

Section Laboratoires

ATTESTATION D'ACCREDITATION**ACCREDITATION CERTIFICATE****N° 2-1042 rév. 7**

Le Comité Français d'Accréditation (Cofrac) atteste que :
The French Committee for Accreditation (Cofrac) certifies that :

E2M

SIREN : 692037625

Satisfait aux exigences de la norme
Fulfils the requirements of the standard

NF EN ISO/CEI 17025 : 2005

et aux règles d'application du Cofrac pour les activités d'analyses/essais/étalonnages en :
and Cofrac rules of application for the activities of testing/calibration in ::

ELECTRICITE HAUTE FREQUENCE /
HIGH FREQUENCY ELECTRICITY

ELECTRICITE COURANT CONTINU ET BASSE FREQUENCE / COURANT CONTINU - COURANT ALTERNATIF
DIRECT CURRENT AND LOW FREQUENCY ELECTRICITY / DIRECT CURRENT - ALTERNATIVE CURRENT

réalisées par / *performed by :*

E2M - Laboratoire d'Ormesson
21 ter, avenue Wladimir d'Ormesson
94490 ORMESSON

et précisément décrites dans l'annexe technique jointe
and precisely described in the attached technical appendix

L'accréditation suivant la norme internationale homologuée NF EN ISO/CEI 17025 : 2005 est la preuve de la compétence technique du laboratoire dans un domaine d'activités clairement défini et du bon fonctionnement dans ce laboratoire d'un système de management de la qualité adapté (cf. communiqué conjoint ISO/ILAC/IAF de janvier 2009)

Accreditation in accordance with the recognised international standard ISO/IEC 17025 : 2005 demonstrates technical competence for a defined scope and the operation of a laboratory quality management system (re. Joint IAF/ILAC/ISO Communiqué dated January 2009).

Le Cofrac est signataire de l'accord multilatéral d'EA pour l'accréditation pour les activités objets de la présente attestation.

Cofrac is signatory of the European co-operation for Accreditation (EA) Multilateral Agreement for accreditation for the activities covered by this certificate.

Date de prise d'effet / *granting date* : **01/07/2016**Date de fin de validité / *expiry date* : **30/06/2021**

Pour le Directeur Général et par délégation
On behalf of the General Director

Le Responsable de Pôle Bâtiment-Electricité,
The Pole Manager,

Nicolas BARRAT

La présente attestation n'est valide qu'accompagnée de l'annexe technique.

This certificate is only valid if associated with the technical appendix.

L'accréditation peut être suspendue, modifiée ou retirée à tout moment. Pour une utilisation appropriée, la portée de l'accréditation et sa validité doivent être vérifiées sur le site internet du Cofrac (www.cofrac.fr).

The accreditation can be suspended, modified or withdrawn at any time. For a proper use, the scope of accreditation and its validity should be checked on the Cofrac website (www.cofrac.fr).

Cette attestation annule et remplace l'attestation N° 2-1042 Rév 6. *This certificate cancels and replaces the certificate N° 2-1042 Rév 6.*
Seul le texte en français peut engager la responsabilité du Cofrac. *The Cofrac's liability applies only to the french text.*

Comité Français d'Accréditation - 52, rue Jacques Hillairet - 75012 PARIS Tél. : 33 (0)1 44 68 82 20 – Fax : 33 (0)1 44 68 82 21 Siret : 397 879 487 00031 www.cofrac.fr

ANNEXE TECHNIQUE
à l'attestation N° 2-1042 rév. 7

L'accréditation concerne les prestations réalisées par :

E2M
21 ter, avenue Wladimir d'Ormesson
94490 ORMESSON

Dans son unité :

- Service de Métrologie Electricité-Magnétisme

Elle porte sur : voir pages suivantes

Unité technique : Service de Métrologie Electricité-Magnétisme

L'accréditation porte sur :

ELECTRICITE COURANT CONTINU ET BASSE FREQUENCE / **Courant continu** / Différence de potentiel

Objet	Caractéristique mesurée ou recherchée	Domaine d'application	Etendue de mesure	Incertitude élargie	Principe de la méthode	Principaux moyens utilisés	Référence de la méthode
Piles Références à diodes zener	Différence de potentiel	Courant continu	1,018 V ■ 10 V ■	2 μV 20 μV	Méthode d'opposition	Référence de tension	Méthode interne E/965102
Multimètres Calibrateurs Voltmètres Nanovoltmètres			100 mV ■ 1 V ■ 100 V ■ 1 kV ■	800 nV 3 μV 250 μV 3 mV	Méthode d'opposition à une tension divisée	Diviseurs et référence de tension	Méthode interne E/965102
			100 nV à 100 V 100 V à 1 kV	$4 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,5 \mu V$ $5 \cdot 10^{-6} \cdot U$	Méthode d'opposition à une tension divisée	Diviseurs et références de tension	Méthode interne E/965102
			1 kV à 10 kV	$1 \cdot 10^{-4} \cdot U$	Mesure directe d'une tension réduite	Diviseur haute tension et voltmètre	Méthode interne E/965102
Kilovoltmètres Sondes hautes tensions, Diélectrimètres Générateurs Hautes Tensions			10 kV à 20 kV 20 kV à 28 kV	$8 \cdot 10^{-4} \cdot U$ $1 \cdot 10^{-3} \cdot U$	Mesure directe	Kilovoltmètre	Méthode interne E/965102

■ Valeur ponctuelle

U est la valeur de la différence de potentiel exprimée en volts

ELECTRICITE COURANT CONTINU ET BASSE FREQUENCE / Courant alternatif / Différence de potentiel

Objet	Caractéristique mesurée ou recherchée	Domaine d'application	Etendue de mesure	Incertitude élargie	Principe de la méthode	Principaux moyens utilisés	Référence de la méthode
Multimètres Calibrateurs Voltmètres Générateurs BF	Différence de potentiel	20 Hz à 1 kHz	1 mV à 2 mV	$5 \cdot 10^{-4} \cdot U + 3 \mu V$	Mesure directe	Voltmètre à transfert thermique	Méthode interne E/965104
		1 kHz à 100 kHz	1 mV à 2 mV	$1 \cdot 10^{-3} \cdot U + 3 \mu V$			
20 Hz à 1 kHz	2 mV à 10 mV	$5 \cdot 10^{-4} \cdot U + 2 \mu V$					
1 kHz à 100 kHz	2 mV à 10 mV	$1 \cdot 10^{-3} \cdot U + 2 \mu V$					
20 Hz à 1 kHz	10 mV à 100 mV	$3 \cdot 10^{-4} \cdot U + 2 \mu V$					
1 kHz à 100 kHz	10 mV à 100 mV	$8 \cdot 10^{-4} \cdot U + 2 \mu V$					
20 Hz à 1 kHz	100 mV à 200 mV	$1 \cdot 10^{-4} \cdot U$					
1 kHz à 100 kHz	100 mV à 200 mV	$6 \cdot 10^{-4} \cdot U$					
20 Hz à 10 kHz	200 mV à 700 mV	$8 \cdot 10^{-5} \cdot U$					
10 kHz à 50 kHz	200 mV à 700 mV	$1 \cdot 10^{-4} \cdot U$					
50 kHz à 100 kHz	200 mV à 700 mV	$1,5 \cdot 10^{-4} \cdot U$					
20 Hz à 50 kHz	700 mV à 2,2 V	$8 \cdot 10^{-5} \cdot U$					
50 kHz à 100 kHz	700 mV à 2,2 V	$1,5 \cdot 10^{-4} \cdot U$					
		20 Hz à 5 kHz	2,2 V à 5 V	$1 \cdot 10^{-4} \cdot U$	Transposition thermique	Générateur de tension continue, transfert thermique	Méthode interne E/965104
		5 kHz à 50 kHz	2,2 V à 5 V	$1,5 \cdot 10^{-4} \cdot U$			
		20 Hz à 20 kHz	5 V à 100 V	$1 \cdot 10^{-4} \cdot U$			
		20 kHz à 50 kHz	5 V à 50 V	$1,5 \cdot 10^{-4} \cdot U$			
		50 kHz à 100 kHz	2,2 V à 50 V	$2 \cdot 10^{-4} \cdot U$			
		20 Hz à 5 kHz	100 V à 300 V	$1 \cdot 10^{-4} \cdot U$			
		20 Hz à 5 kHz	300 V à 1 kV	$2 \cdot 10^{-4} \cdot U$			
		10 kHz ■, 20 kHz ■	100 V à 200 V	$1 \cdot 10^{-4} \cdot U$			
		10 kHz ■, 20 kHz ■	200 V à 500 V	$2 \cdot 10^{-4} \cdot U$			
		10 kHz ■, 20 kHz ■	500 V à 1 kV	$2,5 \cdot 10^{-4} \cdot U$			
		50 kHz ■, 100 kHz ■	50 V à 100 V	$2 \cdot 10^{-4} \cdot U$			
		50 kHz ■, 100 kHz ■	100 V à 500 V	$5 \cdot 10^{-4} \cdot U$			
		50 kHz ■	500 V à 1 kV	$5 \cdot 10^{-4} \cdot U$			

■ Valeur ponctuelle

U est la valeur de la différence de potentiel exprimée en volts

ELECTRICITE COURANT CONTINU ET BASSE FREQUENCE / Courant alternatif / Différence de potentiel

