



SN CERAP
22 rue des Forges
36100 LES BORDES
Tél. : 02 54 49 78 32
mail : contact@cerap-sas.fr
SIRET 424 595 072 00010 - APE 2712Z

SOCIÉTÉ NOUVELLE CERAP - Les Bordes
22 rue des Forges
36100 Les Bordes

CERTIFICAT D'ETALONNAGE CALIBRATION CERTIFICATE

N° FR223308559

Date d'étalonnage (Calibration Date): 18/08/2022

| | | | |
|-----------------------------|---------------------------|---------------------------------------|-------|
| Désignation (Designation) : | Indicateur de température | | |
| Marque (Manufacturer) : | JUMO | N° de série (Serial number) : | A1096 |
| Modèle (Model) : | di308 | Identification client (Customer ID) : | A1096 |

Résultat d'étalonnage (Calibration results)

Résultats des mesures (Measurement results) :

Voir page(s) suivante(s) (See next pages)

Observations (Remarks) : /

Ce document comprend (this document includes) : 2 page(s) + 4 page(s) de résultats

Date d'émission (Issue date) : 18/08/2022

Technicien
Sauvaget Olivier

Les incertitudes élargies mentionnées sont calculées avec un facteur d'élargissement $k=2$, ce qui correspond approximativement à une probabilité de couverture de 95%.

Ce certificat d'étalonnage garantit le raccordement des résultats d'étalonnage au Système International d'unités (SI).

Le COFRAC est signataire de l'accord multilatéral de European co-operation for Accreditation (EA) et de l'accord d'International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) de reconnaissance de l'équivalence des documents d'étalonnage.

LA REPRODUCTION DE CE DOCUMENT N'EST AUTORISEE QUE SOUS LA FORME DE FAC-SIMILE INTEGRAL.



The expanded uncertainties mentioned are calculated with a coverage factor $k=2$, which approximately corresponds to a probability of coverage of 95%.

This calibration certificate insures the traceability of calibration measurements to the International System of Units (SI)

COFRAC is a signatory of the Multilateral Agreement of European co-operation for Accreditation (EA) and the International Laboratory Accreditation Cooperation (ILAC) agreement for the mutual recognition of calibration certificates.

THE REPRODUCTION OF THIS CERTIFICATE IS ONLY ALLOWED THROUGH AN INTEGRAL FACSIMILE.

In case of doubt or translation interpretation issue, the french original wording version constitutes the reference.

Trescal
SAS au capital de 5 091 530 Euros
R.C.S. Créteil B 562 047 050 - SIREN 562 047 050
Code TVA FR 56 562 047 050

Siège Social
Parc Icade Paris Orly-Rungis
24-26, rue de Villeneuve - CS 80546
94150 Rungis

Motif de l'envoi (shipping reason) :

Etalonnage accrédité

Etat du matériel avant intervention (Instrument status before operation) :**Nature de l'intervention réalisée (Operation type) :**

Etalonnage accrédité

Etat du matériel après intervention (Instrument status after operation) :**Conditions d'environnement (Environmental conditions) :**

Température : (23 ± 2) °C

Hygrométrie : (45 ± 25) %HR

Liste des étalons utilisés (Reference equipments) :

| Désignation (Description) | Marque (Manufacturer) | Modèle (Model) | Identification | Validité (Validity) | Document |
|---------------------------|-----------------------|----------------|----------------|---------------------|-------------|
| Calibrateur de multimètre | FLUKE | 5720A | 64GC 11 001 | 30/05/2023 | FR222216788 |
| Thermocouple | / | S | T45 | 24/11/2023 | FR214714960 |

Procédure(s) utilisée(s) (Procedure(s) used) : COFRAC**Informations complémentaires sur l'intervention (Additional informations) :** Applicatif d'attachement de document interne en COFRAC version 2.0

Etalonné en laboratoire par (Calibrated by) Sauvaget Olivier

Le 18/08/2022

ANNEXE DU CERTIFICAT D'ETALONNAGE N° FR223308559**I / PROGRAMME DE L'ÉTALONNAGE**

Le programme d'étalonnage de l'appareil est le suivant :

| Fonction étalonnée | Calibre |
|--|----------------|
| Mesure de températures par thermocouples | S |

II / METHODE D'ETONNAGE

L'instrument est installé dans le laboratoire de métrologie 24 heures avant le début des mesures. Chaque mesure est effectué après un temps de stabilisation.

Thermocouples avec CSF (1) : l'étalonnage est effectué au moyen d'un calibrateur et de câbles de couples étalonnés

- (1) La correspondance entre la tension sélectionnée et la température est extraite des tables de référence de la norme NF EN60584-1 (mars 2014) : « couples thermoélectriques : tables de référence » et conforme à l'échelle de température EIT90.

Partie température

L'étalonnage de cet instrument a été effectué par simulation.

« Pour effectuer une mesure de température, cet instrument devra nécessairement être associé à un capteur de température étalonné.

