses sorties,
 - la sortie FI,
 - la fréquence et le niveau de la source interne de référence.

Toutes les fonctions relevant de l'application d'une norme spécifique ou d'une utilisation particulière seront traitées suivant un programme défini par le laboratoire utilisateur. Celui-ci peut adapter le programme s'il n'utilise pas tous les niveaux ou fonctionnalités de l'équipement de mesure considéré.

LA VERSION ELECTRONIQUE FAIT FOI



2) Analyseurs de spectre utilisés dans le domaine des essais de radiofréquence

Désignation des caractéristiques à mesurer	Programme	Commentaires
Exactitude absolue du niveau	1 point de mesure à la fréquence de référence et au niveau de référence	La fréquence de référence et le niveau de référence sont les valeurs correspondantes à celles de la source interne de référence. En absence de cette source, la fréquence de référence pourra être de 50MHz et le niveau de référence (-10 dBm par exemple), des valeurs spécifiées par le constructeur ou spécifiées par l'utilisateur.
Réponse en fréquence	Mesure à 10 fréquences uniformément réparties sur l'étendue de mesure (dont les valeurs extrêmes)	Généralement à -10 dBm ou à un niveau adapté ; avec au moins 10 dB d'affaiblissement par défaut
Affaiblissement	1 point de mesure tous les 10 dB à la fréquence de référence et à la fréquence maximale d'utilisation	Le programme est à adapter selon la technologie de l'affaiblisseur d'entrée utilisé.
Gain FI Reference Level – Niveau de référence	1 point de mesure tous les 10 dB sur toute la dynamique	
Exactitude des échelles	Echelle 10 dB/div : 1 point de mesure tous les 10 dB sur toute la dynamique Echelle 1 dB/div : 1 point de mesure tous les dB de 1 dB à 10 dB Autres échelles logarithmiques : 1 point de mesure à 10 fois l'échelle Echelle linéaire : 3 points de mesure uniformément repartis	A une fréquence
Facteur de réflexion	Pour chaque entrée : mesure à 3 fréquences comprenant la fréquence maximale avec 0 dB et 10 dB d'affaiblissement	Pour l'entrée basse fréquence (< 30 MHz), seulement à la fréquence maximale.
Filtres de résolution	Bande passante et sélectivité des filtres spécifiées par les normes utilisées	Pour la valeur d'affaiblissement spécifiée par la norme d'essai (3 dB par exemple)
Ecart de niveau entre filtres de résolution	Pour chaque filtre, à la fréquence centrale	/
Pilote interne	Ecart de fréquence	Après le temps de stabilisation donné par le constructeur (ou par défaut 24 heures)
Fréquences centrales	- 3 fréquences par bande (début, milieu et fin) - à 1 fréquence pour 5 excursions de fréquence	Pour une faible excursion de fréquence
Fréquencemètre	1 fréquence dans chaque bande extrême	/
Excursion de fréquence	10 valeurs uniformément réparties	Excursion mesurée sur 8 divisions
Générateur de poursuite	Voir la fiche technique concernant les générateurs RF et hyperfréquences	Si le générateur de poursuite est utilisé en tant que générateur externe



En complément, contrôler :

- le niveau de bruit,
- la sortie FI,
- la mesure de puissance dans le canal adjacent.

En complément, contrôler (optionnel) :

- les vitesses de balayage en mémoires numériques et analogiques,
- la FM résiduelle à une fréquence (celle préconisée par le constructeur ou par défaut au milieu de la première plage)
- les filtres vidéo,
- le fonctionnement en pilote externe,
- les fonctions annexes,
- les signaux des diverses sorties,
- les réponses parasites (distorsion de l'harmonique 2, distorsion d'intermodulation du 3ème ordre, amplitude des raies parasites), les fréquences de mesures sont fournies par le donneur d'ordres,
- la fréquence et le niveau de la source interne de référence.

Toutes les fonctions relevant de l'application d'une norme spécifique ou d'une utilisation particulière seront traitées suivant un programme défini par le laboratoire utilisateur. Celui-ci peut adapter le programme s'il n'utilise pas tous les niveaux ou fonctionnalités de l'équipement de mesure considéré.

LA VERSION ELECTRONIQUE FAIT FOI



3) Analyseurs de spectre utilisés dans le domaine des mesures de champs électromagnétiques

Désignation des caractéristiques à mesurer	Programme	Commentaires
Exactitude absolue du niveau	1 point de mesure à la fréquence de référence et au niveau de référence	La fréquence de référence et le niveau de référence sont les valeurs correspondantes à celles de la source interne de référence. En absence de cette source, la fréquence de référence pourra être de 50 MHz et le niveau de référence de -10 dBm par défaut, des valeurs spécifiées par le constructeur ou spécifiées par l'utilisateur.
Réponse en fréquence	Mesure à 10 fréquences uniformément réparties sur l'étendue de mesure (dont les valeurs extrêmes)	Généralement à -10 dBm ou à un niveau adapté ; avec au moins 10 dB d'affaiblissement par défaut
Niveau de référence Exactitude des échelles	1 point de mesure tous les 10 dB à la fréquence de référence par défaut ou celle spécifiée par l'utilisateur ainsi qu'à la fréquence minimale et maximale d'utilisation sur toute la dynamique sans activation du préamplificateur interne et avec activation sur les niveaux de référence sensibles ou d'utilisation	Le gain FI et l'affaiblissement sont couplés au niveau de référence
Facteur de réflexion	Mesure à 3 fréquences comprenant la fréquence maximale avec 10 dB d'affaiblissement	/
Fréquences centrales	Mesure de 3 fréquences (début, milieu et fin)	Pour une faible excursion de fréquence
Filtres de résolution (standards, EMI, CISPR, etc.)	Bande passante et sélectivité des filtres spécifiées par les normes utilisées	Pour les valeurs d'affaiblissement spécifiées par la norme d'essai utilisée (3 dB par exemple)

En complément, contrôler :

- la puissance (mode channel power) d'une porteuse non modulée et modulée, en détection crête, efficace, moyenne pour une largeur de canal adaptée à l'utilisation,
- le niveau de bruit.

En complément, contrôler (optionnel) :

- la fréquence et le niveau de la source interne de référence,
- l'échelle 1 dB/div : 1 point de mesure tous les dB de 1 dB à 10 dB à une fréquence.

Toutes les fonctions relevant de l'application d'une norme spécifique ou d'une utilisation particulière seront traitées suivant un programme défini par le laboratoire utilisateur. Celui-ci peut adapter le programme s'il n'utilise pas tous les niveaux ou fonctionnalités de l'équipement de mesure considéré.



4) Antennes utilisées pour les mesures d'émission

Antenne magnétique – plage de fréquence [30 Hz – 30 MHz]

Désignation des caractéristiques à mesurer	Programme	Commentaires
Facteur d'antenne Conversion Tension RF (dB μ V) – Champ H (dB μ A/m)	SAE ARP 958D (Electromagnetic Interference Measurement Antennas; Standard Calibration Method)	/
Facteur d'antenne Conversion Tension RF (dB μ V) – Induction B (dBpT)	SAE ARP 958D (Electromagnetic Interference Measurement Antennas; Standard Calibration Method)	La norme SAE ARP 958D est utilisée pour les antennes d'essais MIL STD

Antenne Fouet – plage de fréquence [9 kHz – 30 MHz]

Désignation des caractéristiques à mesurer	Programme	Commentaires
Facteur d'antenne Conversion Tension RF (dB μ V) – Champ E (dB μ V/m)	ANSI C63.5 (American National Standard for Electromagnetic Compatibility - Radiated Emission Measurements in Electromagnetic Interference (EMI) Control – Calibration of Antennas (9 kHz to 40 GHz)) CISPR-16-1-6	Méthode de substitution du condensateur équivalent

Antenne Biconique / Log périodique / Bilog / Dipôle – plage de fréquence [30 MHz – 1 GHz]

Désignation des caractéristiques à mesurer	Programme	Commentaires
Facteur d'antenne	ANSI C63.5 (American National Standard for Electromagnetic Compatibility - Radiated Emission Measurements in Electromagnetic Interference (EMI) Control – Calibration of Antennas (9 kHz to 40 GHz)) CISPR-16-1-6	Méthode des 3 antennes (30 MHz à 40 GHz) ou Méthode de l'antenne de référence (30 MHz à 1 GHz)
Facteur d'antenne	SAE ARP 958D (Electromagnetic Interference Measurement Antennas; Standard Calibration Method)	La norme SAE ARP 958D est utilisée pour les antennes d'essais MIL STD



Antenne Cornet / Log périodique – plage de fréquence [1 GHz - 40 GHz]

Désignation des caractéristiques à mesurer	Programme	Commentaires
Gain d'antenne	ANSI C63.5 (American National Standard for Electromagnetic Compatibility - Radiated Emission Measurements in Electromagnetic Interference (EMI) Control - Calibration of Antennas (9 kHz to 40 GHz)) CISPR-16-1-6	Méthode des 3 antennes (1 GHz à 40 GHz)
Gain d'antenne	Mesures à 3 m et/ou 10 m 10 fréquences par décade	Méthode de substitution avec antenne de référence

Toutes les fonctions relevant de l'application d'une norme spécifique ou d'une utilisation particulière seront traitées suivant un programme défini par le laboratoire utilisateur. Celui-ci peut adapter le programme s'il n'utilise pas tous les niveaux ou fonctionnalités de l'équipement de mesure considéré.