Objet	Caractéristique mesurée ou recherchée	Domaine d'application	Etendue de mesure	Incertitude élargie	Principe de la méthode	Principaux moyens utilisés	Référence de la méthode
Multimètres Calibrateurs Voltmètres Générateurs BF	Différence de potentiel	100 kHz à 1 MHz	1 V ■ et 10 V ■ 1 V ■ et 10 V ■ 1 V ■ et 10 V ■ 1 V ■ et 10 V ■	$2.10^{-3}.U$ $2.10^{-3}.U$ $3.10^{-3}.U$ $4.10^{-3}.U$	Transposition thermique	Générateur de tension continue, convertisseurs thermiques	Méthode interne E/965104
Diélectrimètres Générateurs Hautes Tensions		50 Hz ■ 50 Hz ■	1 kV à 4 kV 4 kV à 28 kV	$1,5.10^{-3}.U + 1,5 V$ $3.10^{-3}.U$	Mesure directe	Kilovoltmètre	Méthode interne E/965104

■ Valeur ponctuelle

U est la valeur de la différence de potentiel exprimée en volts

ELECTRICITE HAUTE FREQUENCE / Différence de potentiel radiofréquence

Objet	Caractéristique mesurée ou recherchée	Domaine d'application	Etendue de mesure	Incertitude élargie	Principe de la méthode	Principaux moyens utilisés	Référence de la méthode
Calibrateurs Générateurs BF Générateurs RF	Différence de potentiel RF	100 kHz à 10 MHz	1 mV à 7 mV	$2.10^{-2}.U$	Mesure directe	Voltmètre RF	Méthode interne E/965116
		100 kHz à 10 MHz	7 mV à 200 mV	$1,5.10^{-2}.U$			
		100 kHz à 10 MHz	200 mV à 100 V	$1.10^{-2}.U$			
		10 MHz à 400 MHz	1 mV à 200 mV	$4.10^{-2}.U$			
		10 MHz à 400 MHz	200 mV à 1,1 V	$1,8.10^{-2}.U$			
		400 MHz à 1 GHz	1 mV à 200 mV	$5.10^{-2}.U$			
		400 MHz à 1 GHz	200 mV à 1,1 V	$2,2.10^{-2}.U$			
Générateurs Analyseur de spectre Voltmètres RF		Valeurs discrètes ■ entre 100 MHz et 1 GHz (1)	70 mV à 2,2 V	$(1,5 + 3.Γ_x).10^{-2}.U$	Méthode comparaison à des mesures de puissance	Wattmètre RF, lignes quart d'onde	Méthode interne E/965116

■ Valeur ponctuelle

U est la valeur de la différence de potentiel exprimée en volts

(1) : 100 - 200 - 300 - 400 - 500 - 600 - 700 - 800 - 900 MHz et 1 GHz

Γ_x est la valeur du module du facteur de réflexion du « T » d'insertion du voltmètre à étalonner.

ELECTRICITE COURANT CONTINU ET BASSE FREQUENCE / **Courant continu** / Rapport de tensions

Objet	Caractéristique mesurée ou recherchée	Domaine d'application	Etendue de mesure	Incertitude élargie	Principe de la méthode	Principaux moyens utilisés	Référence de la méthode
Diviseurs résistifs fixes ou à décades Simulateurs de ponts d'extensométrie	Rapport de tensions	Courant continu	$1 \cdot 10^{-7} \leq N \leq 1$	$(1,5 + 0,15/N) \cdot 10^{-6} \cdot N$	Méthode par comparaison	Diviseur résistif Kelvin-Varley	Méthode interne E/965103

N est la valeur du rapport des tensions

ELECTRICITE COURANT CONTINU ET BASSE FREQUENCE / **Courant alternatif** / Rapport de tensions

Objet	Caractéristique mesurée ou recherchée	Domaine d'application	Etendue de mesure	Incertitude élargie	Principe de la méthode	Principaux moyens utilisés	Référence de la méthode
Diviseur inductif, capacitif ou résistif Simulateurs de ponts d'extensométrie	Rapport de tensions	50 Hz à 2 kHz	$1 \cdot 10^{-6} \leq N \leq 1$	$(3+10/N) \cdot 10^{-7} \cdot N$	Méthode par comparaison	Diviseur Inductif	Méthode interne E/965106

N est la valeur du rapport des tensions

ELECTRICITE COURANT CONTINU ET BASSE FREQUENCE / **Courant continu** / Intensité de courant électrique

Objet	Caractéristique mesurée ou recherchée	Domaine d'application	Etendue de mesure	Incertitude élargie	Principe de la méthode	Principaux moyens utilisés	Référence de la méthode
Multimètres Calibrateurs Ampèremètres	Intensité de courant électrique	Courant continu	1 nA à 1 µA 1 µA à 20 µA 20 µA à 200 µA 200 µA à 2 mA 2 mA à 20 mA 20 mA à 200 mA 200 mA à 2 A 2 A à 10 A	$3 \cdot 10^{-5} \cdot I + 1,5 \text{ pA}$ $2,5 \cdot 10^{-5} \cdot I + 100 \text{ pA}$ $1,5 \cdot 10^{-5} \cdot I + 1,2 \text{ nA}$ $1,5 \cdot 10^{-5} \cdot I + 12 \text{ nA}$ $1,5 \cdot 10^{-5} \cdot I + 120 \text{ nA}$ $1,5 \cdot 10^{-5} \cdot I + 1,2 \text{ µA}$ $1,8 \cdot 10^{-5} \cdot I + 12 \text{ µA}$ $3 \cdot 10^{-5} \cdot I + 100 \text{ µA}$	Mesure de la tension aux bornes d'une résistance	Résistance et voltmètre	Méthode interne E/965107
Générateurs de forts courants Pincés ampèremétriques			10 A à 100 A 100 A à 1 000 A	$6 \cdot 10^{-4} \cdot I$ $7 \cdot 10^{-4} \cdot I$	Mesure de la tension aux bornes d'une résistance	Résistances et voltmètre	Méthode interne E/965107

I est la valeur de l'intensité de courant électrique exprimée en ampères

ELECTRICITE COURANT CONTINU ET BASSE FREQUENCE / **Courant alternatif** / Intensité de courant électrique

Objet	Caractéristique mesurée ou recherchée	Domaine d'application	Etendue de mesure	Incertitude élargie	Principe de la méthode	Principaux moyens utilisés	Référence de la méthode
Multimètres Calibrateurs Ampèremètres	Intensité de courant électrique	20 Hz à 1 kHz 1 kHz à 5 kHz 20 Hz à 5 kHz 20 Hz à 5 kHz	1 µA à 10 µA 1 µA à 10 µA 10 µA à 100 µA 100 µA à 1 mA	$4 \cdot 10^{-4} \cdot I + 1 \text{ nA}$ $20 \cdot 10^{-4} \cdot I + 1 \text{ nA}$ $3 \cdot 10^{-4} \cdot I + 10 \text{ nA}$ $3 \cdot 10^{-4} \cdot I + 100 \text{ nA}$	Mesure de la tension aux bornes d'une résistance	Résistances et voltmètre	Méthode interne E/965108
Multimètres Calibrateurs Ampèremètres		20 Hz à 5 kHz 20 Hz à 1 kHz 1 kHz à 5 kHz 20 Hz à 5 kHz	1 mA à 1 A 1 A à 10 A 1 A à 10 A 10 A à 20 A	$2 \cdot 10^{-4} \cdot I$ $3 \cdot 10^{-4} \cdot I$ $4 \cdot 10^{-4} \cdot I$ $8 \cdot 10^{-4} \cdot I$	Transposition thermique de courant	Générateur de courant continu, transfert thermique et shunts	Méthode interne E/965108
Générateurs de forts courants		50 Hz ■	10 A à 200 A 200 A à 1 000 A	$6 \cdot 10^{-4} \cdot I$ $8 \cdot 10^{-4} \cdot I$	Mesure d'une intensité réduite	Transformateur d'intensité associé à un shunt et voltmètre	Méthode interne E/965108

I est la valeur de l'intensité de courant électrique exprimée en ampères

■ Valeur ponctuelle

ELECTRICITE COURANT CONTINU ET BASSE FREQUENCE / **Courant alternatif** / Ecart de transposition en tension