L'incertitude associée au thermomètre ainsi constitué devra être l'incertitude d'étalonnage de l'indicateur combinée à l'incertitude d'étalonnage du capteur, aux incertitudes dues à sa stabilité, aux conditions d'environnement... »

« L'attention de l'utilisateur est attiré sur le fait que les valeurs des tableaux, exprimées en °C, sont des valeurs en unités d'affichage et ne correspondent pas à une température réellement générées ou mesurée. »

Les conversions tension-température ont été réalisées à partir de la norme européenne EN 60584-1 : mars 2014.

ANNEXE DU CERTIFICAT D'ETALONNAGE N° FR223308559**III / RESULTATS****III.1 / RÉSULTATS EN MESURE DE TEMPERATURE PAR COUPLE THERMOELECTRIQUE AVEC JONCTION DE REFERENCE INTERNE**

Thermocouple de type S

Les mesures sont effectuées sur l'entrée placée le plus à droite. (borne thermocouple verte)

| Valeur étalon | Température correspondante | Valeur lue sur l'appareil | Incertitude d'étalonnage |
|----------------|----------------------------|---------------------------|--------------------------|
| 2 974 μ V | 370,00 °C | 370,1 °C | 0,5 °C |
| 3 742 μ V | 450,00 °C | 449,9 °C | 0,5 °C |
| 4 984 μ V | 575,00 °C | 575,3 °C | 0,4 °C |
| 6 381 μ V | 710,00 °C | 710,6 °C | 0,4 °C |
| 7 838 μ V | 845,00 °C | 845,5 °C | 0,4 °C |
| 9 357 μ V | 980,00 °C | 980,6 °C | 0,4 °C |
| 10 934 μ V | 1 115,00 °C | 1 115,7 °C | 0,4 °C |
| 12 554 μ V | 1 250,00 °C | 1 250,7 °C | 0,4 °C |

FIN DE L'ANNEXE DU CERTIFICAT D'ETALONNAGE

Section Laboratoires

ATTESTATION D'ACCREDITATION**ACCREDITATION CERTIFICATE****N° 2-6668 rév. 4**

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

TRESCAL

N° SIREN : 562047050

Satisfait aux exigences de la norme **NF EN ISO/IEC 17025 : 2017**
Fulfils the requirements of the standard

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 :*

TRESCAL - Agence de Roissy
294 AV DU BOIS DE LA PIE
95700 ROISSY-EN-FRANCE

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/IEC 17025 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 adapté (cf. communiqué conjoint ISO-ILAC-IAF en vigueur disponible sur le site internet du Cofrac www.cofrac.fr)

Accreditation in accordance with the recognised international standard NF EN ISO/IEC 17025 demonstrates the technical competence of the laboratory for a defined scope and the proper operation in this laboratory of an appropriate management system (see current Joint ISO-ILAC-IAF Communiqué available on Cofrac web site www.cofrac.fr).

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* : **05/02/2021**
Date de fin de validité / *expiry date* : **31/01/2024**

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

Le Responsable du Pôle Bâtiment-Electricité,
Pole manager - Building-Electricity,

Kerno MOUTARD

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° 2-6668 Rév 3.
This certificate cancels and replaces the certificate N° 2-6668 [Rév 3](#).

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° 2-6668 rév. 4

L'accréditation concerne les prestations réalisées par :

TRESCAL - Agence de Roissy
294 AV DU BOIS DE LA PIE
95700 ROISSY-EN-FRANCE

Contact :

Monsieur Thierry SIROUX

E-mail : thierry.siroux@trescal.com

Dans son unité :