LA VERSION ELECTRONIQUE FAIT FOI



5) Antennes triaxes

Désignation des caractéristiques à mesurer	Programme	Commentaires
Facteurs d'antenne	Pour chaque axe, 10 points de mesure par décade sur l'étendue de la bande passante avec et sans préamplificateur activé en fonction de l'utilisation	/
Isotropie axiale	Pour chaque axe, mesure sur 360° avec un pas de 45° à 1 fréquence	/

En complément, contrôler :

- isolation (découplage) entre les axes, en polarisations horizontale et verticale à 3 fréquences (début, milieu, fin).

Toutes les fonctions relevant de l'application d'une norme spécifique ou d'une utilisation particulière seront traitées suivant un programme défini par le laboratoire utilisateur. Celui-ci peut adapter le programme s'il n'utilise pas tous les niveaux ou fonctionnalités de l'équipement de mesure considéré.

LA VERSION ELECTRONIQUE FAIT FOI



6) Atténuateurs et câbles rf

Atténuateurs RF fixes

Câbles

Désignation des caractéristiques à mesurer	Programme	Commentaires
Affaiblissement	Mesure à 3 fréquences dont la fréquence maximale d'utilisation	Pour les câbles, le nombre de points doit être suffisant pour la plage d'utilisation.
Facteur de réflexion	Mesure à la fréquence maximale d'utilisation à l'entrée et à la sortie	Lorsque le facteur de réflexion est spécifié par bande de fréquence, il est recommandé de le mesurer à la fréquence maximale de chaque sous-bande.

Atténuateurs RF à plots

Désignation des caractéristiques à mesurer	Programme	Commentaires
Affaiblissement	Mesure à 3 fréquences pour chaque pas d'affaiblissement dont la fréquence maximale	/
	Mesure pour 1 point d'additivité	/
Facteur de réflexion	Mesure à la fréquence maximale d'utilisation à l'entrée et à la sortie	Lorsque le facteur de réflexion est spécifié par bande de fréquence, il est recommandé de le mesurer à la fréquence maximale de chaque sous-bande.

Toutes les fonctions relevant de l'application d'une norme spécifique ou d'une utilisation particulière seront traitées suivant un programme défini par le laboratoire utilisateur. Celui-ci peut adapter le programme s'il n'utilise pas tous les niveaux ou fonctionnalités de l'équipement de mesure considéré.



7) Charges et coupleurs rf

Charges RF

Désignation des caractéristiques à mesurer	Programme	Commentaires
Facteur de réflexion	Mesure à 5 fréquences dont la fréquence maximale d'utilisation	/

Coupleurs RF

Désignation des caractéristiques à mesurer	Programme	Commentaires
Facteur de couplage	Mesure aux fréquences maximale, minimale et médiane	(1)
Facteur de réflexion	Mesure aux fréquences maximale, minimale et médiane	
Facteur de directivité	Mesure aux fréquences maximale, minimale et médiane	

(1) dans le cas des coupleurs bidirectionnels, les mesures sont à réaliser pour les 2 couplages.

Toutes les fonctions relevant de l'application d'une norme spécifique ou d'une utilisation particulière seront traitées suivant un programme défini par le laboratoire utilisateur. Celui-ci peut adapter le programme s'il n'utilise pas tous les niveaux ou fonctionnalités de l'équipement de mesure considéré.

LA VERSION ELECTRONIQUE FAIT FOI



8) Flickermètres

Flickermètre

Désignation des caractéristiques à mesurer	Programme	Commentaires
Pst	Mesure de la valeur du Pst (valeur du flicker courte durée) pour un signal alternatif sinusoïdal de fréquence 50 Hz (ou 60 Hz) modulé par un signal carré, d'amplitude et de fréquence variable, définissant une variation de tension $\Delta V/V$ connue et pour un nombre de variations par minute selon (1)	Tension de 230 V ou 120 V, suivant l'utilisation et temps d'observation de 10 minutes
$\Delta V/V$	Mesure pour 3 %	Mesure instantanée
Impédance de la source	Valeurs de l'impédance source en DC et à 50Hz (partie réelle R et partie imaginaire X).	Que le réseau soit intégré ou associé au flickermètre.

(1) tableau 5, paragraphe 5 de la norme NF EN 61000-4-15

Toutes les fonctions relevant de l'application d'une norme spécifique ou d'une utilisation particulière seront traitées suivant un programme défini par le laboratoire utilisateur. Celui-ci peut adapter le programme s'il n'utilise pas tous les niveaux ou fonctionnalités de l'équipement de mesure considéré.

LA VERSION ELECTRONIQUE FAIT FOI



9) Générateurs de chocs électriques

Générateur

Désignation des caractéristiques à mesurer	Programme	Commentaires
Tension crête	En circuit ouvert (onde 1,2/50 μ s et/ou 10 /700 μ s) : mesure en sortie haute tension à 0,5 kV, 1 kV, 2 kV et 4 kV en polarités positive et négative	Le dépassement inverse sera contrôlé pour l'onde 1,2/50 μ s – 8/20 μ s
Durée du front	En circuit ouvert (onde 1,2/50 μ s et/ou 10 /700 μ s) : mesure en sortie haute tension à 0,5 kV et 4 kV en polarités positive et négative	
Durée jusqu'à mi-valeur	En circuit ouvert (onde 1,2/50 μ s et/ou 10 /700 μ s) : mesure en sortie haute tension à 0,5 kV et 4 kV en polarités positive et négative	
Intensité du courant crête	En court-circuit (onde 8/20 μ s et/ou 5/320 μ s) : mesure en sortie haute tension, pour des tensions programmées à 0,5 kV, 1 kV, 2 kV et 4 kV en polarités positive et négative	
Durée du front	En court-circuit (onde 8/20 μ s et/ou 5/320 μ s) : mesure en sortie haute tension, pour des tensions programmées à 0,5 kV et 4 kV en polarités positive et négative à 0,5 kV et 4 kV	
Durée jusqu'à mi-valeur	En court-circuit (onde 8/20 μ s et/ou 5/320 μ s) : mesure en sortie haute tension, pour des tensions programmées à 0,5 kV et 4 kV en polarités positive et négative à 0,5 kV et 4 kV	
Décalage de phase entre l'impulsion et la tension d'alimentation	Mesure de 4 valeurs de déphasage représentatives, entre 0° et 360°, telles que 0°, 90°, 180°, 270° pour une tension (par exemple 2 kV)	Pour l'onde 1,2/50 μ s – 8/20 μ s uniquement

En complément, contrôler (optionnel) :

- sortie réduite de tension,
- sortie réduite d'intensité de courant,
- générateur d'impulsion,
- résistances additionnelles,
- indicateur de tension,
- indicateur des intensités de courant.



Réseau de couplage intégré au générateur ou externe

Désignation des caractéristiques à mesurer	Programme	Commentaires
Durée du front	En circuit ouvert (onde 1,2/50 μ s ou 10/700 μ s) et sur chaque sortie de l'accès Equipement Sous Test : mesure à 4 kV pour des polarités positive et négative	La tension résiduelle sur les bornes d'entrée d'alimentation en circuit ouvert sera contrôlée
	En court-circuit (onde 8/20 μ s ou 5/320 μ s) et sur chaque sortie de l'accès Equipement Sous Test : mesure pour une tension programmée à 4 kV pour des polarités positive et négative	
Durée jusqu'à mi-valeur	En circuit ouvert (onde 1,2/50 μ s ou 10/700 μ s) et sur chaque sortie de l'accès Equipement Sous Test : mesure à 4 kV pour des polarités positive et négative	
	En court-circuit (onde 8/20 μ s ou 5/320 μ s) et sur chaque sortie de l'accès Equipement Sous Test : mesure pour une tension programmée à 4 kV pour des polarités positive et négative	

Notes :

- Les réseaux de couplage externes ne peuvent être vérifiés que si le laboratoire d'essais utilisateur fournit le générateur associé.
- Le mode de fonctionnement du réseau de couplage sera précisé dans le rapport sur les résultats : entre chaque ligne de l'accès Equipement Sous Test et la terre (par défaut) ou entre toutes les paires de lignes.

Toutes les fonctions relevant de l'application d'une norme spécifique ou d'une utilisation particulière seront traitées suivant un programme défini par le laboratoire utilisateur. Celui-ci peut adapter le programme s'il n'utilise pas tous les niveaux ou fonctionnalités de l'équipement de mesure considéré.