Objet	Caractéristique mesurée ou recherchée	Domaine d'application	Etendue de mesure	Domaine de mesure	Incertitude élargie	Principe de la méthode	Principaux moyens utilisés	Référence de la méthode
Transferts thermiques Convertisseurs thermiques	Ecart de transposition en tension	20 Hz à 5 kHz 20 Hz à 5 kHz 20 Hz à 5 kHz 5 kHz à 20 kHz 5 kHz à 20 kHz 5 kHz à 20 kHz 20 kHz à 50 kHz 20 kHz à 50 kHz 50 kHz à 100 kHz 50 kHz à 100 kHz 10 kHz ■ et 20 kHz ■ 10 kHz ■ et 20 kHz ■ 10 kHz ■ et 20 kHz ■ 50 kHz ■ 50 kHz ■ 100 kHz ■ 100 kHz ■ 100 kHz à 1 MHz 10 MHz ■ 30 MHz ■ 50 MHz ■	500 mV ■ liste (1) ■ 500 V ■ 1 kV ■ 500 mV ■ 1 V ■ 3 V ■ 5 V ■ liste (2) ■ 500 mV ■ liste (3) ■ 500 mV ■ liste (3) ■ 100 V ■ 200 V ■ 300 V ■ 500 V ■ 1 kV ■ 50 V ■ 100 V ■ liste (4) ■ 50 V ■ 100 V ■ liste (5) ■ 1 V ■ 10 V ■ 1 V ■ 10 V ■ 1 V ■ 10 V ■ 1 V ■ 10 V ■	$0 \leq e \leq 1 \%$	$2 \cdot 10^{-4}$ $1 \cdot 10^{-4}$ $2 \cdot 10^{-4}$ $2 \cdot 10^{-4}$ $1,5 \cdot 10^{-4}$ $1 \cdot 10^{-4}$ $2,5 \cdot 10^{-4}$ $1,5 \cdot 10^{-4}$ $2,5 \cdot 10^{-4}$ $2 \cdot 10^{-4}$ $1 \cdot 10^{-4}$ $2 \cdot 10^{-4}$ $2,5 \cdot 10^{-4}$ $2 \cdot 10^{-4}$ $5 \cdot 10^{-4}$ $2 \cdot 10^{-4}$ $5 \cdot 10^{-4}$ $2 \cdot 10^{-3}$ $2 \cdot 10^{-3}$ $3 \cdot 10^{-3}$ $4 \cdot 10^{-3}$	Méthode de comparaison	Transfert thermique	Méthode interne E/965105

Liste (1) : 1-2-3-5-10-20-30-50-100-200-300 V

Liste (2) : 5-10-20-30-50-100 V

Liste (3) : 1-2-3-5-10-20-30-50 V

Liste (4) : 200-300-500-1000 V

Liste (5) : 200-300-500 V

■ Valeur ponctuelle

e est la valeur de l'écart de transposition : $(U \approx) = (U=) \cdot (1 + e)$

ELECTRICITE COURANT CONTINU ET BASSE FREQUENCE / **Courant continu** / Résistance électrique

Objet	Caractéristique mesurée ou recherchée	Domaine d'application	Etendue de mesure	Incertitude élargie	Principe de la méthode	Principaux moyens utilisés	Référence de la méthode
Résistances fixes ou à décades Boîtes de résistances Calibrateurs Shunts	Résistance électrique	Courant continu * Sous 100 V, pour d'autres valeurs de tensions de mesure, les incertitudes mentionnées ci-contre peuvent être dégradées. ** Sous 100 V et 500 V, pour d'autres valeurs de tensions de mesure, les incertitudes mentionnées ci-contre peuvent être dégradées	100 μΩ à 1 mΩ 1 mΩ à 10 mΩ 10 mΩ à 100 mΩ 100 mΩ à 1 Ω 1 Ω à 10 Ω	$7 \cdot 10^{-5} \cdot R + 80 \text{ n}\Omega$ $4 \cdot 10^{-5} \cdot R + 150 \text{ n}\Omega$ $2 \cdot 10^{-5} \cdot R + 800 \text{ n}\Omega$ $1,5 \cdot 10^{-5} \cdot R + 8 \text{ }\mu\Omega$ $3 \cdot 10^{-5} \cdot R + 10 \text{ }\mu\Omega$	Méthode potentiométrique	Mesureur de tension et résistance	Méthode interne E/965112
Résistances fixes ou à décades Boîtes de résistances Calibrateurs Shunts			10 Ω à 100 Ω 100 Ω à 1 kΩ 1 kΩ à 10 kΩ 10 kΩ à 100 kΩ 100 kΩ à 1 MΩ 1 MΩ à 10 MΩ 10 MΩ à 100 MΩ	$2 \cdot 10^{-5} \cdot R$ $1,2 \cdot 10^{-5} \cdot R$ $8 \cdot 10^{-6} \cdot R$ $1 \cdot 10^{-5} \cdot R$ $2 \cdot 10^{-5} \cdot R$ $2,5 \cdot 10^{-5} \cdot R$ $8 \cdot 10^{-5} \cdot R$	Méthode potentiométrique	Diviseur et résistances	Méthode interne E/965112
Résistances de hautes valeurs			100 MΩ à 1 GΩ* 1 GΩ à 10 GΩ* 10 GΩ à 100 GΩ*	$5 \cdot 10^{-4} \cdot R$ $1 \cdot 10^{-3} \cdot R$ $2 \cdot 10^{-3} \cdot R$	Application de la loi d'Ohm	Générateur de tension et mesureur de courant	Méthode interne E/965112
Résistances de hautes valeurs			100 GΩ à 1 TΩ**	$8 \cdot 10^{-3} \cdot R$	Comparaison à une résistance par substitution de courant	Résistance, générateur de tension et mesureur de courant	Méthode interne E/965112
Résistances fixes ou à décades Boîtes de résistances Calibrateurs			1 Ω ■ 10 Ω ■ 100 Ω ■ 1 kΩ ■ 10 kΩ ■ 100 kΩ ■ 1 MΩ ■ 10 MΩ ■ 100 MΩ ■	20 μΩ 200 μΩ 300 μΩ 2,5 mΩ 25 mΩ 300 mΩ 6 Ω 250 Ω 12 kΩ	Mesure par substitution	Résistances	Méthode interne E/965112

R est la valeur de la résistance électrique exprimée en ohms.

■ Valeur ponctuelle

ELECTRICITE COURANT CONTINU ET BASSE FREQUENCE / **Courant continu** / Résistance électrique

Objet	Caractéristique mesurée ou recherchée	Domaine d'application	Etendue de mesure	Incertitude élargie	Principe de la méthode	Principaux moyens utilisés	Référence de la méthode
Ponts de mesure Ohmmètres Mesureurs de terre Telluromètres Testeurs de continuité	Résistance électrique	Courant continu * Mesures sous 10 V, 100 V et 500 V, pour d'autres valeurs de tensions de mesure, les incertitudes mentionnées ci-contre peuvent être dégradées.	100 $\mu\Omega$ ■ 1 m Ω ■ 10 m Ω ■ 100 m Ω ■	25 n Ω 70 n Ω 200 n Ω 1 $\mu\Omega$	Mesure directe	Résistance	Méthode interne E/965112
Ohmmètres Multimètres Mégohmmètres Ponts de résistance			1 Ω ■ 10 Ω ■ 100 Ω ■ 1 k Ω ■ 10 k Ω ■ 100 k Ω ■ 1 M Ω ■ 10 M Ω ■ 100 M Ω ■	4 $\mu\Omega$ 25 $\mu\Omega$ 250 $\mu\Omega$ 2 m Ω 20 m Ω 300 m Ω 6 Ω 80 Ω 8 k Ω	Mesure directe	Résistance	Méthode interne E/965112
Ohmmètres Multimètres Mégohmmètres Ponts de résistance			1 G Ω * ■ 10 G Ω * ■ 100 G Ω * ■ 1 T Ω * ■	600 k Ω 15 M Ω 150 M Ω 3 G Ω	Mesure directe	Résistance	Méthode interne E/965112

L'étalonnage de mesureurs de résistance en valeurs continues est possible en dégradant les incertitudes accréditées.

■ Valeur ponctuelle

ELECTRICITE COURANT CONTINU ET BASSE FREQUENCE / **Courant alternatif** / Résistance électrique

Objet	Caractéristique mesurée ou recherchée	Domaine d'application	Etendue de mesure	Incertitude élargie	Principe de la méthode	Principaux moyens utilisés	Référence de la méthode
Pont de mesure Ohmmètres Mesureurs de terre Telluromètres Testeurs de continuité Résistance (1)	Résistance électrique	10 Hz à 50 Hz	10 mΩ ■ 20 mΩ ■ 50 mΩ ■ 100 mΩ ■ 200 mΩ ■ 500 mΩ ■ 1 Ω ■ 2 Ω ■ 5 Ω ■ 10 Ω ■	25 μΩ 40 μΩ 75 μΩ 150 μΩ 0,3 mΩ 0,75 mΩ 1,3 mΩ 2,6 mΩ 6,5 mΩ 13 mΩ	Mesure directe	Résistances	Méthode interne E/965120 (E/E21303)
		50 Hz à 1 kHz	10 mΩ ■ 20 mΩ ■ 50 mΩ ■ 100 mΩ ■ 200 mΩ ■ 500 mΩ ■ 1 Ω ■ 2 Ω ■ 5 Ω ■ 10 Ω ■	50 μΩ 50 μΩ 125 μΩ 250 μΩ 0,4 mΩ 1 mΩ 1,3 mΩ 2,6 mΩ 6,5 mΩ 13 mΩ			
Pont de mesure Ohmmètres Mesureurs de terre Telluromètres Testeurs de continuité	Résistance électrique	1 kHz ■	100 Ω ■ 1 kΩ ■ 10 kΩ ■ 100 kΩ ■	5 mΩ 50 mΩ 500 mΩ 15 Ω	Mesure directe	Résistances	Méthode interne E/965120

■ Valeurs ponctuelles

Les incertitudes indiquées dans le tableau sont déterminées pour une puissance maximale de 1W. Pour des valeurs de puissance supérieures, les incertitudes seront dégradées.