- Laboratoire d'étalonnage en Electricité-Magnétisme – Roissy

Elle porte sur : voir pages suivantes

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

| Objet | Caractéristique mesurée ou recherchée | Domaine d'application | Etendue de mesure (1) | Incertitude élargie | Principe de la méthode | Principaux moyens utilisés | Référence de la méthode | Lieu de réalisation |
|--|---------------------------------------|-----------------------|--|--|------------------------|---|---|---|
| Sources de tension Référence de tension zener | Différence de potentiel | Courant continu | ■ 10 V | 37 μ V | Méthode par opposition | Référence de tension Zener Diviseur Kelvin Varley | Procédure d'étalonnage PCEM-ROI-0014 | En laboratoire |
| Multimètres Voltmètres Nanovoltmètres Calibrateurs | Différence de potentiel | Courant continu | 0,1 V à 1 V 1 V à 10 V | 1,1.10 ⁻⁵ .U + 3,7 μ V 3,8.10 ⁻⁶ .U + 3,7 μ V | Méthode par opposition | Référence de tension Zener Diviseurs de tensions | Procédure d'étalonnage PCEM-ROI-0014 | |
| | | | 10 V à 100 V 100 V à 1000 V | 8.10 ⁻⁵ .U 9,1.10 ⁻⁵ .U | | | Procédure d'étalonnage PCEM-ROI-0015 | |
| Kilovoltmètres Sondes Hautes tensions Diélectrimètres Générateurs hautes Tensions | Différence de potentiel | Courant continu | 1 kV à 2 kV 2 kV à 20 kV 20 kV à 50 kV | 1,2.10 ⁻³ .U + 0,3 V 1,5.10 ⁻³ .U + 3 V 1,5.10 ⁻³ .U + 30 V | Mesure directe | Kilovoltmètre | Procédure d'étalonnage PCEM-ROI-0016 | |
| Sources de tension Générateurs Calibrateurs | Différence de potentiel | Courant continu | 2 mV à 20 mV 20 mV à 200 mV 200 mV à 2 V 2 V à 20 V 20 V à 200 V 200 V à 1000 V | 1,5.10 ⁻⁴ .U + 2 μ V 5,9.10 ⁻⁵ .U + 5 μ V 5,6.10 ⁻⁵ .U + 60 μ V 5,5.10 ⁻⁵ .U + 0,35 mV 5,5.10 ⁻⁵ .U + 4 mV 5,5.10 ⁻⁵ .U + 40 mV | Mesure directe | Voltmètre | Procédure d'étalonnage PCEM-ROI-0038 | Sur site <i>Température ambiante 18 à 28°C</i> |
| Mesureurs de tension Voltmètres | Différence de potentiel | Courant continu | 0,1 mV à 330 mV 330 mV à 3,3 V 3,3 V à 33 V 33 V à 330 V 330 V à 1000 V | 6,5.10 ⁻⁵ .U + 6 μ V 5.10 ⁻⁵ .U + 16 μ V 5.10 ⁻⁵ .U + 0,25 mV 5,5.10 ⁻⁵ .U + 3 mV 5,5.10 ⁻⁵ .U + 10 mV | Mesure directe | Générateur | Procédure d'étalonnage PCEM-ROI-0038 | <i>Humidité ambiante 20 à 80 % HR</i> |

■ Valeurs ponctuels

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

(1) Les tensions négatives sont obtenues en inversant la polarité.

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 | Lieu de réalisation |
|---|---------------------------------------|-----------------------|--------------------|-----------------------------|--|----------------------------|--------------------------------------|---------------------|
| Multimètres Voltmètres Nanovoltmètres | Différence de potentiel | / | 0 mV à 220 mV | $1.10^{-5}.U + 1,1 \mu V$ | Directe au moyen d'un calibrateur étalon | Calibrateur | Procédure d'étalonnage PCEM-ROI-0001 | En laboratoire |
| | | | 220 mV à 2,2V | $4,6.10^{-6}.U + 2,6 \mu V$ | | | | |
| | | | 2,2V à 11 V | $3,5.10^{-6}.U + 10 \mu V$ | | | | |
| | | | 11 V à 22 V | $3,5.10^{-6}.U + 50 \mu V$ | | | | |
| | | | 22 V à 220 V | $5.10^{-6}.U + 0,27 mV$ | | | | |
| | | | 220 V à 1000 V | $8,5.10^{-6}.U + 1,8 mV$ | | | | |
| Multimètres Voltmètres Nanovoltmètres Calibrateurs | Différence de potentiel | / | 0 μV à 190 mV | $6,6.10^{-6}.U + 0,8 \mu V$ | Directe au moyen d'un multimètre étalon | Multimètre | Procédure d'étalonnage PCEM-ROI-0009 | En laboratoire |
| | | | 0,2 V à 1,9 V | $4,4.10^{-6}.U + 1,3 \mu V$ | | | | |
| | | | 2 V à 19 V | $4,4.10^{-6}.U + 6,2 \mu V$ | | | | |
| | | | 20 V à 190 V | $6,8.10^{-6}.U + 0,12 mV$ | | | | |
| | | | 200 V à 1000 V | $7.10^{-6}.U + 1,2 mV$ | | | | |