10) Générateurs de creux, de coupures brèves et de variations de tension en courant alternatif à la fréquence du réseau

Générateur NF EN 61000-4-11 ($I \leq 16$ A) et NF EN 61000-4-34 ($I > 16$ A)

Désignation des caractéristiques à mesurer	Programme	Commentaires
Tension de sortie	Mesure des tensions de sortie à vide à 40 %, 70 %, 80 % et 100 % de la tension nominale.	/
	Mesure des tensions de sortie en charge à 40 %, 70 %, 80 % et 100 % de la tension nominale pour une valeur de courant de 16 A.	/
Temps de montée et de descente	Mesure sous 100 Ω , pour des commutations de tension à 90° et 270°, de 0 % à 100 %; de 100 % à 80 %, de 100 % à 70 %; de 100 % à 40 % et de 100 % à 0 %	/
Sur dépassements et sous dépassements	Mesure sous 100 Ω , pour des commutations de tension à 90° et 270°, de 0 % à 100 %; de 100 % à 80 %, de 100 % à 70 %; de 100 % à 40 % et de 100 % à 0 %	/
Angle de phase	Mesure sous 100 Ω pour des commutations de tension de 0 % à 100 % et 100 % à 0 %, de 0° à 360° tous les 45°	/
	Mesure sous 100 Ω pour des commutations de tension de 100 % à 80 % et de 80 % à 100 %, de 100 % à 70 % et de 70 % à 100 %, de 100 % à 40 % et de 40 % à 100 %, à 90° et 180°	/

Note : indiquer la tension nominale de sortie à laquelle a été effectuée la mesure dans le rapport sur les résultats.

En complément, contrôler (optionnel) :

- sortie réduite en tension : mesure à la tension nominale à vide,
- sortie réduite en intensité de courant : mesure à la valeur nominale,
- indicateur de tension de sortie à 40 %; 70 %, 80 % et 100 % de la tension nominale,
- indicateur d'intensité de courant (3 points),
- durée de creux de tension (1 durée),
- période de répétition (1 période),
- variation de tension à 40 % et 0 % de la tension nominale dans les conditions suivantes :
 - durée de baisse de tension : 2 s
 - durée de tension réduite : 1 s
 - durée de montée de tension : 2 s

En complément, à contrôler par l'utilisateur du générateur :

- capacité en courant d'appel du générateur

Toutes les fonctions relevant de l'application d'une norme spécifique ou d'une utilisation particulière seront traitées suivant un programme défini par le laboratoire utilisateur. Celui-ci peut adapter le programme s'il n'utilise pas tous les niveaux ou fonctionnalités de l'équipement de mesure considéré.



11) Générateurs de décharges électrostatiques

Générateur NF EN 61000-4-2

Désignation des caractéristiques à mesurer	Programme	Commentaires
Forme d'onde des impulsions (Mode décharge au contact), le pistolet sera chargé par la cible		
Intensité crête du courant	Mesure, pour des tensions programmées de 2 kV, 4 kV, 6 kV et 8 kV, en polarités positive et négative	(1)
Temps de montée	Mesure, pour des tensions programmées de 2 kV, 4 kV, 6 kV et 8 kV, en polarités positive et négative	
Intensité de courant spécifique	Mesures des intensités à 30 ns et à 60 ns pour des tensions programmées de 2 kV, 4 kV, 6 kV et 8 kV, en courant positif et négatif	

(1) cf. norme ISO 10605 si appliquée

Toutes les fonctions relevant de l'application d'une norme spécifique ou d'une utilisation particulière seront traitées suivant un programme défini par le laboratoire utilisateur. Celui-ci peut adapter le programme s'il n'utilise pas tous les niveaux ou fonctionnalités de l'équipement de mesure considéré.

LA VERSION ELECTRONIQUE N'EST PAS VALABLE



12) Générateurs d'ondes sinusoïdales amorties

Générateur d'ondes sinusoïdales amorties (NF EN 61000-4-12)

Désignation des caractéristiques à mesurer	Programme	Commentaires
Les mesures sont à réaliser, par défaut, à une fréquence d'oscillation de 100 kHz et une fréquence de répétition de 1 Hz		
Tension de sortie	En circuit ouvert : mesure des valeurs des 4 premières crêtes et décroissance à 250 V ; 500 V ; 1 kV ; 2 kV et 4 kV en polarités positive et négative	/
Courant de sortie	En court-circuit : mesure de la valeur de la première crête à une tension programmée de 4 kV en polarités positive et négative pour des impédances de sortie de 12 Ω et 30 Ω	/
Temps de montée	En circuit ouvert : mesure pour la première crête de la tension de sortie à 250 V et 4 kV en polarités positive et négative En court-circuit : mesure pour la première crête du courant de court-circuit à 4 kV programmé en polarités positive et négative pour des impédances de sortie de 12 Ω et 30 Ω	/
Fréquence d'oscillation	Mesure pour la tension de sortie programmée à 4 kV	à la fréquence de répétition maximale d'utilisation
Fréquence de répétition	Mesure pour la tension de sortie programmée à 4 kV	/
Décalage de phase	Mesure entre l'impulsion et la tension d'alimentation : 4 valeurs de déphasage représentatif, entre 0° et 360°, telles que 0°, 90°, 180°, 270° pour une tension (par exemple 2 kV)	/

En complément, contrôler (optionnel) :

- sortie réduite de tension,
- sortie réduite d'intensité de courant,
- indicateur de tension,
- indicateur des intensités de courant,
- détermination de la valeur de l'impédance de sortie (12 Ω et 30 Ω).

Toutes les fonctions relevant de l'application d'une norme spécifique ou d'une utilisation particulière seront traitées suivant un programme défini par le laboratoire utilisateur. Celui-ci peut adapter le programme s'il n'utilise pas tous les niveaux ou fonctionnalités de l'équipement de mesure considéré.



Réseau de couplage intégré au générateur ou externe

Désignation des caractéristiques à mesurer	Programme	Commentaires
Les mesures sont à réaliser, par défaut, à une fréquence d'oscillation de 100 kHz et une fréquence de répétition de 1 Hz		
Tensions de sortie	En circuit ouvert : mesure des valeurs des 4 premières crêtes et décroissance sur chaque sortie de l'accès Equipement Sous Test à 4 kV en polarités positive et négative.	/
Courants de sortie	En court-circuit : mesure de la valeur de la première crête sur chaque sortie de l'accès Equipement Sous Test à 4 kV en polarités positive et négative pour des impédances de sortie 12 Ω et 30 Ω	/
Temps de montée	Sur chaque sortie de l'accès Equipement Sous Test : <ul style="list-style-type: none">- en circuit ouvert : mesure pour la première crête de la tension de sortie programmée à 4 kV en polarités positive et négative- en court-circuit : mesure pour la première crête du courant de court-circuit pour une tension programmée à 4 kV en polarités positive et négative pour des impédances de sortie de 12 Ω et 30 Ω	/

Notes :

- Les réseaux de couplage externes ne peuvent être vérifiés que si le laboratoire d'essais utilisateur fournit le générateur associé.
- La configuration du réseau de couplage sera précisée dans le rapport sur les résultats :
 - entre chaque ligne de l'accès Equipement Sous Test et la terre (par défaut)

ou

- entre toutes les paires de lignes.

Toutes les fonctions relevant de l'application d'une norme spécifique ou d'une utilisation particulière seront traitées suivant un programme défini par le laboratoire utilisateur. Celui-ci peut adapter le programme s'il n'utilise pas tous les niveaux ou fonctionnalités de l'équipement de mesure considéré.



13) Générateurs rf et hyperfréquence utilisés dans le domaine des essais de radiofréquence

Désignation des caractéristiques à mesurer	Programme	Commentaires
Amplitude	En sortie directe sans affaiblissement interne à une fréquence moyenne : Exactitude du générateur $\geq \pm 1$ dB : 5 points de mesure Exactitude du générateur $< \pm 1$ dB : 10 points de mesure	/
Affaiblissement	Mesure pour tous les pas d'affaiblissement aux fréquences moyenne et maximale	/
Réponse en fréquence	Mesure à 10 fréquences uniformément réparties à un niveau de sortie donné	/
Modulation AM	Modulation interne : Mesure à une fréquence moyenne de modulation, taux de modulation à 10%, 50% et 80% à deux fréquences de la porteuse Aux autres fréquences de modulation disponibles, pour une fréquence de la porteuse : 1 point de mesure à toutes les valeurs fixes disponibles ou 3 points en fréquences variables	Dont la fréquence maximale
	Modulation externe : Pour 1 fréquence modulante d'amplitude adaptée (couramment 1 V crête) : mesure taux de modulation de 50% à 3 fréquences de modulation et à 80% de modulation à la fréquence maximale de modulation	/
	Vérification du niveau de résiduel AM : mesure pour une fréquence de porteuse et une fréquence modulante	/
	Tracking AM : Mesure pour 1 fréquence de porteuse et 1 fréquence modulante, variation du niveau de sortie de la porteuse de 10 dB pour un même atténuateur	/

En complément, contrôler :

- distorsion harmonique AM à une fréquence de modulation de 1 kHz et pour 2 taux de modulation dont 80%.
- les fonctions annexes.