(1) L'étalonnage de résistances en valeurs continues pour des fréquences comprises entre 20 Hz et 1kHz est possible en dégradant les incertitudes accréditées.
L'étalonnage de mesureurs de résistances en valeurs continues est possible en dégradant les incertitudes accréditées

ELECTRICITE COURANT CONTINU ET BASSE FREQUENCE / **Courant alternatif** / Capacité électrique

Objet	Caractéristique mesurée ou recherchée	Domaine d'application	Etendue de mesure	Incertitude élargie	Principe de la méthode	Principaux moyens utilisés	Référence de la méthode
Condensateurs fixes ou à décades Condensateurs variables	Capacité électrique	1 kHz ■ 1 kHz ■	1 pF à 100 nF 100 nF à 1 µF	$1.10^{-4}.C + 4 \text{ fF}$ $1,5.10^{-4}.C$	Méthode de comparaison	Condensateur et pont à diviseur inductif *	Méthode interne E/965113
Condensateurs fixes ou à décades		1 kHz ■ 100 Hz ■ 100 Hz ■ 100 Hz ■	1 µF à 10 µF 1 µF à 10 µF 10 µF à 100 µF 100 µF à 1 mF	$7.10^{-4}.C$ $7.10^{-4}.C$ $1.10^{-3}.C$ $1,2.10^{-3}.C$	Méthode de substitution	Condensateur et pont de mesure RLC **	Méthode interne E/965113
Condensateurs fixes ou à décades Condensateurs variables		1 MHz ■ 1 MHz ■	1 pF à 100 pF 100 pF à 1 nF	$2.10^{-3}.C + 6 \text{ fF}$ $3.10^{-3}.C$	Méthode de substitution	Condensateurs et pont de mesure RLC *	Méthode interne E/965113
Ponts de mesure, Capacimètres		100 Hz ■	1 µF 10 µF 100 µF 1 mF	500 pF pour $U_0 = 1 \text{ V}$ 6 nF pour $U_0 = 0,32 \text{ V}$ 70 nF pour $U_0 = 0,1 \text{ V}$ 800 nF pour $U_0 = 32 \text{ mV}$	Mesure directe	Condensateur**	Méthode interne E/965113
		1 kHz ■	1 pF 10 pF 100 pF 10 nF 100 nF 1 µF	4 fF 5 fF 14 fF 1,5 pF 15 pF 200 pF			
	1 kHz ■	1 nF	30 fF				
	1 kHz ■	10 µF	6 nF				
	** Mesures en trois bornes ou cinq bornes	1 MHz ■	1 pF 10 pF 100 pF 1 nF	5 fF 20 fF 200 fF 3 pF	Mesure directe	Condensateurs*	Méthode interne E/965113

C est la valeur de la capacité électrique exprimée en farads

■ Valeur ponctuelle

U et U_0 sont les valeurs de la tension appliquée aux bornes de la capacité étalon. U_0 est la tension pour laquelle sont obtenues les meilleures incertitudes. Si $U \neq U_0$, incertitude supplémentaire : pour $U < U_0 : \pm 5.10^{-4}.C$ et pour $U_0 < U < 10.U_0 : \pm 2,5.10^{-3}.C$

L'étalonnage de mesureurs de capacités en valeurs continues est possible en dégradant les incertitudes accréditées.

ELECTRICITE COURANT CONTINU ET BASSE FREQUENCE / Courant alternatif / Inductance

Objet	Caractéristique mesurée ou recherchée	Domaine d'application	Etendue de mesure	Incertitude élargie	Principe de la méthode	Principaux moyens utilisés	Référence de la méthode
Inductances fixes ou à décades	Inductance	1 kHz ■	10 μ H à 100 μ H 100 μ H à 1 mH 1 mH à 10 mH 10 mH à 1 H 1 H à 10 H	$-1,7 \cdot 10^{-3} \cdot L + 420$ nH $8,3 \cdot 10^{-4} \cdot L + 170$ nH $5,6 \cdot 10^{-4} \cdot L + 440$ nH $6 \cdot 10^{-4} \cdot L$ $1,6 \cdot 10^{-3} \cdot L - 1$ mH	Méthode de substitution	Inductance, pont d'impédance *	Méthode interne E/965114
Ponts de mesure, Selfmètres		1 kHz ■	10 μ H 100 μ H 1 mH 10 mH 100 mH 1 H 10 H	300 nH 150 nH 800 nH 4 μ H 40 μ H 500 μ H 12 mH	Mesure directe	Inductances *	Méthode interne E/965114

■ Valeur ponctuelle

L est la valeur de l'inductance exprimée en henrys

ELECTRICITE COURANT CONTINU ET BASSE FREQUENCE / Courant alternatif / Impédance

Objet	Caractéristique mesurée ou recherchée	Domaine d'application	Etendue de mesure	Incertitude élargie	Principe de la méthode	Principaux moyens utilisés	Référence de la méthode
Ponts de mesure	Module d'Impédance	1 kHz ■	100 Ω - 1 k Ω 1,59 k Ω	$3 \cdot 10^{-4} \cdot Z$	Mesure directe	Impédances	Méthode interne E/965121
		1 MHz ■	50 Ω - 159 Ω 1,59 k Ω	$1,5 \cdot 10^{-2} \cdot Z$			
Impédances		1 kHz à 1 MHz	1 Ω à 1,6 k Ω	$2 \cdot 10^{-2} \cdot Z + 40$ m Ω	Mesure directe	Pont de mesure RLC	Méthode interne E/965121

■ Valeur ponctuelle

Z est la valeur de l'impédance exprimée en ohms

Objet	Caractéristique mesurée ou recherchée	Domaine d'application	Etendue de mesure	Incertitude élargie	Principe de la méthode	Principaux moyens utilisés	Référence de la méthode
Phasemètre Voltmètre de phase Mesureur de facteur de puissance	Phase Signaux d'amplitude identique	20 Hz à 1 kHz 1 kHz à 5 kHz 5 kHz à 10 kHz 10 kHz à 20 kHz 20 Hz à 5 kHz 5 kHz à 10 kHz 10 kHz à 20 kHz 20 Hz à 10 kHz 10 kHz à 20 kHz	10 mV à 10 V 10 mV à 10 V 10 mV à 10 V 10 mV à 10 V 10 V à 200 V 10 V à 200 V 10 V à 200 V 200 V à 1 kV 200 V à 1 kV	$[(17 + 0,07 \cdot \Phi) \cdot 10^{-3}]^\circ$ $[(25 + 0,13 \cdot \Phi) \cdot 10^{-3}]^\circ$ $[(40 + 0,28 \cdot \Phi) \cdot 10^{-3}]^\circ$ $[(70 + 0,9 \cdot \Phi) \cdot 10^{-3}]^\circ$ 0,1° 0,11° $[(12 + 0,07 \cdot \Phi) \cdot 10^{-2}]^\circ$ 0,32° $(0,33 + 3 \cdot 10^{-4} \cdot \Phi)^\circ$	Mesure directe	Générateur de signaux déphasés	Méthode interne E/965109
	Phase Signaux d'amplitude différentes et comprises entre les limites indiquées dans le domaine considéré	20 Hz à 400 Hz 400 Hz à 1 kHz 1 kHz à 10 kHz 10 kHz à 20 kHz 20 Hz à 400 Hz 400 Hz à 1 kHz 1 kHz à 10 kHz 10 kHz à 20 kHz 20 Hz à 1 kHz 1 kHz à 10 kHz 10 kHz à 20 kHz 20 Hz à 1 kHz 1 kHz à 10 kHz 10 kHz à 20 kHz	10 mV à 10 V 10 mV à 10 V 10 mV à 10 V 10 mV à 10 V 1 V à 200 V 1 V à 200 V 1 V à 200 V 1 V à 200 V 1 V à 1 kV 1 V à 1 kV 1 V à 1 kV 10 mV à 1 kV 10 mV à 1 kV 10 mV à 1 kV	$[(22 + 0,07 \cdot \Phi) \cdot 10^{-3}]^\circ$ 0,05° 0,17° 0,9° 0,11° 0,13° 0,25° 1° 0,35° 0,5° 1,2° 0,5° 0,8° 2,2°	Mesure directe	Générateur de signaux déphasés	Méthode interne E/965109

Φ' est la valeur de la phase exprimée en degrés avec :

$\Phi' = 0$ pour $0 \leq \Phi \leq 90^\circ$

$\Phi' = 180^\circ - \Phi$ pour $90^\circ \leq \Phi \leq 180^\circ$

$\Phi' = \Phi - 180^\circ$ pour $180^\circ \leq \Phi \leq 270^\circ$

$\Phi' = 360^\circ - \Phi$ pour $270^\circ \leq \Phi \leq 360^\circ$

où Φ est la phase à étalonner exprimée en degrés

ELECTRICITE COURANT CONTINU ET BASSE FREQUENCE / **Courant continu** / Puissance

Objet	Caractéristique mesurée ou recherchée	Domaine d'application	Etendue de mesure	Incertitude élargie	Principe de la méthode	Principaux moyens utilisés	Référence de la méthode
Wattmètres Générateurs de puissance	Puissance	Courant continu	10 mW à 10 kW (100 mA à 10 A) (100 mV à 1 kV)	$2,5 \cdot 10^{-4} \cdot P$	Génération de tension et courant continu	Générateur de tension et générateur de courant	Méthode interne E/965110
			1 kW à 100 kW (10 A à 100 A) (100 V à 1 kV)	$8 \cdot 10^{-4} \cdot P$			

P est la valeur de la puissance exprimée en watts

ELECTRICITE COURANT CONTINU ET BASSE FREQUENCE / **Courant alternatif** / Puissance