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 | Lieu de réalisation |
|---------------------------|---------------------------------------|-----------------------|--|---|--|----------------------------|--------------------------------------|---------------------|
| Voltmètres Multimètres | Différence de potentiel BF | 20 Hz à 40 Hz | 1 mV à 2,2 mV | $1,7 \cdot 10^{-4} \cdot U + 9 \mu V$ | Directe au moyen d'un calibrateur étalon | Calibrateur | Procédure d'étalonnage PCEM-ROI-0002 | En laboratoire |
| | | 40 Hz à 20 kHz | | $1,6 \cdot 10^{-4} \cdot U + 9 \mu V$ | | | | |
| | | 20 kHz à 50 kHz | | $2,6 \cdot 10^{-4} \cdot U + 9 \mu V$ | | | | |
| | | 50 kHz à 100 kHz | | $6,5 \cdot 10^{-4} \cdot U + 9 \mu V$ | | | | |
| | | 100 kHz à 300 kHz | | $1,9 \cdot 10^{-3} \cdot U + 14 \mu V$ | | | | |
| | | 20 Hz à 40 Hz | 2,2 mV à 22 mV | $1,2 \cdot 10^{-4} \cdot U + 9 \mu V$ | | | | |
| | | 40 Hz à 20 kHz | | $1,1 \cdot 10^{-4} \cdot U + 9 \mu V$ | | | | |
| | | 20 kHz à 50 kHz | | $2,2 \cdot 10^{-4} \cdot U + 9 \mu V$ | | | | |
| | | 50 kHz à 100 kHz | | $6,2 \cdot 10^{-4} \cdot U + 9 \mu V$ | | | | |
| | | 100 kHz à 300 kHz | | $1,8 \cdot 10^{-3} \cdot U + 14 \mu V$ | | | | |
| | | 20 Hz à 40 Hz | 22 mV à 220 mV | $1,1 \cdot 10^{-4} \cdot U + 13 \mu V$ | | | | |
| | | 40 Hz à 20 kHz | | $1,0 \cdot 10^{-4} \cdot U + 13 \mu V$ | | | | |
| | | 20 kHz à 50 kHz | | $2,2 \cdot 10^{-4} \cdot U + 14 \mu V$ | | | | |
| | | 50 kHz à 100 kHz | | $5,7 \cdot 10^{-4} \cdot U + 25 \mu V$ | | | | |
| | | 100 kHz à 300 kHz | | $1,7 \cdot 10^{-3} \cdot U + 29 \mu V$ | | | | |
| | | 300 kHz à 500 kHz | $2,3 \cdot 10^{-3} \cdot U + 35 \mu V$ | | | | | |
| | | 20 Hz à 40 Hz | 0,22 V à 2,2 V | $1,1 \cdot 10^{-4} \cdot U + 0,07 \text{ mV}$ | | | | |
| | | 40 Hz à 20 kHz | | $5,2 \cdot 10^{-5} \cdot U + 0,07 \text{ mV}$ | | | | |
| | | 20 kHz à 50 kHz | | $1,1 \cdot 10^{-4} \cdot U + 0,07 \text{ mV}$ | | | | |
| | | 50 kHz à 100 kHz | | $2,8 \cdot 10^{-4} \cdot U + 0,09 \text{ mV}$ | | | | |
| | | 100 kHz à 300 kHz | | $7,6 \cdot 10^{-4} \cdot U + 0,13 \text{ mV}$ | | | | |
| | | 300 kHz à 500 kHz | | $1,7 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,27 \text{ mV}$ | | | | |
| | | 500 kHz à 1 MHz | | $3,0 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,5 \text{ mV}$ | | | | |

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 | Lieu de réalisation |
|---------------------------|---------------------------------------|-----------------------|--|--|--|----------------------------|--------------------------------------|---------------------|
| Voltmètres Multimètres | Différence de potentiel BF | 20 Hz à 40 Hz | 2,2 V à 22 V | $1,1 \cdot 10^{-4} \cdot U + 0,7 \text{ mV}$ | Directe au moyen d'un calibrateur étalon | Calibrateur | Procédure d'étalonnage PCEM-ROI-0002 | En laboratoire |
| | | 40 Hz à 20 kHz | | $5,4 \cdot 10^{-5} \cdot U + 0,7 \text{ mV}$ | | | | |
| | | 20 kHz à 50 kHz | | $1,1 \cdot 10^{-4} \cdot U + 0,7 \text{ mV}$ | | | | |
| | | 50 kHz à 100 kHz | | $2,0 \cdot 10^{-4} \cdot U + 0,8 \text{ mV}$ | | | | |
| | | 100 kHz à 300 kHz | | $4,3 \cdot 10^{-4} \cdot U + 1,8 \text{ mV}$ | | | | |
| | | 300 kHz à 500 kHz | | $1,2 \cdot 10^{-3} \cdot U + 3,4 \text{ mV}$ | | | | |
| | | 500 kHz à 1 MHz | $2,0 \cdot 10^{-3} \cdot U + 8 \text{ mV}$ | | | | | |
| | | 20 Hz à 40 Hz | 22 V à 220 V | $1,1 \cdot 10^{-4} \cdot U + 6 \text{ mV}$ | | | | |
| | | 40 Hz à 20 kHz | | $6,2 \cdot 10^{-5} \cdot U + 6 \text{ mV}$ | | | | |
| | | 20 kHz à 50 kHz | | $1,2 \cdot 10^{-4} \cdot U + 6 \text{ mV}$ | | | | |
| | | 50 kHz à 100 kHz | | $2,3 \cdot 10^{-4} \cdot U + 9 \text{ mV}$ | | | | |
| | | 40 Hz à 1 kHz | 220 V à 1000 V | $1,1 \cdot 10^{-4} \cdot U + 36 \text{ mV}$ | | | | |
| | | 1 kHz à 20 kHz | | $2,4 \cdot 10^{-4} \cdot U + 38 \text{ mV}$ | | | | |