En complément, contrôler (optionnel) :

- pureté spectrale :
 - contrôle du bruit de phase à la fréquence maximale
 - à un niveau particulier :
 - distorsion harmonique :
 - harmoniques 2, 3 et 4 à 2 fréquences (dont la fréquence maximale)
 - distorsion sous-harmonique et non harmonique
 - aux points préconisés par le constructeur (par défaut, recherche du niveau maximum des deux paramètres)



Désignation des caractéristiques à mesurer	Programme	Commentaires
Fréquence du pilote (si accessible)	Mesure de la fréquence du pilote	Après le temps de stabilisation donné par le constructeur (ou par défaut 24 h)
Fréquence générée	Mesure d'une valeur de fréquence par décade dont la fréquence maximale	/

En complément, contrôler :

- erreur de synthèse par exemple par permutation circulaire de décades. 10 mesures sont suffisantes pour que chaque décade soit "balayée" de 0 à 9 en programmant ou affichant sur le synthétiseur une fréquence constituée de chiffres dans un ordre croissant ou décroissant (ex : 9876543210)

Toutes les fonctions relevant de l'application d'une norme spécifique ou d'une utilisation particulière seront traitées suivant un programme défini par le laboratoire utilisateur. Celui-ci peut adapter le programme s'il n'utilise pas tous les niveaux ou fonctionnalités de l'équipement de mesure considéré.

LA VERSION ELECTRONIQUE FAIT FOI



14) Générateurs de transitoires électriques rapides en salves

Générateur de transitoires rapides en salves (NF EN 61000-4-4)

Désignation des caractéristiques à mesurer	Programme	Commentaires
Tension crête des impulsions	Mesure en sortie haute tension à 0,25 kV, 0,5 kV, 1 kV, 2 kV et 4 kV en polarités positive et négative	Avec une impédance de charge de 50 Ω et de 1 k Ω à une fréquence de répétition de 5 kHz ou 100 kHz.
Temps de montée des impulsions	Mesure en sortie haute tension à 0,25 kV, 0,5 kV, 1 kV, 2 kV et 4 kV en polarités positive et négative	
Durée à mi-hauteur des impulsions	Mesure en sortie haute tension à 0,25 kV, 0,5 kV, 1 kV, 2 kV et 4 kV en polarités positive et négative	
Fréquence de répétition des impulsions	Mesure en sortie haute tension, à un niveau programmé : 5 kHz ou 100 kHz	Uniquement sous 50 Ω
Durée de la salve	Mesure en sortie haute tension, à un niveau programmé, à une fréquence de répétition de 5 kHz ou 100 kHz	
Période de répétition de la salve	Mesure en sortie haute tension, à un niveau programmé à une fréquence de répétition de 5 kHz ou 100 kHz	

En complément (optionnel) :

- sortie réduite pour une sollicitation de 2 kV,
- indicateur de tension de sortie.

Réseau de couplage intégré au générateur ou externe

Désignation des caractéristiques à mesurer	Programme	Commentaires
Tension crête des impulsions	Mesure en sortie de mode commun programmée à 4 kV avec une impédance de 50 Ω	/
Temps de montée des impulsions	Mesure en sortie de mode commun programmée à 4 kV avec une impédance de 50 Ω	/
Durée à mi-hauteur des impulsions	Mesure en sortie de mode commun programmée à 4 kV avec une impédance de 50 Ω	/

En complément :

- contrôle fonctionnel de chaque voie de couplage,
- contrôle de la tension résiduelle sur les bornes d'entrée d'alimentation en circuit ouvert.

Notes :

- les réseaux de couplage externes ne peuvent être vérifiés que si le laboratoire d'essais utilisateur fournit le générateur associé.
- les mesures en mode commun sont à réaliser selon les méthodes décrites dans la norme précitée.



Pince (capacitive) associée au générateur NF EN 61000-4-4

Désignation des caractéristiques à mesurer	Programme	Commentaires
Tension crête des impulsions	Mesure en sortie haute tension à 1 kV (2 kV programmés) en polarités positive et négative	Avec une impédance de charge de 50 Ω à une fréquence de répétition de 5 kHz ou 100 kHz.
Temps de montée des impulsions	Mesure en sortie haute tension à 1 kV (2 kV programmés) en polarités positive et négative	
Durée à mi-hauteur des impulsions	Mesure en sortie haute tension à 1 kV (2 kV programmés) en polarités positive et négative	

Note :

- La pince ne peut être vérifiée que si le laboratoire d'essais utilisateur fournit le câble et le générateur associés.

Toutes les fonctions relevant de l'application d'une norme spécifique ou d'une utilisation particulière seront traitées suivant un programme défini par le laboratoire utilisateur. Celui-ci peut adapter le programme s'il n'utilise pas tous les niveaux ou fonctionnalités de l'équipement de mesure considéré.

LA VERSION ELECTRONIQUE EST FOI



15) Générateurs de transitoires ("onde 10 μ s")

Générateur de transitoires (DO 160 section 17)

Désignation des caractéristiques à mesurer	Programme	Commentaires
Tension crête	Mesure pour des tensions programmées à 200 V et 600 V en polarités positive et négative	Avec une impédance de charge de 50 Ω
Temps de montée (1)	Mesure pour des tensions programmées à 200 V et 600 V en polarités positive et négative	
Durée de l'impulsion (1)	Mesure pour des tensions programmées à 200 V et 600 V en polarités positive et négative	

(1) cf. définition de la forme d'onde décrite dans la norme, section 17

Toutes les fonctions relevant de l'application d'une norme spécifique ou d'une utilisation particulière seront traitées suivant un programme défini par le laboratoire utilisateur. Celui-ci peut adapter le programme s'il n'utilise pas tous les niveaux ou fonctionnalités de l'équipement de mesure considéré.

LA VERSION ELECTRONIQUE FAIT FOI



16) Mesureurs d'harmoniques

Mesureur d'harmonique (avec shunt intégré ou associé) utilisé lors des essais suivant les normes NF EN 61000-3-2 ($I \leq 16$ A) et NF EN 61000-3-12 ($I > 16$ A)

Désignation des caractéristiques à mesurer	Programme	Commentaires
Amplitude du fondamental en tension	1 point de mesure à la valeur nominale à 50 Hz ou 60 Hz	/
Amplitude du fondamental en courant	2 points de mesure à 50 Hz ou 60 Hz : - 300 mA et 16 A pour la norme - NF EN 61000-3-2 - 16 A et une valeur supérieure pour la norme NF EN 61000-3-12	/
Amplitude des harmoniques	Jusqu'au rang 40, <u>En courant</u> : - pour un rapport d'amplitude harmonique/fondamental de 0,6 % - pour des amplitudes d'harmonique, <i>a minima</i> classe A, tableau des normes correspondantes <u>En tension</u> : - pour des amplitudes d'harmonique comme indiquées dans l'annexe A de la norme NF EN 61000-3-2 et le §7.2 de la norme NF EN 61000-3-12	/

Le guide NF EN 61000-4-7 définit les caractéristiques du mesureur d'harmoniques.

Shunt externe

Désignation des caractéristiques à mesurer	Programme	Commentaires
Module de l'impédance	Mesure à 50 Hz	/
Réponse en fréquence	Mesure aux rangs 20 et 40	à un niveau adapté

Note : une information est renseignée dans le rapport sur les résultats pour indiquer les conditions de vérification du shunt (avec ou sans mesureur).



Transformateur de courant externe

Désignation des caractéristiques à mesurer	Programme	Commentaires
Rapport de transformation	Mesure à 50 Hz	/
Réponse en fréquence	Mesure aux rangs 20 et 40	à un niveau adapté

Note : une information est renseignée dans le rapport sur les résultats pour indiquer les conditions de vérification du transformateur (avec ou sans mesureur).

Toutes les fonctions relevant de l'application d'une norme spécifique ou d'une utilisation particulière seront traitées suivant un programme défini par le laboratoire utilisateur. Celui-ci peut adapter le programme s'il n'utilise pas tous les niveaux ou fonctionnalités de l'équipement de mesure considéré.

LA VERSION ELECTRONIQUE FAIT FÔ



17) Pinces absorbantes

Désignation des caractéristiques à mesurer	Programme	Commentaires
Facteur de pince CF (1) (facteur de couplage)	Mesure pour la gamme de fréquences d'utilisation, par pas de : 1 MHz de 30 MHz à 60 MHz (30 points) 2 MHz de 60 MHz à 120 MHz (30 points) 5 MHz de 120 MHz à 300 MHz (56 points) 10 MHz au-delà de 300 MHz (70 points)	<i>La pince, l'atténuateur et le câble ne doivent pas être dissociés.</i>
Facteur de découplage direct DF (1) (directivité dans le sens direct)		
Facteur de découplage inverse DR (1) (directivité dans le sens inverse)		

(1) selon CISPR 16-1-3

Toutes les fonctions relevant de l'application d'une norme spécifique ou d'une utilisation particulière seront traitées suivant un programme défini par le laboratoire utilisateur. Celui-ci peut adapter le programme s'il n'utilise pas tous les niveaux ou fonctionnalités de l'équipement de mesure considéré.