Objet	Caractéristique mesurée ou recherchée	Domaine d'application	Etendue de mesure	Incertitude élargie	Principe de la méthode	Principaux moyens utilisés	Référence de la méthode
Wattmètres Générateurs de puissance	Puissance	20 Hz à 1 kHz	10 mW à 1 W (100 mA à 1 A) (100 mV à 1 V) ($0,1 \leq \cos\Phi \leq 1$)	$(2 \cdot 10^{-4} + (2,5 \cdot 10^{-4}/I) + 0,009 \cdot \text{tg}\Phi) \cdot P$	Génération de tension et courant alternatifs avec mesure du déphasage	Générateur de tension, générateur de courant et générateur déphasé	Méthode interne E/965111
			1 W à 10 kW (1 A à 10 A) (1 V à 1 kV) ($0,1 \leq \cos\Phi \leq 1$)	$(2 \cdot 10^{-4} + (2,5 \cdot 10^{-3}/I) + 0,009 \cdot \text{tg}\Phi) \cdot P$			

P est la valeur de la puissance exprimée en watts

I est a valeur de l'intensité de courant électrique exprimée en ampères

Φ est la valeur du déphasage existant entre le courant I et la tension U exprimée en degrés

ELECTRICITE HAUTE FREQUENCE / Puissance radiofréquence (RF)

Objet	Caractéristique mesurée ou recherchée	Domaine d'application	Etendue de mesure	Incertitude élargie	Principe de la méthode	Principaux moyens utilisés	Référence de la méthode
Générateurs de puissance		50 MHz à 1 GHz	100 µW à 50 mW	$(2 + 8.\Gamma_x).10^{-2}.P$	Mesure directe	Wattmètre	Méthode interne E/965117
		1 GHz à 2 GHz	100 µW à 50 mW	$(2,5 + 10.\Gamma_x).10^{-2}.P$			
		2 GHz à 7 GHz	100 µW à 50 mW	$(2,5 + 15.\Gamma_x).10^{-2}.P$			
		7 GHz à 15 GHz	100 µW à 50 mW	$(2,5 + 20.\Gamma_x).10^{-2}.P$			
		50 MHz à 1 GHz	50 mW à 100 mW	$(2,3 + 8.\Gamma_x).10^{-2}.P$			
		1 GHz à 2 GHz	50 mW à 100 mW	$(2,6 + 10.\Gamma_x).10^{-2}.P$			
		2 GHz à 7 GHz	50 mW à 100 mW	$(2,6 + 15.\Gamma_x).10^{-2}.P$			
		7 GHz à 15 GHz	50 mW à 100 mW	$(2,6 + 20.\Gamma_x).10^{-2}.P$			
		15 GHz à 18 GHz	100 µW à 100 mW	$(3 + 30.\Gamma_x).10^{-2}.P$			
Wattmètres et sondes RF	Puissance RF (facteur d'étalonnage)	50 MHz à 500 MHz	10 µW à 50 mW	$(2 + 10.\Gamma_x).10^{-2}.K_x$	Méthode de substitution	Wattmètre, coupleur directif	Méthode interne E/965117
		500 MHz à 1 GHz	10 µW à 50 mW	$(2 + 11.\Gamma_x).10^{-2}.K_x$			
		1 GHz à 2 GHz	10 µW à 50 mW	$(2,5 + 30.\Gamma_x).10^{-2}.K_x$			
		2 GHz à 10 GHz	10 µW à 50 mW	$(2,8 + 30.\Gamma_x).10^{-2}.K_x$			
		10 GHz à 12,4 GHz	10 µW à 50 mW	$(2,5 + 10.\Gamma_x).10^{-2}.K_x$			
		50 MHz à 500 MHz	50 mW à 100 mW	$(2,3 + 10.\Gamma_x).10^{-2}.K_x$			
		500 MHz à 1 GHz	50 mW à 100 mW	$(2,3 + 11.\Gamma_x).10^{-2}.K_x$			
		1 GHz à 2 GHz	50 mW à 100 mW	$(2,6 + 30.\Gamma_x).10^{-2}.K_x$			
		2 GHz à 10 GHz	50 mW à 100 mW	$(3 + 30.\Gamma_x).10^{-2}.K_x$			
		10 GHz à 12,4 GHz	50 mW à 100 mW	$(2,8 + 10.\Gamma_x).10^{-2}.K_x$			
		12,4 GHz à 15 GHz	10 µW à 100 mW	$(3 + 20.\Gamma_x).10^{-2}.K_x$			
		15 GHz à 18 GHz	10 µW à 100 mW	$(3 + 15.\Gamma_x).10^{-2}.K_x$			

P est la valeur de la puissance électrique exprimée en watts
 Γ_x est le module du facteur de réflexion de l'élément à étalonner
 K_x est le facteur d'étalonnage du wattmètre à étalonner

ELECTRICITE HAUTE FREQUENCE / Facteur de réflexion

Objet	Caractéristique mesurée ou recherchée	Domaine d'application	Etendue de mesure	Incertitude élargie *	Principe de la méthode	Principaux moyens utilisés	Référence de la méthode
Composants passifs (charges, circuits ouverts, court-circuits, ...)	Facteur de réflexion en module	1 MHz à 1 GHz 1 GHz à 2 GHz 2 GHz à 7 GHz 7 GHz à 15 GHz 15 GHz à 18 GHz	0 à 0,5 0 à 0,5 0 à 0,5 0 à 0,5 0 à 0,5	$7 \cdot 10^{-2} \cdot \Gamma_x + 7 \cdot 10^{-3}$ $7 \cdot 10^{-2} \cdot \Gamma_x + 10 \cdot 10^{-3}$ $9 \cdot 10^{-2} \cdot \Gamma_x + 12 \cdot 10^{-3}$ $9 \cdot 10^{-2} \cdot \Gamma_x + 16 \cdot 10^{-3}$ $9 \cdot 10^{-2} \cdot \Gamma_x + 12 \cdot 10^{-3}$	Mesure du rapport entre signal réfléchi et signal incident	Réfectomètre « compensé »	Méthode interne E/965115

Γ_x est le module du facteur de réflexion de l'élément à étalonner

* Les incertitudes indiquées dans les tableaux sont déterminées pour des connecteurs spécifiés (« N » ou « APC7 » sur ligne coaxiale 50 Ω) ; pour d'autres types de connecteurs, les incertitudes seront dégradées.

ELECTRICITE HAUTE FREQUENCE / Directivité

Objet	Caractéristique mesurée ou recherchée	Domaine d'application	Etendue de mesure	Incertitude élargie *	Principe de la méthode	Principaux moyens utilisés	Référence de la méthode
Coupleurs Ponts réflectométriques	Directivité en module	1 MHz à 1 GHz 1 GHz à 2 GHz 2 GHz à 18 GHz	0 à 0,3 0 à 0,3 0 à 0,3	$5 \cdot 10^{-2} \cdot \Gamma_x + 5 \cdot 10^{-3}$ $5 \cdot 10^{-2} \cdot \Gamma_x + 7 \cdot 10^{-3}$ $6 \cdot 10^{-2} \cdot \Gamma_x + 5 \cdot 10^{-3}$	Mesure de rapport de signaux réfléchis par adaptation / désadaptation	Charges, court-circuit, circuit ouvert	Méthode interne E/965115

Γ_x est le module de la directivité du réflectomètre à étalonner

* Les incertitudes indiquées dans les tableaux sont déterminées pour des connecteurs spécifiés (« N » ou « APC7 » sur ligne coaxiale 50 Ω) ; pour d'autres types de connecteurs, les incertitudes seront dégradées.

ELECTRICITE HAUTE FREQUENCE / Affaiblissement

Objet	Caractéristique mesurée ou recherchée	Domaine d'application	Etendue de mesure	Incertitude élargie	Principe de la méthode	Principaux moyens utilisés	Référence de la méthode
Banc de mesure d'affaiblissement	Affaiblissement	2 kHz à 1 GHz	0 - 3 - 10 - 20 dB ■ 30 - 40 - 50 - 60 dB ■ 70 - 80 dB ■ 90 - 100 dB ■	0,11 dB 0,15 dB 0,20 dB 0,27 dB	Mesure directe	Affaiblisseurs	Méthode interne E/965118
		1 GHz à 2 GHz	0 - 3 - 10 - 20 dB ■ 30 - 40 - 50 - 60 dB ■ 70 - 80 - 90 dB ■	0,11 dB (0,08 + 0,004.A) dB (0,12 + 0,004.A) dB			
		2 GHz à 18 GHz	0 - 3 - 10 - 20 dB ■ 30 - 40 dB ■ 50 - 60 dB ■	0,21 dB 0,36 dB 0,55 dB			
Affaiblisseurs Dispositifs incluant un affaiblisseur	Affaiblissement	2 kHz à 1 GHz	0 dB à 80 dB 80 dB à 100 dB	$0,12 + 0,0012.A + 0,2.\Gamma_x$ $0,4 + 1,5.\Gamma_x$	Méthode de substitution à fréquence intermédiaire	Banc de mesure d'affaiblissement	Méthode interne E/965118
		1 GHz à 2 GHz	0 dB à 40 dB 40 dB à 80 dB 80 dB à 90 dB	$0,18 + 0,002.A + 0,7.\Gamma_x$ $0,03 + 0,006.A + 0,4.\Gamma_x$ $0,65 + 0,2.\Gamma_x$			
		2 GHz à 18 GHz	0 dB à 20 dB 20 dB à 40 dB 40 dB à 60 dB	$0,4 + 0,7.\Gamma_x$ $0,45 + 0,6.\Gamma_x$ $0,65 + 0,3.\Gamma_x$			

L'étalonnage de mesureurs d'affaiblissement en valeurs continues est possible en dégradant les incertitudes accréditées.