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 | Lieu de réalisation |
|---|---------------------------------------|-------------------------------------|-------------------|---|---|----------------------------|--------------------------------------|---------------------|
| Source de tension Générateurs BF Calibrateur Multimètres Voltmètres | Différence de potentiel BF | 40 Hz à 100 Hz | 10 mV à 190 mV | $1,5 \cdot 10^{-4} \cdot U + 6 \mu V$ | Directe au moyen d'un multimètre étalon | Multimètre | Procédure d'étalonnage PCEM-ROI-0010 | En laboratoire |
| | | 100 Hz à 2 kHz | | $1,5 \cdot 10^{-4} \cdot U + 4 \mu V$ | | | | |
| | | 2 kHz à 10 kHz | | $1,7 \cdot 10^{-4} \cdot U + 6 \mu V$ | | | | |
| | | 10 kHz à 100 kHz | | $9,0 \cdot 10^{-4} \cdot U + 25 \mu V$ | | | | |
| | | 40 Hz à 100 Hz | 0,2 V à 1,9 V | $1,2 \cdot 10^{-4} \cdot U + 40 \mu V$ | | | | |
| | | 100 Hz à 2 kHz | | $1,0 \cdot 10^{-4} \cdot U + 40 \mu V$ | | | | |
| | | 2 kHz à 10 kHz | | $1,4 \cdot 10^{-4} \cdot U + 40 \mu V$ | | | | |
| | | 10 kHz à 100 kHz | | $7,0 \cdot 10^{-4} \cdot U + 250 \mu V$ | | | | |
| | | 40 Hz à 100 Hz | 2 V à 19 V | $1,2 \cdot 10^{-4} \cdot U + 350 \mu V$ | | | | |
| | | 100 Hz à 2 kHz | | $1,0 \cdot 10^{-4} \cdot U + 350 \mu V$ | | | | |
| | | 2 kHz à 10 kHz | | $1,4 \cdot 10^{-4} \cdot U + 350 \mu V$ | | | | |
| | | 10 kHz à 100 kHz | | $7,0 \cdot 10^{-4} \cdot U + 2,5 mV$ | | | | |
| | | 40 Hz à 100 Hz | 20 V à 190 V | $1,2 \cdot 10^{-4} \cdot U + 3 mV$ | | | | |
| | | 100 Hz à 2 kHz | | $1,1 \cdot 10^{-4} \cdot U + 3 mV$ | | | | |
| | | 2 kHz à 10 kHz | | $1,4 \cdot 10^{-4} \cdot U + 3 mV$ | | | | |
| | | 10 kHz à 100 kHz | | $7,0 \cdot 10^{-4} \cdot U + 25 mV$ | | | | |
| 50 Hz à 1 kHz | 200 V à 1000 V | $1,5 \cdot 10^{-4} \cdot U + 25 mV$ | | | | | | |

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 | Lieu de réalisation | | | | | | |
|---|---------------------------------------|---|----------------------------|-----------------------------|-------------------------|---|--------------------------------------|---------------------|----------------|-----------------------------|-------------------------|---|--------------------------------------|----------------|
| Voltmètres Multimètres Calibrateurs Générateurs BF | Différence de potentiel BF | 50 Hz à 10 kHz | 20 mV à 70mV | $2,4 \cdot 10^{-4} \cdot U$ | Transposition thermique | Générateur de tension continue, transfert thermique | Procédure d'étalonnage PCEM-ROI-0007 | En laboratoire | | | | | | |
| | | | 70 mV à 220 mV | $6,3 \cdot 10^{-5} \cdot U$ | | | | | | | | | | |
| | | 20 Hz à 40 Hz | 0,22 V à 0,7 V | $6,5 \cdot 10^{-5} \cdot U$ | | | | | | | | | | |
| | | | 0,7 V à 2,2 V | $4,2 \cdot 10^{-5} \cdot U$ | | | | | | | | | | |
| | | | 2,2 V à 7 V | $5,4 \cdot 10^{-5} \cdot U$ | | | | | | | | | | |
| | | | 7 V à 22 V | $4,6 \cdot 10^{-5} \cdot U$ | | | | | | | | | | |
| | | | 22 V à 70 V | $6,1 \cdot 10^{-5} \cdot U$ | | | | | | | | | | |
| | | | 70 V à 220 V | $5,0 \cdot 10^{-5} \cdot U$ | | | | | | | | | | |
| | | 40 Hz à 20 kHz | 220 V à 1000 V | $6,0 \cdot 10^{-5} \cdot U$ | | | | | | | | | | |
| | | | 0,22 V à 0,7 V | $5,7 \cdot 10^{-5} \cdot U$ | | | | | | | | | | |
| | | | 0,7 V à 2,2 V | $3,8 \cdot 10^{-5} \cdot U$ | | | | | | | | | | |
| | | | 2,2 V à 7 V | $5,1 \cdot 10^{-5} \cdot U$ | | | | | | | | | | |
| | | | 7 V à 22 V | $4,0 \cdot 10^{-5} \cdot U$ | | | | | | | | | | |
| | | | 22 V à 70 V | $5,4 \cdot 10^{-5} \cdot U$ | | | | | | | | | | |
| | | Voltmètres Multimètres Calibrateurs Générateurs BF | Différence de potentiel BF | 20 kHz à 50 kHz | | | | | 70 V à 220 V | $4,0 \cdot 10^{-5} \cdot U$ | Transposition thermique | Générateur de tension continue, transfert thermique | Procédure d'étalonnage PCEM-ROI-0007 | En laboratoire |
| | | | | | | | | | 220 V à 1000 V | $6,0 \cdot 10^{-5} \cdot U$ | | | | |
| | | | | | | | | | 0,22 V à 0,7 V | $5,7 \cdot 10^{-5} \cdot U$ | | | | |
| | | | | | | | | | 0,7 V à 2,2 V | $3,8 \cdot 10^{-5} \cdot U$ | | | | |
| 2,2 V à 7 V | $5,3 \cdot 10^{-5} \cdot U$ | | | | | | | | | | | | | |
| 7 V à 22 V | $4,3 \cdot 10^{-5} \cdot U$ | | | | | | | | | | | | | |
| 50 kHz à 100 kHz | 22 V à 70 V | | | $6,3 \cdot 10^{-5} \cdot U$ | | | | | | | | | | |
| | 70 V à 220 V | | | $4,5 \cdot 10^{-5} \cdot U$ | | | | | | | | | | |
| | 0,22 V à 0,7 V | | | $6,7 \cdot 10^{-5} \cdot U$ | | | | | | | | | | |
| | 0,7 V à 2,2 V | | | $5,5 \cdot 10^{-5} \cdot U$ | | | | | | | | | | |
| | 2,2 V à 7 V | | | $6,1 \cdot 10^{-5} \cdot U$ | | | | | | | | | | |
| | 7 V à 22 V | | | $5,5 \cdot 10^{-5} \cdot U$ | | | | | | | | | | |
| | 22 V à 70 V | | | $7,4 \cdot 10^{-5} \cdot U$ | | | | | | | | | | |
| | 70 V à 220 V | | | $6,0 \cdot 10^{-5} \cdot U$ | | | | | | | | | | |