LA VERSION ELECTRONIQUE FAIT FOI



18) Préamplificateurs

Désignation des caractéristiques à mesurer	Programme	Commentaires
Gain	Pour un niveau d'entrée recommandé par l'usage : mesure sous impédance caractéristique à 5 points de réponse en fréquence.	/
Facteur de réflexion	Mesure de l'entrée à 3 fréquences dont les fréquences minimales et maximales utilisées	/

En complément, contrôler (optionnel) :

- le niveau de bruit de fond dans une bande d'analyse spécifiée.

Toutes les fonctions relevant de l'application d'une norme spécifique ou d'une utilisation particulière seront traitées suivant un programme défini par le laboratoire utilisateur. Celui-ci peut adapter le programme s'il n'utilise pas tous les niveaux ou fonctionnalités de l'équipement de mesure considéré.

LA VERSION ELECTRONIQUE FAIT FOI



19) Récepteurs cispr

Désignation des caractéristiques à mesurer	Programme	Commentaires
En signal sinusoïdal :		
Niveau de référence	Mesure à -10 dBm (par exemple) en mode efficace, moyenné, crête et quasi-crête à 1 MHz et/ou 50 MHz selon l'instrument	
Réponse en fréquence	Mesure au même niveau que précédemment, en mode moyenné : 4 fréquences par bande (dont les valeurs extrêmes) uniformément réparties sur l'étendue de mesure	
Affaiblissement	Un point de mesure tous les 10 dB à la fréquence de référence et à la fréquence maximale d'utilisation	(1) pour les récepteurs en bandes A et B
Linéarité du détecteur (FI)	Mesure en mode moyenné à 1 MHz et/ou 50 MHz selon l'instrument : 1 point tous les 10 dB sur toute la dynamique	(2) pour les récepteurs en bandes C, D et E
Facteur de réflexion de l'impédance d'entrée	Mesure : <ul style="list-style-type: none">- avec 10 dB d'affaiblissement, à 30 MHz (1) à 3 fréquences comprenant la fréquence maximale d'utilisation (2)- avec 0 dB d'affaiblissement, à la fréquence maximale d'utilisation	
Sélectivité des filtres CISPR	Mesure pour tous les filtres (-1,5 dB ; -6 dB et -20 dB) à une fréquence adaptée	

LA VERSION ELECTRONIQUE EST EN LIGNE



Désignation des caractéristiques à mesurer	Programme	Commentaires
En signal impulsionnel :		
Réponse en fréquence	Mesure aux fréquences de répétitions normalisées (25 Hz, 100 Hz ou 1 kHz selon la bande) à 1 mV sous 50 Ω : 4 fréquences de mesure par bande (dont les valeurs extrêmes) uniformément réparties sur l'étendue de mesure : <ul style="list-style-type: none">- en mode moyenné pour les bandes A et B,- en mode quasi-crête et crête pour les bandes A à D,- en mode efficace pour la bande E.	/
Variation de fréquence de répétition	Pour chaque bande, à une fréquence de mesure considérée dans la vérification précédente et pour le même niveau : <ul style="list-style-type: none">- en mode quasi-crête, variation relative d'amplitude aux fréquences de répétition définies dans la CISPR pour les bandes A à D,- en mode efficace, variation relative d'amplitude aux fréquences de répétition définies dans la CISPR pour la bande E.	/

En complément, contrôler (optionnel) :

- fréquence :
 - pilote interne : écart de fréquence
 - fréquences centrales : 3 fréquences par bande
- filtres de résolution :
 - bande passante à - 3 dB et sélectivité (60 dB / 3 dB) de tous les filtres
- générateur :
 - se reporter à la fiche technique relative aux générateurs RF et hyperfréquence
- réponses parasites :
 - taux de réjection à la fréquence intermédiaire, taux de réjection à la fréquence conjuguée, distorsion d'intermodulation.

Note : le programme de vérification de l'équipement correspond à la bande de fréquence d'utilisation, même au-delà de la bande E.

Toutes les fonctions relevant de l'application d'une norme spécifique ou d'une utilisation particulière seront traitées suivant un programme défini par le laboratoire utilisateur. Celui-ci peut adapter le programme s'il n'utilise pas tous les niveaux ou fonctionnalités de l'équipement de mesure considéré.



20) Réseaux de couplage découplage (rcd) pour l'immunité aux radiofréquences

Désignation des caractéristiques à mesurer	Programme	Commentaires
Module de l'impédance en mode commun	Mesure dans la plage de fréquence utile (de 150 kHz à la fréquence maximale d'utilisation – 80 MHz ou 230 MHz) : 10 fréquences comprenant les valeurs extrêmes.	Pour les réseaux multimode, l'ensemble du programme est à réaliser pour chaque mode de fonctionnement. Les mesures sont à réaliser au niveau de l'accès Equipement Sous Test, l'accès Equipement Auxiliaire étant en circuit ouvert puis en court-circuit avec le plan de masse.

En complément, contrôler :

- Pour les réseaux multi-lignes, contrôle fonctionnel, à une fréquence, de la cohérence de l'affaiblissement des voies couplées sur les RCD.

Toutes les fonctions relevant de l'application d'une norme spécifique ou d'une utilisation particulière seront traitées suivant un programme défini par le laboratoire utilisateur. Celui-ci peut adapter le programme s'il n'utilise pas tous les niveaux ou fonctionnalités de l'équipement de mesure considéré.

LA VERSION ELECTRONIQUE N'EST PAS FAIT FOI



21) Réseaux de stabilisation d'impédance (rsi)

Désignation des caractéristiques à mesurer	Programme	Commentaires
Module de l'impédance de mode commun présentée entre les bornes d'accès et la Terre, côté Equipement Sous Test, lorsque la sortie perturbation est chargée par 50 Ω	Mesure à 10 fréquences réparties sur l'étendue de mesure (150 kHz à 30 MHz par défaut), dont les valeurs extrêmes	/
Phase de l'impédance de mode commun présentée entre les bornes d'accès et la Terre, côté Equipement Sous Test, lorsque la sortie perturbation est chargée par 50 Ω	Mesure à 10 fréquences réparties sur l'étendue de mesure (150 kHz à 30 MHz par défaut), dont les valeurs extrêmes	/
Coefficient d'affaiblissement (facteur de couplage) entre l'accès Equipement Sous Test en mode commun et la sortie mesure	Mesure à 10 fréquences réparties sur l'étendue de mesure (150 kHz à 30 MHz par défaut), dont les valeurs extrêmes	/
Facteur de découplage entre le port Equipement auxiliaire et le port sous mesure	Mesure à 10 fréquences réparties sur l'étendue de mesure (150 kHz à 30 MHz par défaut), dont les valeurs extrêmes	/
Perte d'insertion	Mesure à 10 fréquences réparties sur l'étendue de mesure (150 kHz à 30 MHz par défaut), dont les valeurs extrêmes	/

En complément, contrôler :

- Pour les réseaux multi lignes, contrôle fonctionnel, à une fréquence, de la cohérence de l'affaiblissement de conversion longitudinal (ACL) des voies couplées sur les RSI.

En complément, contrôler (optionnel) :

- Impédance symétrique de charge,
- Largeur de bande de transmission

Note : certaines normes utilisent les termes équivalents « AN » (Artificial Network) ou « AAN » (Assymetric Artificial Network) selon le type de réseau.

Toutes les fonctions relevant de l'application d'une norme spécifique ou d'une utilisation particulière seront traitées suivant un programme défini par le laboratoire utilisateur. Celui-ci peut adapter le programme s'il n'utilise pas tous les niveaux ou fonctionnalités de l'équipement de mesure considéré.



22) Réseaux de stabilisation d'impédance de ligne (rsil)

Désignation des caractéristiques à mesurer	Programme	Commentaires
Module de l'impédance présentée entre chaque borne d'accès et la Terre, côté Equipement Sous Test, lorsque la sortie mesure est chargée par 50 Ω	Dans la plage de fréquence d'utilisation, mesure aux fréquences spécifiées par la norme en fonction du type de réseau	Pour les matériels multi-lignes, la mesure est à réaliser sur chaque ligne pour la charge de 50 Ω interne et une charge de 50 Ω externe, les autres accès étant chargés selon les considérations de la norme utilisée.
Phase de l'impédance présentée entre chaque borne d'accès et la Terre, côté Equipement Sous Test, lorsque la sortie mesure est chargée par 50 Ω	Dans la plage de fréquence d'utilisation, mesure aux fréquences spécifiées par la norme en fonction du type de réseau	Pour les matériels multi-lignes, la mesure est à réaliser sur chaque ligne pour une charge de 50 Ω externe, les autres accès étant chargés selon les considérations de la norme utilisée.
Facteur de découplage (isolation) entre les bornes d'alimentation et l'accès du récepteur	Dans la plage de fréquence d'utilisation, mesure aux fréquences spécifiées par la norme en fonction du type de réseau	/
Facteur de division (facteur de couplage)	Dans la plage de fréquence d'utilisation, mesure aux fréquences spécifiées par la norme en fonction du type de réseau	/

Notes :

- Les termes « Réseau de Stabilisation d'Impédance en Ligne » (RSIL) et « Artificial Mains V-Network » (V-AMN) sont interchangeables.
- Les sondes de tension 1500 Ω selon la norme CISPR-16-1-2 peuvent être vérifiées pour le facteur de division uniquement

Toutes les fonctions relevant de l'application d'une norme spécifique ou d'une utilisation particulière seront traitées suivant un programme défini par le laboratoire utilisateur. Celui-ci peut adapter le programme s'il n'utilise pas tous les niveaux ou fonctionnalités de l'équipement de mesure considéré.