Γ_x est le module du facteur de réflexion de l'élément à étalonner ($0 \leq \Gamma_x \leq 0,2$)

A est la valeur de l'affaiblissement exprimé en dB

■ Valeur ponctuelle

ELECTRICITE - FREQUENCE / Décharges ElectroStatiques

Objet	Caractéristique mesurée ou recherchée	Domaine d'application	Etendue de mesure	Incertitude élargie	Principe de la méthode	Principaux moyens utilisés	Référence de la méthode
Générateurs de Décharges Electrostatiques (DES)	Différence de potentiel	Tension de sortie en circuit ouvert en courant continu	1 kV à 10 kV 10 kV à 20 kV 20 kV à 28 kV	$1,5 \cdot 10^{-3} \cdot U + 1 \text{ V}$ $2,5 \cdot 10^{-3} \cdot U$ $3,5 \cdot 10^{-3} \cdot U$	Mesure directe d'une tension réduite	Kilovoltmètre	Méthode interne E/943906 (norme EN 61000-4-2 + autres)
	Intensité de courant électrique	1 ^{ère} crête de courant de décharge	0 A à 35 A (tm de 0,7 ns à 10 ns)	$8 \cdot 10^{-2} \cdot I + 0,4 \text{ A}$	Sur cible 2 Ω, mesure par comparaison à une tension continue, traitement du signal numérisé	Oscilloscope, cible 2 Ω et générateur de tension continue,	
		A 30 ns et 60 ns, Intensité du courant de décharge	0 A à 35 A (tm de 0,7 ns à 10 ns)	$10 \cdot 10^{-2} \cdot I + 0,4 \text{ A}$			
	Résistance électrique	Résistance de décharge en courant continu	100 Ω à 10 kΩ	$1 \cdot 10^{-4} \cdot R + 1 \text{ Ω}$	Mesure directe	Ohmmètre	
	Capacité électrique	Capacité d'accumulation à 1 kHz	100 pF à 1 nF	3 pF	Mesure directe	Pont de mesure RLC	
	Durées caractéristiques de signaux impulsionnels (intervalles de temps)	Temps de montée de la décharge	0,5 à 0,6 ns 0,6 ns à 0,7 ns 0,7 ns à 1 ns 1 ns à 10 ns (5 A < I ≤ 35 A)	0,25 ns 0,24 ns 0,23 ns $3 \cdot 10^{-2} \cdot IT + 0,2 \text{ ns}$	Sur cible 2 Ω, mesure par comparaison à une chronométrie, traitement du signal numérisé	Oscilloscope, cible 2 Ω et générateur RF	
		Constante de temps du courant de décharge Durée à mi-hauteur du courant de décharge	250 ns à 1 μs	$6 \cdot 10^{-2} \cdot IT$	Sur cible 2 Ω, mesure par traitement du signal numérisé	Oscilloscope et cible 2 Ω	Méthode interne E/943906 (norme ISO 10605 + autres)
Fréquence / Période	Fréquence de répétition	0,1 Hz à 1 kHz (5 A < I ≤ 35 A)	$2 \cdot 10^{-2} \cdot f$	Mesure directe	Fréquencemètre piloté par une fréquence de référence	Méthode interne E/943906 (valeur non normalisée)	

U est la valeur de la différence de potentiel exprimée en volts
I est la valeur de l'intensité du courant exprimée en ampères
tm est la valeur du temps de montée du signal mesuré exprimée en secondes

R est la valeur de la résistance électrique exprimée en ohms
IT est la durée de l'intervalle de temps exprimée en secondes
f est la valeur de la fréquence de répétition exprimée en hertz

ELECTRICITE - FREQUENCE / Transitoires Electriques Rapides en Salves

Objet	Caractéristique mesurée ou recherchée	Domaine d'application	Etendue de mesure	Incertitude élargie	Principe de la méthode	Principaux moyens utilisés	Référence de la méthode
Générateurs de Transitoire Rapide en Salves (TERS)	Différence de potentiel en courant impulsionnel	Sous 50 Ω et 1 kΩ - tension crête	(40 V à 4,5 kV) sous 50 Ω et 1 kΩ tm de 3,5 ns à 10 ns tm de 10 ns à 100 ns	- sous 50 Ω : $6 \cdot 10^{-2} \cdot U$ - sous 1 kΩ : $8 \cdot 10^{-2} \cdot U$ - sous 50 Ω : $6 \cdot 10^{-2} \cdot U$	Mesure par traitement d'un signal réduit numérisé	Affaiblisseur et oscilloscope	Méthode interne E/974507 (Norme EN 61000-4-4 + avenant A2 + autres normes)
		Sous 50 Ω : - sortie réduite	(4 mV à 40 V) tm de 3,5 ns à 100 ns	$5 \cdot 10^{-2} \cdot U$	Mesure par traitement d'un signal numérisé	Oscilloscope	Méthode interne E/974507 (valeur non normalisée)
	Phase	Sous 50 Ω : - déphasage entre train d'impulsions et phase réseau	0 à 360°	5°	Méthode de comparaison temporelle	Affaiblisseur et oscilloscope	Méthode interne E/974507 (valeur non normalisée)
	Durées caractéristiques des signaux impulsionnels (intervalles de temps)	Sous 50 Ω et 1 kΩ - temps de montée (tm) - durée à mi-hauteur (td)	Sous 50 Ω : (40 V à 4,5 kV) tm de 3,5 ns à 7 ns tm de 7 ns à 1 μs td de 30 ns à 70 ns td de 70 ns à 1 μs	0,6 ns $5 \cdot 10^{-2} \cdot IT$ 3 ns $4 \cdot 10^{-2} \cdot IT$	Mesure par traitement d'un signal réduit numérisé	Affaiblisseur et oscilloscope	Méthode interne E/974507 (Norme EN 61000-4-4 + avenant A2 + autres normes)
			Sous 1 kΩ : (250 V à 4 kV) tm de 3,5 ns à 7 ns td de 30 ns à 100 ns td de 100 ns à 200 ns	0,7 ns 5 ns 7 ns			
	Durées caractéristiques des salves d'impulsions (intervalles de temps)	Sous 50 Ω : - durée de la salve (ds) - période de la salve (ps) - période de répétition des impulsions (pr) (ou fréquence : fr)	(U de 40 V à 4,5 kV) ds de 1 μs à 10 s ps de 1 μs à 10 s pr de 1 μs à 10 s (fr de 0,1 Hz à 1 MHz)))) $2 \cdot 10^{-2} \cdot IT$ ($2 \cdot 10^{-2} \cdot fr$)	Mesure directe du signal réduit et remis en forme	Affaiblisseur et oscilloscope	

U est la valeur de la différence de potentiel exprimée en volts IT est la valeur de l'intervalle de temps exprimée en secondes
tm est la valeur du temps de montée du signal mesuré exprimée en secondes

ELECTRICITE - FREQUENCE / Transitoires Electriques Rapides en Salves (suite)

Objet	Caractéristique mesurée ou recherchée	Domaine d'application	Etendue de mesure	Incertitude élargie	Principe de la méthode	Principaux moyens utilisés	Référence de la méthode
Réseau de couplage / découplage pour générateurs de TERS	Affaiblissement	Sous 50 Ω : - couplage - découplage - diaphonie	Sous 50 Ω : (40 V à 4,5 kV) de 0 à 50 dB (tm de 3,5 ns à 10 ns) (tm de 10 ns à 100 ns)	0,7 dB 0,6 dB	Mesure différentielle entre une onde TERS appliquée à l'entrée puis mesurée en sortie	Diviseur et oscilloscope	Méthode interne E/974507 (Norme EN 61000-4-4 + avenant A2 + autres normes)
	Durées caractéristiques des signaux impulsionnels (intervalles de temps)	Sous 50 Ω : - temps de montée (tm) - durée à mi-hauteur (td)	Sous 50 Ω : (40 V à 4,5 kV) tm de 3,5 ns à 7 ns tm de 7 ns à 1 µs td de 30 ns à 70 ns td de 70 ns à 1 µs	0,6 ns $5 \cdot 10^{-2} \cdot IT$ 3 ns $4 \cdot 10^{-2} \cdot IT$	Mesure par traitement d'un signal réduit numérisé	Diviseur et oscilloscope	
Pince de couplage capacitive	Capacité électrique	Capacité de couplage	50 pF à 200 pF	10 pF	Mesure directe	Pont de mesure RLC	