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 | Lieu de réalisation |
|--|---------------------------------------|-----------------------|--|--|------------------------|----------------------------|--------------------------------------|---------------------|
| Kilovoltmètres Sondes hautes tensions Diélectrimètres Générateurs hautes tensions | Différence de potentiel | 50 Hz | 1 kV à 2 kV 2 kV à 20 kV 20 kV à 25 kV | $3 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,4 \text{ V}$ $3 \cdot 10^{-3} \cdot U + 4 \text{ V}$ $3 \cdot 10^{-3} \cdot U + 40 \text{ V}$ | Mesure directe | Kilovoltmètre | Procédure d'étalonnage PCEM-ROI-0017 | En laboratoire |

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 | Lieu de réalisation |
|--|---------------------------------------|--|-------------------|----------------------------|------------------------|----------------------------|--------------------------------------|---------------------|
| Calibrateurs Générateurs BF Générateurs RF Voltmètre RF Mesureurs RF | Différence de potentiel RF | 50 kHz à 100 MHz 100 MHz à 500 MHz 500 MHz à 1 GHz | 10 mV à 100 mV | 5,0%.U 6,0%.U 6,5%.U | Mesure directe | Voltmètre RF | Procédure d'étalonnage PCEM-ROI-0018 | En laboratoire |
| | | 50 kHz à 10 MHz 10 MHz à 500 MHz 500 MHz à 1 GHz | 100 mV à 1 V | 4,0%.U 6,0%.U 6,5%.U | | | | |
| | | 50 kHz à 10 MHz 10 MHz à 100 MHz 100 MHz à 1 GHz | 1 V à 2,5 V | 4,0%.U 6,0%.U 6,5%.U | | | | |

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 | Lieu de réalisation |
|---|---------------------------------------|-----------------------|--|--|------------------------|----------------------------|--------------------------------------|---|
| Sources de tension Générateurs Calibrateurs | Différence de potentiel | 50 Hz à 1 kHz | 20 mV à 200 mV 200 mV à 2 V 2 V à 20 V 20 V à 200 V 200 V à 700 V | $3,8 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,2 \text{ mV}$ $3,5 \cdot 10^{-3} \cdot U + 1,5 \text{ mV}$ $3,5 \cdot 10^{-3} \cdot U + 15 \text{ mV}$ $3,5 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,15 \text{ V}$ $3,5 \cdot 10^{-3} \cdot U + 1,5 \text{ V}$ | Mesure directe | Voltmètre | Procédure d'étalonnage PCEM-ROI-0038 | Sur site <i>Température ambiante 18 à 28°C</i> |
| Mesureurs de tension Voltmètres | Différence de potentiel | 50 Hz à 1 kHz | 10 mV à 330 mV 330 mV à 3,3 V 3,3 V à 33 V 33 V à 330 V 330 V à 1000 V | $2,1 \cdot 10^{-3} \cdot U + 40 \mu\text{V}$ $5,5 \cdot 10^{-4} \cdot U + 0,5 \text{ mV}$ $4,2 \cdot 10^{-4} \cdot U + 4,5 \text{ mV}$ $8 \cdot 10^{-4} \cdot U + 38 \text{ mV}$ $1,7 \cdot 10^{-3} \cdot U + 90 \text{ mV}$ | Mesure directe | Générateur | Procédure d'étalonnage PCEM-ROI-0038 | <i>Humidité ambiante 20 à 80 % HR</i> |