23) Sondes de champs isotropiques / champmetres

Désignation des caractéristiques à mesurer	Programme	Commentaires
En champ électrique ou en champ magnétique, en signal sinusoïdal		
Amplitude et réponse en fréquence	10 points de mesure sur l'étendue de fréquences utilisées en incluant les fréquences minimale et maximale	Pour une amplitude adaptée à l'utilisation.
Isotropie axiale	Mesure sur 360° avec un pas de 45° à 1 fréquence.	/
Linéarité	5 points de mesure à 1 fréquence.	Sur toute l'étendue de l'amplitude d'utilisation

Toutes les fonctions relevant de l'application d'une norme spécifique ou d'une utilisation particulière seront traitées suivant un programme défini par le laboratoire utilisateur. Celui-ci peut adapter le programme s'il n'utilise pas tous les niveaux ou fonctionnalités de l'équipement de mesure considéré.

LA VERSION ELECTRONIQUE FAIT FOI



24) Sondes ou pinces de mesure de courant rf

Désignation des caractéristiques à mesurer	Programme	Commentaires
Impédance de transfert	Avec un montage adapté à la plage de fréquence d'utilisation : mesure point par point (au moins 3 fréquences par décade) ou par balayage de fréquence (au moins 100 points)	/
Perte d'insertion	Avec un montage adapté à la plage de fréquence d'utilisation : mesure point par point (au moins 3 fréquences par décade)	/

Toutes les fonctions relevant de l'application d'une norme spécifique ou d'une utilisation particulière seront traitées suivant un programme défini par le laboratoire utilisateur. Celui-ci peut adapter le programme s'il n'utilise pas tous les niveaux ou fonctionnalités de l'équipement de mesure considéré.

LA VERSION ELECTRONIQUE FAIT FIDELITE



25) Milliwattmètres RF

Milliwattmètres associés à sondes RF (diodes, thermocouples, montures bolométriques...), analyseurs de spectre en fonction « wattmètre »

Désignation des caractéristiques à mesurer	Programme	Commentaires
Puissance	Pour une fréquence donnée, 10 points de mesure sur toute l'étendue de mesure	Dans le cadre de la vérification des sondes seules, on ne considérera que la réponse en fréquence et le facteur de réflexion.
Réponse en fréquence	10 points de mesure à un niveau donné	
Facteur de réflexion	Mesure à 3 fréquences, dont les fréquences minimale et maximale d'utilisation	
Exactitude du niveau de la source interne de référence	1 point de mesure à un niveau donné	

Toutes les fonctions relevant de l'application d'une norme spécifique ou d'une utilisation particulière seront traitées suivant un programme défini par le laboratoire utilisateur. Celui-ci peut adapter le programme s'il n'utilise pas tous les niveaux ou fonctionnalités de l'équipement de mesure considéré.

LA VERSION ELECTRONIQUE FAIT FOI



26) Adaptateurs d'impédance

Désignation des caractéristiques à mesurer	Programme	Commentaires
Affaiblissement	Mesure à 3 fréquences dont la fréquence maximale d'utilisation	Les mesures doivent être réalisées par couple d'adaptateurs conformément aux spécifications normatives (exemple : 50 Ω / 150 Ω - 150 Ω / 50 Ω)

Toutes les fonctions relevant de l'application d'une norme spécifique ou d'une utilisation particulière seront traitées suivant un programme défini par le laboratoire utilisateur. Celui-ci peut adapter le programme s'il n'utilise pas tous les niveaux ou fonctionnalités de l'équipement de mesure considéré.

LA VERSION ELECTRONIQUE FAIT FOI



27) Analyseurs de perturbations discontinues

Clickmètre (CISPR-16-1-1)

Désignation des caractéristiques à mesurer	Programme	Commentaires
En signal sinusoïdal :		
Niveau de référence	Mesure à -10 dBm (par exemple) et 1 MHz (par exemple), en mode quasi-crête (à adapter selon l'instrument)	/
Affaiblissement	Mesure de tous les pas d'affaiblissement à 150 kHz et 30 MHz en mode quasi-crête	
Linéarité du détecteur (FI)	Mesure en mode quasi-crête à 150 kHz et/ou 30 MHz selon l'instrument : 1 point tous les 10 dB sur toute la dynamique	
Facteur de réflexion de l'impédance d'entrée	Mesure : <ul style="list-style-type: none">- avec 10 dB d'affaiblissement, à 30 MHz- avec 0 dB d'affaiblissement, à la fréquence maximale d'utilisation	
Sélectivité des filtres CISPR	Mesure du filtre 9 kHz pour la bande B (-1,5 dB; -6 dB et -20 dB) à une fréquence adaptée	

Désignation des caractéristiques à mesurer	Programme	Commentaires
En signal impulsionnel :		
Réponse en fréquence	Mesure aux fréquences de répétition normalisées (100 Hz) à 1 mV sous 50 Ω : <ul style="list-style-type: none">- aux 4 fréquences de mesure spécifiées par la norme pour la bande B.- en mode quasi-crête pour la bande B	/
Variation de fréquence de répétition	A une fréquence de mesure considérée dans la vérification précédente et pour le même niveau : <ul style="list-style-type: none">- en mode quasi-crête, variation relative d'amplitude aux fréquences de répétition définies dans la CISPR pour la bande B	
Réponse aux signaux	Chaque valeur de signal de test définie par la CISPR 16-1-1	/

Toutes les fonctions relevant de l'application d'une norme spécifique ou d'une utilisation particulière seront traitées suivant un programme défini par le laboratoire utilisateur. Celui-ci peut adapter le programme s'il n'utilise pas tous les niveaux ou fonctionnalités de l'équipement de mesure considéré.



28) Diviseurs de puissance RF (splitters – répartiteurs)

Désignation des caractéristiques à mesurer	Programme	Commentaires
Facteur de réflexion de l'entrée	Mesure à 3 fréquences dont la fréquence maximale d'utilisation	/
Transmission	Mesure de l'affaiblissement entre sorties et entrées à 3 fréquences dont la fréquence maximale d'utilisation	/

Toutes les fonctions relevant de l'application d'une norme spécifique ou d'une utilisation particulière seront traitées suivant un programme défini par le laboratoire utilisateur. Celui-ci peut adapter le programme s'il n'utilise pas tous les niveaux ou fonctionnalités de l'équipement de mesure considéré.

LA VERSION ELECTRONIQUE FAIT FOI



29) ***Equipements pour la Mesure du Débit d’Absorption Spécifique (DAS)***

Système de mesure (NF EN 62209-1, NF EN 62209-2 & NF EN 50383) :

Désignation des caractéristiques à mesurer	Programme	Commentaires
Amplitude et réponse en fréquence	10 points de mesure sur l'étendue de fréquences utilisées en incluant les fréquences minimale et maximale sur les différents plans définis dans la norme considérée	Pour une amplitude adaptée à l'utilisation.
Isotropie axiale, sphérique et hémisphérique	Mesure sur 360° avec un pas de 15° à 1 fréquence.	/
Linéarité	5 points de mesure à 1 fréquence pour chaque bande de fréquence utilisée, incluant les limites de détection inférieure et de compression.	Sur toute l'étendue de l'amplitude d'utilisation

En complément, contrôler :

- propriétés diélectriques du liquide selon la fréquence d'après la norme utilisée, cf. EN 62209-1,
- temps de réponse du système.

Note : le système de mesure est étalonné en tant que système complet aux fréquences appropriées.

Toutes les fonctions relevant de l'application d'une norme spécifique ou d'une utilisation particulière seront traitées suivant un programme défini par le laboratoire utilisateur. Celui-ci peut adapter le programme s'il n'utilise pas tous les niveaux ou fonctionnalités de l'équipement de mesure considéré.

LA VERSION ELECTRONIQUE FAIT FOI



30) Gaussmètres / Teslamètres

Désignation des caractéristiques à mesurer	Programme	Commentaires
Amplitude	5 points de mesure à la fréquence d'utilisation	/

Toutes les fonctions relevant de l'application d'une norme spécifique ou d'une utilisation particulière seront traitées suivant un programme défini par le laboratoire utilisateur. Celui-ci peut adapter le programme s'il n'utilise pas tous les niveaux ou fonctionnalités de l'équipement de mesure considéré.