IT est la valeur de l'intervalle de temps exprimée en secondes

tm est la valeur du temps de montée du signal mesuré exprimée en secondes

ELECTRICITE - FREQUENCE / Chocs électriques

Objet	Caractéristique mesurée ou recherchée	Domaine d'application	Etendue de mesure	Incertitude élargie	Principe de la méthode	Principaux moyens utilisés	Référence de la méthode
Générateur de chocs électriques	Différence de potentiel en courant impulsionnel	Onde tension : - tension crête - tension de dépassement inverse	- en mode asymétrique : (40 V à 12 kV) tm de 60 ns à 0,4 µs tm (ou df) de 0,4 µs à 13 µs tm de 13 µs à 1 s	$9 \cdot 10^{-2} \cdot U$ $5 \cdot 10^{-2} \cdot U$ $3 \cdot 10^{-2} \cdot U$	Mesure par traitement d'un signal réduit numérisé	Diviseur et oscilloscope	Méthode interne E/974508 (Norme EN 61000-4-5 + autres normes)
			- en mode symétrique : (40 V à 4,5 kV) tm (ou df) de 0,4 µs à 1 s	$7 \cdot 10^{-2} \cdot U$			
		Sortie réduite	(10 mV à 40 V) tm (ou df) de 60 ns à 1s	$3 \cdot 10^{-2} \cdot U$	Mesure par traitement d'un signal numérisé	Oscilloscope	Méthode interne E/974508 (valeur non normalisée)
	Phase	Déphasage entre impulsion et phase réseau	0 à 360°	5°	Méthode de comparaison temporelle	Diviseur et oscilloscope	Méthode interne E/974508 (Norme EN 61000-4-5 + autres normes)
	Durées caractéristiques des signaux impulsionnels (intervalles de temps)	Temps de montée (ou durée du front)	(40 V à 12 kV) 60 ns à 0,4 µs 0,4 µs à 1 s	$1 \cdot 10^{-1} \cdot IT$ $9 \cdot 10^{-2} \cdot IT$	Mesure par traitement d'un signal réduit numérisé	Diviseur et oscilloscope	
		Durée à mi-hauteur (ou jusqu'à la mi-valeur)	(40 V + 12 kV) 0,25 µs à 30 µs 30 µs à 70 µs 70 µs à 1 s	$6 \cdot 10^{-2} \cdot IT$ $5 \cdot 10^{-2} \cdot IT$ $4 \cdot 10^{-2} \cdot IT$			
	Intensité en courant impulsionnel	Onde courant : - intensité crête - intensité de dépassement inverse	100 mA à 2,5 kA (tm de 350 ns à 100 µs)	$5 \cdot 10^{-2} \cdot I$	Mesure par traitement d'un signal transconduit numérisé	Sonde de courant RF et oscilloscope	
		- sortie réduite (tension)	(tm de 60 ns à 1 ms) 10 mV à 40 V 40 V à 150 V	$3 \cdot 10^{-2} \cdot U$ $5 \cdot 10^{-2} \cdot U$	Mesure par traitement d'un signal numérisé	Oscilloscope	
	Durées caractéristiques des signaux impulsionnels (intervalles de temps)	Temps de montée (ou durée du front)	(100 mA à 2,5 kA) 0,3 µs à 10 ms	$1 \cdot 10^{-1} \cdot IT$	Mesure par traitement d'un signal transconduit numérisé	Sonde de courant RF et oscilloscope	
		Durée à mi-hauteur (ou jusqu'à la mi-valeur)	(100 mA à 2,5 kA) 2,5 µs à 10 ms	$5 \cdot 10^{-2} \cdot IT$			

U est la valeur de la différence de potentiel exprimée en volts

I est la valeur de l'intensité du courant exprimée en ampères

df est la valeur de la durée de front du signal mesuré exprimée en secondes

IT est la valeur de l'intervalle de temps exprimée en secondes

tm est la valeur du temps de montée du signal mesuré exprimée en secondes

ELECTRICITE - FREQUENCE / Chocs électriques

Objet	Caractéristique mesurée ou recherchée	Domaine d'application	Etendue de mesure	Incertitude élargie	Principe de la méthode	Principaux moyens utilisés	Référence de la méthode
Réseau de couplage / découplage pour générateur de chocs électriques	Affaiblissement	Couplage	0 dB à 6 dB (tm (ou df) de 0,4 µs à 13 µs)	En mode commun : 0,3 dB (40 V à 12 kV) En mode différentiel : 0,5 dB (40 V à 4,5 kV)	Mesure différentielle entre une onde de chocs électriques appliquée à l'entrée puis mesurée en sortie	Diviseur et oscilloscope	Méthode interne E/974508 (Norme EN 61000-4-5 + autres normes)
		- Découplage - Diaphonie	0 dB à 50 dB (tm (ou df) de 0,4 µs à 13 µs)	en mode commun : 0,5 dB (40 V à 12 kV) en mode différentiel : 1 dB (40 V à 4,5 kV)			
	Durées caractéristiques des signaux impulsionnels (intervalles de temps)	Onde tension : Temps de montée (ou durée du front)	(40 V à 12 kV) 60 ns à 0,4 µs 0,4 µs à 1 s	$1.10^{-1}.IT$ $9.10^{-2}.IT$	Mesure par traitement d'un signal réduit numérisé	Diviseur et oscilloscope	
		Durée à mi-hauteur (ou jusqu'à la mi-valeur)	(40 V à 12 kV) 0,25 µs à 30 µs 30 µs à 70 µs 70 µs à 1 s	$6.10^{-2}.IT$ $5.10^{-2}.IT$ $4.10^{-2}.IT$			
		Onde courant : Temps de montée (ou durée du front)	0,3 µs à 10 ms (100 mA à 2,5 kA)	$1.10^{-1}.IT$	Mesure par traitement d'un signal transconduit numérisé	Sonde de courant RF et oscilloscope	
		Durée à mi-hauteur (ou jusqu'à la mi-valeur)	2,5 µs à 10 ms (100 mA à 2,5 kA)	$5.10^{-2}.IT$			

IT est la valeur de l'intervalle de temps exprimée en secondes
tm est la valeur du temps de montée du signal mesuré exprimée en secondes

df est la durée de front

ELECTRICITE - FREQUENCE / Creux, coupures brèves et variations de tension

Objet	Caractéristique mesurée ou recherchée	Domaine d'application	Etendue de mesure	Incertitude élargie	Principe de la méthode	Principaux moyens utilisés	Référence de la méthode
Générateur de creux, de coupures brèves et de variations de tensions	Différence de potentiel en courant alternatif	Tension de sortie à vide	100 mV à 250 V (50 Hz)	$1,8 \cdot 10^{-2} \cdot U$	Mesure directe	Multimètre	Méthode interne E/974514 (Norme EN 61000-4-11 + autres normes)
	Différence de potentiel en courant alternatif	Tension de sortie en charge	100 mV à 250 V (50 Hz)	$1,8 \cdot 10^{-2} \cdot U$	Mesure directe sur charge de 100 Ω	Multimètre et charges	
	Intensité en courant alternatif	Indicateur de courant	0,3 A à 3 A 3 A à 16 A (50 Hz)	$1,4 \cdot 10^{-2} \cdot I + 2 \text{ mA}$ $1,6 \cdot 10^{-2} \cdot I + 20 \text{ mA}$	Méthode de comparaison	Ampèremètre	
	Différence de potentiel en courant alternatif	Sortie réduite de courant (tension)	100 mV à 200 V (50 Hz)	$1,8 \cdot 10^{-2} \cdot U$	Mesure directe de la tension	Multimètre	Méthode interne E/974514 (valeurs non normalisées)
	Différence de potentiel en courant impulsionnel	Dépassements et sous-tensions	100 mV à 100 V	$(2 \cdot 10^{-2} \cdot U + 1 \cdot 10^{-2}$ de l'amplitude de commutation)	Mesure directe du signal réduit	Diviseur et oscilloscope	Méthode interne E/974514 (Norme EN 61000-4-11 + autres normes)
	Phase	Déphasage entre la perturbation et le signal secteur	0 à 360° (50 Hz)	5°	Méthode de comparaison temporelle	Diviseur et oscilloscope	Méthode interne E/974514 (Norme EN 61000-4-11 + autres normes)
	Durées caractéristiques des signaux impulsionnels	Temps de montée et de descente	(40 V à 500 V) tm de 60 ns à 0,4 μ s tm de 0,4 μ s à 1 s	$1 \cdot 10^{-1} \cdot IT$ $9 \cdot 10^{-2} \cdot IT$	Mesure par traitement d'un signal réduit numérisé	Diviseur et oscilloscope	Méthode interne E/974514 (Norme EN 61000-4-11 + autres normes)

U est la valeur de la différence de potentiel exprimée en volts
I est la valeur de l'intensité du courant exprimée en ampères

IT est la valeur de l'intervalle de temps exprimée en secondes
tm est la valeur du temps de montée du signal mesuré exprimée en secondes