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

| ELECTRICITE COURANT CONTINU ET BASSE FREQUENCE / Courant continu / Intensité de courant électrique | | | | | | | | | | |
|--|---------------------------------------|--|-----------------------|--|--|---|--------------------------------------|---------------------|---|--|
| Objet | Caractéristique mesurée ou recherchée | Domaine d'application | Etendue de mesure (1) | Incertitude élargie | Principe de la méthode | Principaux moyens utilisés | Référence de la méthode | Lieu de réalisation | | |
| Picoampèremètres Ampèremètres Générateurs Pico-sources Calibrateurs | Intensité de courant électrique | Courant continu | 1 pA à 10 pA | $2 \cdot 10^{-2} \cdot I + 60 \text{ fA}$ | Mesure par substitution | Electromètre Source de tension continu Résistance | Procédure d'étalonnage PCEM-ROI-0019 | En laboratoire | | |
| | | | 10 pA à 100 pA | $1,3 \cdot 10^{-2} \cdot I + 0,4 \text{ pA}$ | | | | | 100 pA à 1 nA | $8 \cdot 10^{-3} \cdot I + 1,3 \text{ pA}$ |
| Ampèremètres Générateurs Pico-sources Calibrateurs Multimètres | Intensité de courant électrique | Courant continu | 1 µA à 10 µA | $7 \cdot 10^{-5} \cdot I$ | Mesure de la tension aux bornes d'une résistance | Résistance Générateur de tension | Procédure d'étalonnage PCEM-ROI-0020 | En laboratoire | | |
| | | | | 10 µA à 100 µA | | | | | $3 \cdot 10^{-5} \cdot I$ | 100 µA à 10 mA |
| Nanoampèremètres Ampèremètres Multimètres | Intensité de courant électrique | Courant continu | 10 µA à 220 µA | $4,2 \cdot 10^{-5} \cdot I + 7,2 \text{ nA}$ | Directe au moyen d'un calibrateur étalon | Calibrateur | Procédure d'étalonnage PCEM-ROI-0003 | En laboratoire | | |
| | | | | 0,22 mA à 2,2 mA | | | | | $3,6 \cdot 10^{-5} \cdot I + 12 \text{ nA}$ | |
| | | | | 2,2 mA à 22 mA | | | | | $3,6 \cdot 10^{-5} \cdot I + 110 \text{ nA}$ | |
| | | | | 22 mA à 220 mA | | | | | $4,8 \cdot 10^{-5} \cdot I + 2,2 \text{ µA}$ | |
| | | | | 220 mA à 2,2 A | | | | | $7,2 \cdot 10^{-5} \cdot I + 34 \text{ µA}$ | |
| | | | | 2,2 A à 11 A | | | | | $4 \cdot 10^{-4} \cdot I + 2,7 \text{ mA}$ | |
| Ampèremètres Calibrateurs Multimètres Nanoampèremètres | Intensité de courant électrique | Courant continu | 20 µA à 190 µA | $1,5 \cdot 10^{-5} \cdot I + 0,7 \text{ nA}$ | Directe au moyen d'un multimètre étalon | Multimètre | Procédure d'étalonnage PCEM-ROI-0011 | En laboratoire | | |
| | | | | 200 µA à 1,9 mA | | | | | $1,5 \cdot 10^{-5} \cdot I + 7 \text{ nA}$ | |
| | | | | 2 mA à 19 mA | | | | | $1,7 \cdot 10^{-5} \cdot I + 0,07 \text{ µA}$ | |
| | | | | 20 mA à 190 mA | | | | | $6 \cdot 10^{-5} \cdot I + 1,3 \text{ µA}$ | |
| | | | | 200 mA à 1,9 A | | | | | $2,2 \cdot 10^{-4} \cdot I + 50 \text{ µA}$ | |
| | 2 A à 10 A | $5 \cdot 10^{-4} \cdot I + 7 \text{ mA}$ | | | | | | | | |

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

(1) Les valeurs d'intensité négatives sont obtenues en inversant la polarité.

| ELECTRICITE COURANT CONTINU ET BASSE FREQUENCE / Courant continu / Intensité de courant électrique | | | | | | | | |
|--|---------------------------------------|-----------------------|---|---|------------------------|----------------------------|--|---|
| Objet | Caractéristique mesurée ou recherchée | Domaine d'application | Etendue de mesure (1) | Incertitude élargie | Principe de la méthode | Principaux moyens utilisés | Référence de la méthode | Lieu de réalisation |
| Générateurs Multimètres Sources de courant Calibrateurs | Intensité de courant électrique | Courant continu | 1 mA à 200 mA 200 mA à 2A | $4,1 \cdot 10^{-4} \cdot I + 40 \mu A$ $9,2 \cdot 10^{-4} \cdot I + 0,6 \text{ mA}$ | Mesure directe | Ampèremètre | Procédure sd'étalonnage PCEM-ROI-0038 | Sur site <i>Température ambiante 18 à 28°C</i> |
| Ampèremètres Multimètres Mesureurs d'intensité | Intensité de courant électrique | Courant continu | 35 μA à 3,3 mA 3,3 mA à 33 mA 33 mA à 330 mA 330 mA à 2,2 A 2,2 A à 11 A | $1,8 \cdot 10^{-4} \cdot I + 0,2 \mu A$ $1,3 \cdot 10^{-4} \cdot I + 0,7 \mu A$ $2,0 \cdot 10^{-4} \cdot I + 30 \mu A$ $4,5 \cdot 10^{-4} \cdot I + 0,17 \text{ mA}$ $6,1 \cdot 10^{-4} \cdot I + 2 \text{ mA}$ | Mesure directe | Générateur | Procédure d'étalonnage PCEM-ROI-0038 | <i>Humidité ambiante 20 à 80 % HR</i> |