LA VERSION ELECTRONIQUE FAIT FOI



31) Générateurs de perturbations bf en mode commun (1/3)

Générateur Basse Fréquence (NF EN 61000-4-16) pour les fréquences de 15 Hz à 150 kHz

Désignation des caractéristiques à mesurer	Programme	Commentaires
Tension	En circuit ouvert : mesure en sortie en régime sinusoïdal à 1 V, 3 V, 10 V et 30 V à 3 fréquences dont les fréquences minimale et maximale	/
Distorsion harmonique	Facteur total de distorsion pour une valeur de tension maximale	/
Impédance de sortie	Mesure de l'impédance (50 Ω) à la fréquence maximale	/
Fréquence	3 valeurs dont les fréquences minimale et maximale	/

Générateur BF (NF EN 61000-4-16) pour les perturbations à fréquences d'alimentation : courant continu, 16^{2/3} Hz, 50 Hz et 60 Hz

Désignation des caractéristiques à mesurer	Programme	Commentaires
Tension	En circuit ouvert : mesure en sortie - à 1 V, 3 V, 10 V et 30 V (perturbations continues) - à 10 V, 30 V, 100 V et 300 V (perturbations de courte durée) en courant continu et aux fréquences du secteur	/
Distorsion harmonique	Facteur total de distorsion pour une valeur de tension maximale	/
Impédance de sortie	Mesure de l'impédance (50 Ω) à la fréquence maximale	/

Réseau de couplage externe (NF EN 61000-4-16)

Désignation des caractéristiques à mesurer	Programme	Commentaires
Couplage	Mesure en 3 points par décade entre 15 Hz et 150 kHz	/

Toutes les fonctions relevant de l'application d'une norme spécifique ou d'une utilisation particulière seront traitées suivant un programme défini par le laboratoire utilisateur. Celui-ci peut adapter le programme s'il n'utilise pas tous les niveaux ou fonctionnalités de l'équipement de mesure considéré.



32) Générateurs d'impulsions ISO 7637-2

Générateur d'impulsions ISO 7637-2

Désignation des caractéristiques à mesurer	Programme	Commentaires
Tension crête des impulsions	Mesure, au(x) point(s) spécifié(s), en circuit ouvert et/ou en charge pour les impulsions utilisées, selon les exigences de la norme	Avec l'alimentation (12 V et/ou 24 V en courant continu) Les spécifications relatives aux caractéristiques des formes d'ondes sont données dans l'annexe C de la norme
Temps de montée des impulsions		
Durée de l'impulsion		
Temps de descente des impulsions		
Période de répétition des impulsions		
Durée de la salve		
Tout autre paramètre temporel et d'amplitude spécifique au type d'impulsion		

Toutes les fonctions relevant de l'application d'une norme spécifique ou d'une utilisation particulière seront traitées suivant un programme défini par le laboratoire utilisateur. Celui-ci peut adapter le programme s'il n'utilise pas tous les niveaux ou fonctionnalités de l'équipement de mesure considéré.

LA VERSION ELECTRONIQUE FAIT FOI



33) Générateurs d'immunité aux perturbations conduites en mode différentiel de 2 kHz à 150 kHz

Générateur (NF EN 61000-4-19)

Désignation des caractéristiques à mesurer	Programme	Commentaires
Amplitude en tension	En circuit ouvert : 5 points entre 0,1 V et 20 V, à 3 fréquences dont les fréquences minimale et maximale	/
Distorsion harmonique (tension)	Facteur total de distorsion pour une valeur de tension de sortie de 20 V	pour toutes les fréquences de la gamme utile (2 kHz -150 kHz)
Impédance de sortie	Mesure de l'impédance (10 Ω) à une fréquence Réponse en fréquence sur l'intervalle (2 kHz - 150 kHz)	/
Amplitude en courant	En court-circuit : 5 points entre 0,5 A et 4 A, à 3 fréquences dont les fréquences minimale et maximale	
Distorsion harmonique (courant)	Facteur total de distorsion pour une valeur de courant de 1 A	pour toutes les fréquences de la gamme utile (2 kHz -150 kHz)
Fréquence	10 valeurs uniformément réparties	/

En complément, contrôler :

- forme d'onde de la tension de sortie en circuit ouvert,
- forme d'onde du courant de sortie en court-circuit.

Toutes les fonctions relevant de l'application d'une norme spécifique ou d'une utilisation particulière seront traitées suivant un programme défini par le laboratoire utilisateur. Celui-ci peut adapter le programme s'il n'utilise pas tous les niveaux ou fonctionnalités de l'équipement de mesure considéré.



34) Générateurs d'immunité basse fréquence aux harmoniques et inter-harmoniques

Générateur (NF EN 61000-4-13)

Désignation des caractéristiques à mesurer	Programme	Commentaires
Amplitude du fondamental en tension	1 point de mesure à la tension nominale du réseau d'alimentation pour chaque phase	50 Hz et/ou 60 Hz
Fréquence	Mesure de la fréquence fondamentale	50 Hz et/ou 60 Hz
Angle entre phases (en triphasé)	Mesure de l'angle entre chaque phase (connexion en étoile)	50 Hz et/ou 60 Hz
Amplitude des harmoniques (tension)	Jusqu'au rang 40, 2 points de mesure pour un rapport amplitude sur tension nominale du fondamental compris entre 0 % et 14 %	(1)
Angle de phase des harmoniques	Jusqu'au rang 9, déplacement de phase au passage par zéro par rapport au fondamental	/
Amplitude des inter-harmoniques (tension)	Mesure à 10 fréquences réparties sur l'étendue de mesure (de 0,33 à 40 fois la fréquence du fondamental), dont les valeurs extrêmes, pour un rapport amplitude sur tension nominale du fondamental compris entre 0 % et 10 %	/
Fréquence des inter-harmoniques	Mesure aux 10 mêmes valeurs que précédemment	/

(1) S'assurer que la fréquence générée correspond bien à chaque rang préselectionné.

Toutes les fonctions relevant de l'application d'une norme spécifique ou d'une utilisation particulière seront traitées suivant un programme défini par le laboratoire utilisateur. Celui-ci peut adapter le programme s'il n'utilise pas tous les niveaux ou fonctionnalités de l'équipement de mesure considéré.



35) Générateurs de creux, de coupures brèves et de variations de tension – alimentation en courant continu

Générateur NF EN 61000-4-29

Désignation des caractéristiques à mesurer	Programme	Commentaires
Tension de sortie	Mesure des tensions de sortie à vide à 40 %, 70 %, 80 %, 85 %, 100 % et 120% de la tension nominale.	/
	Mesure des tensions de sortie en charge à 40 %, 70 %, 80 %, 85 %, 100 % et 120% de la tension nominale pour une valeur de courant maximal.	/
Temps de montée et de descente	Mesure sous 100 Ω , pour des commutations de tension de 0 % à 100 % et de 100 % à 0 %	/
Dépassements positif et négatif	Mesure sous 100 Ω , pour des commutations de tension de 0 % à 100 % et de 100 % à 0 %	/

Note : la tension nominale de sortie sera précisée dans le rapport sur les résultats.

En complément, contrôler :

- impédance de sortie

En complément, à contrôler par l'utilisateur du générateur :

- capacité en courant d'appel du générateur

Toutes les fonctions relevant de l'application d'une norme spécifique ou d'une utilisation particulière seront traitées suivant un programme défini par le laboratoire utilisateur. Celui-ci peut adapter le programme s'il n'utilise pas tous les niveaux ou fonctionnalités de l'équipement de mesure considéré.



36) Générateurs d'ondes oscillatoires amorties

Générateur d'ondes oscillatoires amorties « ondes lentes » (NF EN 61000-4-18)

Désignation des caractéristiques à mesurer	Programme	Commentaires
Les mesures sont à réaliser, par défaut, à une fréquence d'oscillation de 1 MHz et une fréquence de répétition de 400 Hz		
Tension de sortie	En circuit ouvert : mesure des valeurs des 1 ^{ère} , 5 ^{ème} et 10 ^{ème} crêtes et décroissance à 250 V ; 500 V ; 1 kV et 2,5 kV en polarités positive et négative	/
Courant de sortie	En court-circuit: mesure de la valeur de la première crête à 2,5 kV en polarités positive et négative pour une impédance de sortie de 200 Ω	/
Temps de montée	En circuit ouvert : mesure pour la première crête de la tension de sortie programmée à 250 V et 2,5 kV en polarités positive et négative	/
Fréquence d'oscillation	Mesure pour la tension de sortie programmée à 2,5 kV aux 2 fréquences de répétition (40 Hz et 400 Hz)	/
Fréquence de répétition	Mesure pour la tension de sortie programmée à 2,5 kV pour chaque fréquence	/
Durée de la salve	Mesure pour la tension de sortie programmée à 2,5 kV aux 2 fréquences de répétition	/

En complément, contrôler (optionnel) :

- sortie réduite de tension,
- sortie réduite d'intensité de courant,
- indicateur de tension,
- indicateur des intensités de courant,
- détermination de la valeur de l'impédance de sortie (200 Ω).

Toutes les fonctions relevant de l'application d'une norme spécifique ou d'une utilisation particulière seront traitées suivant un programme défini par le laboratoire utilisateur. Celui-ci peut adapter le programme s'il n'utilise pas tous les niveaux ou fonctionnalités de l'équipement de mesure considéré.