ELECTRICITE - FREQUENCE / Ondes sinusoïdales ou oscillatoires amorties

Objet	Caractéristique mesurée ou recherchée	Domaine d'application	Etendue de mesure	Incertitude élargie	Principe de la méthode	Principaux moyens utilisés	Référence de la méthode
Générateurs d'ondes sinusoïdales amorties	Différence de potentiel en courant alternatif	Tension crête et décroissance à vide	40 V à 12 kV (tm de 60 ns à 1 s)	$9.10^{-2}.U$ ($60 \text{ ns} \leq tm \leq 0,4 \mu\text{s}$) $5.10^{-2}.U$ ($0,4 \mu\text{s} \leq tm \leq 13 \mu\text{s}$) $3.10^{-2}.U$ ($13 \mu\text{s} \leq tm \leq 1 \text{ s}$)	Mesure par traitement d'un signal réduit numérisé (crête et décroissance)	Diviseur et oscilloscope	Méthode interne E/974515 (Norme EN 61000-4-12 + autres normes)
		Sortie réduite de tension	10 mV à 40 V (tm de 60 ns à 1 s)	$3.10^{-2}.U$	Mesure par traitement d'un signal numérisé	Oscilloscope	Méthode interne E/974515 (valeurs non normalisées)
	Intensité en courant alternatif	Intensité crête du courant de court-circuit	0,1 A à 2,5 kA (tm de 0,35 μs à 100 μs)	$5.10^{-2}.I$	Mesure par traitement d'un signal transconduit numérisé	Sonde de courant RF et oscilloscope	Méthode interne E/974515 (Norme EN 61000-4-12 + autres normes)
	Différence de potentiel en courant alternatif	Sortie réduite de courant (mesure de tension)	10 mV à 40 V (tm de 0,3 μs à 1 ms)	$3.10^{-2}.U$	Mesure par traitement d'un signal numérisé	Oscilloscope	Méthode interne E/974515 (valeurs non normalisées)
	Phase	Relation de phase entre la perturbation et le réseau secteur	0 à 360°	5°	Méthode de comparaison temporelle	Diviseur et oscilloscope	Méthode interne E/974515 (Norme EN 61000-4-12 + autres normes)
	Durées caractéristiques des signaux impulsionnels	Temps de montée des signaux de tension	0,4 μs à 1 s (40 V à 12 kV)	$9.10^{-2}.IT$	Mesure par traitement d'un signal réduit numérisé	Diviseur et oscilloscope	Méthode interne E/974515 (Norme EN 61000-4-12 + autres normes)
		Temps de montée des signaux de courant	0,3 μs à 10 ms (0,1 A à 2,5 kA)	$1.10^{-1}.IT$	Mesure par traitement d'un signal transconduit numérisé	Sonde de courant RF et oscilloscope	Méthode interne E/974515 (Norme EN 61000-4-12 + autres normes)
	Fréquence / Période	Fréquence d'oscillation	1 Hz à 14 kHz 14 kHz à 33 kHz 33 kHz à 4 MHz (40 V à 12 kV)	$4.10^{-2}.f$ $5.10^{-2}.f$ $6.10^{-2}.f$	Mesure par traitement d'un signal réduit numérisé	Diviseur et oscilloscope	Méthode interne E/974515 (Norme EN 61000-4-12 + autres normes)
Fréquence / Période	Période de répétition	1 s à 100 s (40 V à 12 kV)	50 ms	Mesure par traitement d'un signal réduit numérisé remis en forme	Diviseur et oscilloscope	Méthode interne E/974515 (Norme EN 61000-4-12 + autres normes)	

U est la valeur de la différence de potentiel exprimée en volts
IT est la valeur de l'intervalle de temps exprimée en secondes

f est la valeur de la fréquence de répétition exprimée en hertz I est la valeur de l'intensité du courant exprimée en ampères
tm est la valeur du temps de montée du signal mesuré exprimée en secondes

ELECTRICITE - FREQUENCE / Ondes sinusoïdales ou oscillatoires amorties

Objet	Caractéristique mesurée ou recherchée	Domaine d'application	Etendue de mesure	Incertitude élargie	Principe de la méthode	Principaux moyens utilisés	Référence de la méthode	
Générateurs d'ondes oscillatoires amorties	Différence de potentiel en courant alternatif	Tension crête et décroissance à vide	40 V à 12 kV (tm de 60 ns à 1 s)	$9 \cdot 10^{-2} \cdot U$ ($60 \text{ ns} \leq t_m \leq 0,4 \mu\text{s}$) $5 \cdot 10^{-2} \cdot U$ ($0,4 \mu\text{s} \leq t_m \leq 13 \mu\text{s}$) $3 \cdot 10^{-2} \cdot U$ ($13 \mu\text{s} \leq t_m \leq 1 \text{ s}$)	Mesure par traitement d'un signal réduit numérisé (crête et décroissance)	Diviseur, oscilloscope	Méthode interne E/974515 (Norme EN 61000-4-12 + autres normes)	
		Sortie réduite tension	10 mV à 40 V (tm de 60 ns à 1 s)	$3 \cdot 10^{-2} \cdot U$	Mesure par traitement d'un signal numérisé	Oscilloscope	E/974515 + valeurs non normalisées	
	Durées caractéristiques des signaux impulsions	Temps de montée des signaux de tension	60 ns à 0,4 μs 0,4 μs à 1 s (40 V à 12 kV)	$1 \cdot 10^{-1} \cdot IT$ $9 \cdot 10^{-2} \cdot IT$	Mesure par traitement d'un signal réduit numérisé	Diviseur et oscilloscope	Méthode interne E/974515 (Norme EN 61000-4-12 + autres normes)	
	Fréquence / Période	Fréquence d'oscillation	Fréquence de répétition	1 Hz à 14 kHz 14 kHz à 33 kHz 33 kHz à 4 MHz (40 V à 12 kV)	$4 \cdot 10^{-2} \cdot f$ $5 \cdot 10^{-2} \cdot f$ $6 \cdot 10^{-2} \cdot f$	Mesure par traitement d'un signal réduit numérisé	Diviseur et oscilloscope	Méthode interne E/974515 (Norme EN 61000-4-12 + autres normes)
				1 Hz à 10 kHz (40 V à 4 kV)	$2 \cdot 10^{-2} \cdot f$	Mesure par traitement d'un signal réduit numérisé remis en forme	Diviseur et oscilloscope	Méthode interne E/974515 (Norme EN 61000-4-12 + autres normes)
				Durée des salves	1 ms à 10 s (40 V à 4 kV)	$2 \cdot 10^{-2} \cdot IT$	Mesure par traitement d'un signal réduit numérisé remis en forme	Diviseur et oscilloscope

U est la valeur de la différence de potentiel exprimée en volts
IT est la valeur de l'intervalle de temps exprimée en secondes

f est la valeur de la fréquence de d'oscillation ou de répétition exprimée en hertz
tm est la valeur du temps de montée du signal mesuré exprimée en secondes

ELECTRICITE - FREQUENCE / Ondes sinusoïdales ou oscillatoires amorties

Objet	Caractéristique mesurée ou recherchée	Domaine d'application	Etendue de mesure	Incertitude élargie	Principe de la méthode	Principaux moyens utilisés	Référence de la méthode
Réseau de couplage / découplage pour générateurs d'ondes sinusoïdales ou oscillatoires amorties	Affaiblissement (ondes sinusoïdales et oscillatoires amorties)	Couplage en circuit ouvert	0 dB à 6 dB (40 V à 12 kV) (tm de 0,4 µs à 13 µs)	En mode commun : 0,3 dB En mode différentiel : 0,5 dB (limité à 4,5 kV en mode différentiel)	Mesure par traitement d'un signal réduit numérisé	Diviseur et oscilloscope	Méthode interne E/974515 (Norme EN 61000-4-12 + autres normes)
		Découplage Diaphonie	6 dB à 50 dB (40 V à 12 kV) (tm de 0,4 µs à 13 µs)	en mode commun : 0,5 dB en mode différentiel : 1,0 dB (limité à 4,5 kV en mode différentiel)	Mesure par traitement d'un signal réduit numérisé	Diviseur et oscilloscope	Méthode interne E/974515 (Norme EN 61000-4-12 + autres normes)
	Durées caractéristiques des signaux impulsionnels (ondes sinusoïdales amorties)	Temps de montée des signaux de tension	0,4 µs à 1 s (40 V à 12 kV)	9.10 ⁻² .IT	Mesure par traitement d'un signal réduit numérisé	Diviseur et oscilloscope	Méthode interne E/974515 (Norme EN 61000-4-12 + autres normes)
		Temps de montée des signaux de courant	0,3 µs à 10 ms (0,1 A à 2,5 kA)	1.10 ⁻¹ .IT	Mesure par traitement d'un signal transconduit numérisé	Sonde de courant RF et oscilloscope	Méthode interne E/974515 (Norme EN 61000-4-12 + autres normes)
	Durées caractéristiques des signaux impulsionnels (ondes oscillatoires amorties)	Temps de montée des signaux de tension	60 ns à 0,4 µs 0,4 µs à 1 s (40 V à 12 kV)	1.10 ⁻¹ .IT 9.10 ⁻² .IT	Mesure par traitement d'un signal réduit numérisé	Diviseur et oscilloscope	Méthode interne E/974515 (Norme EN 61000-4-12 + autres normes)

tm est la valeur du temps de montée du signal mesuré exprimée en secondes

IT est la valeur de l'intervalle de temps exprimée en secondes

Le laboratoire peut employer d'autres méthodes dès lors que les compétences qu'elles impliquent sont présentes dans sa portée d'accréditation et ce pour la même grandeur et la même valeur ou étendue de mesure. Cependant, le laboratoire ne pourra mentionner des incertitudes meilleures que celles figurant dans sa portée d'accréditation.

La liste des méthodes équivalentes employées est tenue à jour par le laboratoire.

Les incertitudes élargies correspondent aux aptitudes en matière de mesures et d'étalonnages (CMC) du laboratoire pour une probabilité de couverture de 95%.

Date de prise d'effet : **01/07/2016** Date de fin de validité : **30/06/2021**

Le Responsable d'Accréditation Pilote
The Pilot Accreditation Manager

Séverine MOISEL

Cette annexe technique annule et remplace l'annexe technique 2-1042 Rév. 6.

Comité Français d'Accréditation - 52, rue Jacques Hillairet - 75012 PARIS Tél. : 33 (0)1 44 68 82 20 – Fax : 33 (0)1 44 68 82 21 Siret : 397 879 487 00031 www.cofrac.fr
--