Réseau de couplage intégré au générateur ou externe pour les « ondes lentes » (NF EN 61000-4-18)

Désignation des caractéristiques à mesurer	Programme	Commentaires
Tensions de sortie	En circuit ouvert : mesure des valeurs des 1 ^{ère} , 5 ^{ème} et 10 ^{ème} crêtes et décroissance sur chaque sortie de l'accès Equipement Sous Test à une tension programmée de 2,5 kV en mode commun et 1kV en mode différentiel en polarités positive et négative.	/
Courants de sortie	En court-circuit : mesure de la valeur de la première crête sur chaque sortie de l'accès Equipement Sous Test à une tension programmée de 2,5 kV en Mode Commun et 1kV en Mode Différentiel en polarités positive et négative pour une impédance de sortie de 200 Ω	/
Temps de montée	Sur chaque sortie de l'accès Equipement Sous Test : - en circuit ouvert : mesure pour la première crête de la tension de sortie programmée à 2,5 kV en polarités positive et négative	/

Notes :

- Les réseaux de couplage externes ne peuvent être vérifiés que si le laboratoire d'essais utilisateur fournit le générateur associé.
- La configuration du réseau de couplage sera précisée dans le rapport sur les résultats :
 - entre chaque ligne de l'accès Equipement Sous Test et la terre (par défaut)ou
 - entre toutes les paires de lignes.

Toutes les fonctions relevant de l'application d'une norme spécifique ou d'une utilisation particulière seront traitées suivant un programme défini par le laboratoire utilisateur. Celui-ci peut adapter le programme s'il n'utilise pas tous les niveaux ou fonctionnalités de l'équipement de mesure considéré.



Générateur d'ondes oscillatoires amorties « ondes rapides » (NF EN 61000-4-18)

Désignation des caractéristiques à mesurer	Programme	Commentaires
Les mesures sont à réaliser, à la fréquence d'oscillation de 30 MHz ou à la fréquence d'utilisation et une fréquence de répétition de 5 kHz		
Tension de sortie	En circuit ouvert : mesure des valeurs des 1 ^{ère} , 5 ^{ème} et 10 ^{ème} crêtes et décroissance à 250 V ; 500 V ; 1 kV, 2 kV et 4 kV en polarités positive et négative	/
Courant de sortie	En court-circuit : mesure des valeurs des 1 ^{ère} , 5 ^{ème} et 10 ^{ème} crêtes à la tension programmée à 4 kV en polarités positive et négative pour une impédance de sortie de 50 Ω	/
Temps de montée	En circuit ouvert : mesure pour la première crête de la tension de sortie programmée à 250 V et 4 kV en polarités positive et négative En court-circuit : mesure pour la première crête du courant de court-circuit à la tension programmée à 4 kV en polarités positive et négative pour une impédance de sortie de 50 Ω	/
Fréquence d'oscillation	En circuit ouvert : mesure pour la tension de sortie programmée à 4 kV aux fréquences de 3 MHz, 10 MHz et 30 MHz	/
Fréquence de répétition	Mesure pour la tension de sortie programmée à 4 kV	/
Durée de la salve	Mesure pour la tension de sortie programmée à 4 kV aux fréquences de 3 MHz, 10 MHz et 30 MHz	/
Période de répétition de la salve	Mesure pour la tension de sortie programmée à 4 kV	

En complément, contrôler (optionnel) :

- sortie réduite de tension,
- sortie réduite d'intensité de courant,
- indicateur de tension,
- indicateur des intensités de courant
- détermination de la valeur de l'impédance de sortie (50 Ω).

Toutes les fonctions relevant de l'application d'une norme spécifique ou d'une utilisation particulière seront traitées suivant un programme défini par le laboratoire utilisateur. Celui-ci peut adapter le programme s'il n'utilise pas tous les niveaux ou fonctionnalités de l'équipement de mesure considéré.



Réseau de couplage intégré au générateur ou externe pour les « ondes rapides » (NF EN 61000-4-18)

Désignation des caractéristiques à mesurer	Programme	Commentaires
Les mesures sont à réaliser, par défaut, à une fréquence d'oscillation de 30 MHz ou à la fréquence d'utilisation et une fréquence de répétition de 5 kHz		
Tensions de sortie	En circuit ouvert : mesure des valeurs des 1 ^{ère} , 5 ^{ème} et 10 ^{ème} crêtes et décroissance sur chaque sortie de l'accès Equipement Sous Test programmé à 4 kV en polarités positive et négative.	/
Courant de sortie	En court-circuit : mesure de la valeur de la première crête sur chaque sortie de l'accès Equipement Sous Test programmé à 4 kV en polarités positive et négative pour une impédance de sortie de 50 Ω	/
Temps de montée	Sur chaque sortie de l'accès Equipement Sous Test : - en circuit ouvert : mesure pour la première crête de la tension de sortie programmée à 4 kV en polarités positive et négative - en court-circuit : mesure pour la première crête du courant de court-circuit à une tension programmée de 4 kV en polarités positive et négative pour une impédance de sortie de 50 Ω	/

Notes :

- Les réseaux de couplage externes ne peuvent être vérifiés que si le laboratoire d'essais utilisateur fournit le générateur associé.
- La configuration du réseau de couplage sera précisée dans le rapport sur les résultats :
 - entre chaque ligne de l'accès Equipement Sous Test et la terre (par défaut)ou
 - entre toutes les paires de lignes.

Pince (capacitive) associée au générateur NF EN 61000-4-18

Désignation des caractéristiques à mesurer	Programme	Commentaires
Tension crête des impulsions	Mesure en sortie haute tension à 1 kV en polarités positive et négative	Avec une impédance de charge de 50 Ω à une fréquence de répétition de 5 kHz et une fréquence de 30 MHz ou à la fréquence d'utilisation.
Temps de montée de la première crête	Mesure en sortie haute tension à 1 kV en polarités positive et négative	

Note :

- La pince ne peut être vérifiée que si le laboratoire d'essais utilisateur fournit le câble et le générateur associés

Toutes les fonctions relevant de l'application d'une norme spécifique ou d'une utilisation particulière seront traitées suivant un programme défini par le laboratoire utilisateur. Celui-ci peut adapter le programme s'il n'utilise pas tous les niveaux ou fonctionnalités de l'équipement de mesure considéré.



9. TRACABILITE SELON UNE VOIE DE RACCORDEMENT AU SI EN INTERNE : CAS DE L'ANALYSEUR DE RESEAUX VECTORIEL

De nombreux laboratoires d'essais utilisent un analyseur de réseaux vectoriel (VNA ou Vector Network Analyser) pour réaliser le raccordement au SI de leurs équipements de mesure ayant une influence sur les résultats.

Différentes méthodes d'étalonnage interne existent : par conséquent, il est nécessaire de clarifier ce qui est le plus pertinent en termes de raccordement du VNA lui-même au SI ; on distingue 2 types de kits associés à l'analyseur de réseaux vectoriel :

↳ le **kit de calibrage**

↳ et le **kit de vérification**.

9.1. Kit de calibrage

Le **kit de calibrage** (« calibration kit » en anglais ou « kit d'étalonnage » après traduction littérale) comprend généralement : une charge adaptée, un court-circuit, un circuit ouvert,... Ce kit de calibrage, dont les caractéristiques sont connues, est utilisé avant chaque manipulation du VNA.

La traçabilité au SI peut être établie par les étalons du kit de calibrage. Il faut pour cela modéliser le processus de mesure et la propagation des incertitudes dues aux étalons du kit à travers le modèle de mesure. Pour établir la traçabilité de cette façon, il est nécessaire de disposer d'étalons d'étalonnage caractérisés de manière traçable au SI.

Il est également possible, en traitant le VNA comme une boîte noire, d'établir la traçabilité par des lignes à air et les composantes d'incertitudes d'étalonnage peuvent être ainsi évaluées.

Pour établir la traçabilité au SI de cette façon, il est nécessaire d'avoir des lignes à air caractérisées de manière traçable au SI. Avec l'approche de la boîte noire, il n'est pas nécessaire que les étalons de kit d'étalonnage soient traçables au SI.

9.2. Kit de vérification

Le **kit de vérification** (« verification kit » en anglais) permet de s'assurer que l'ensemble VNA-câbles-kit d'étalonnage fonctionne correctement en tant que système de mesure et que l'incertitude de mesure est correctement évaluée.

Un kit de vérification comprend des étalons dont certains peuvent être de même nature que certains étalons d'étalonnage mais ils doivent être physiquement différents et traçables au SI.

Il est recommandé de disposer d'étalons de vérification de natures différentes pour s'approcher au mieux d'une couverture complète de l'abaque de Smith : charges de différents niveaux de facteur de réflexion, atténuateurs de différentes valeurs d'atténuation, lignes à air adaptées et non adaptées...

Dans tous les cas, la preuve de traçabilité au SI est assurée par un certificat d'étalonnage émis par un organisme reconnu, qui peut être :

- un laboratoire national de métrologie signataire de l'arrangement de reconnaissance mutuelle (MRA) du Comité international des poids et mesures (CIPM, cf. www.bipm.org),
- un laboratoire d'étalonnage accrédité par un organisme signataire de l'accord multilatéral de reconnaissance d'équivalence « étalonnage » d'EA ou d'ILAC.

Remarque :

Le document Euramet « Calibration Guide No. 12 » donne des informations complètes sur les procédures à la fois d'étalonnage et d'évaluation des incertitudes et de vérification.