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

(1) Les valeurs d'intensité négatives sont obtenues en inversant la polarité.

| 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 | Lieu de réalisation |
| Ampèremètres Générateurs Calibrateurs Multimètres | Intensité de courant électrique | 50 Hz■ | 1 A à 15 A 15 A à 100 A | $1 \cdot 10^{-3} \cdot I$ $1 \cdot 10^{-3} \cdot I$ | Mesure de la tension aux bornes d'une résistance | Voltmètre Résistance | Procédure d'étalonnage PCEM-ROI-0022 | En laboratoire |
| Générateurs Multimètres Sources de courant Calibrateurs | Intensité de courant électrique | 50 Hz■ | 100 mA à 2A | $4 \cdot 10^{-3} \cdot I + 2 \text{ mA}$ | Mesure directe | Ampèremètre | Procédure d'étalonnage PCEM-ROI-0038 | Sur site <i>Température ambiante 18 à 28°C</i> |
| Ampèremètres Multimètres Mesureurs d'intensité | Intensité de courant électrique | 50 Hz■ | 35 µA à 3,3 mA 3,3 mA à 33 mA 33 mA à 330 mA 330 mA à 2,2 A 2,2 A à 11 A | $1,2 \cdot 10^{-4} \cdot I + 0,9 \text{ µA}$ $10 \cdot 10^{-4} \cdot I + 10 \text{ µA}$ $9 \cdot 10^{-4} \cdot I + 0,12 \text{ mA}$ $1,3 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,61 \text{ mA}$ $1,2 \cdot 10^{-3} \cdot I + 6,5 \text{ mA}$ | Mesure directe | Générateur | Procédure d'étalonnage PCEM-ROI-0038 | <i>Humidité ambiante 20 à 80 % HR</i> |

■ Valeurs ponctuels

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 | Lieu de réalisation |
| Multimètres Ampèremètres | Intensité de courant électrique | 40 Hz à 1 kHz | 9 µA à 220 µA | $7,7 \cdot 10^{-4} \cdot I + 0,013 \mu A$ | Directe au moyen d'un calibrateur étalon | Calibrateur | Procédure d'étalonnage PCEM-ROI-0004 | Laboratoire |
| | | 1 kHz à 5 kHz | | $4,2 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,017 \mu A$ | | | | |
| | | 5 kHz à 10 kHz | | $1,1 \cdot 10^{-2} \cdot I + 0,30 \mu A$ | | | | |
| | | 40 Hz à 1 kHz | 0,22 mA à 2,2 mA | $2,3 \cdot 10^{-4} \cdot I + 0,08 \mu A$ | | | | |
| | | 1 kHz à 5 kHz | | $1,1 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,32 \mu A$ | | | | |
| | | 5 kHz à 10 kHz | | $4,4 \cdot 10^{-3} \cdot I + 1,4 \mu A$ | | | | |
| | | 40 Hz à 1 kHz | 2,2 mA à 22 mA | $1,5 \cdot 10^{-4} \cdot I + 0,9 \mu A$ | | | | |
| | | 1 kHz à 5 kHz | | $7 \cdot 10^{-4} \cdot I + 1,7 \mu A$ | | | | |
| | | 5 kHz à 10 kHz | | $4 \cdot 10^{-3} \cdot I + 7 \mu A$ | | | | |
| | | 40 Hz à 1 kHz | 22 mA à 220 mA | $1,4 \cdot 10^{-4} \cdot I + 10 \mu A$ | | | | |
| | | 1 kHz à 5 kHz | | $7 \cdot 10^{-4} \cdot I + 12 \mu A$ | | | | |
| | | 5 kHz à 10 kHz | | $4 \cdot 10^{-3} \cdot I + 21 \mu A$ | | | | |
| | | 40 Hz à 1 kHz | 0,22 A à 2,2 A | $2,9 \cdot 10^{-4} \cdot I + 60 \mu A$ | | | | |
| | | 40 Hz à 1 kHz | 2,2 A à 10 A | $4,8 \cdot 10^{-4} \cdot I + 3,6 \text{ mA}$ | | | | |
| Multimètres Ampèremètres | Intensité de courant électrique | 50 Hz à 5 kHz | 10 µA à 190 µA | $3,6 \cdot 10^{-4} \cdot I + 0,024 \mu A$ | Directe au moyen d'un multimètre étalon | Multimètre | Procédure d'étalonnage PCEM-ROI-0012 | Laboratoire |
| | | 50 Hz à 5 kHz | 0,2 mA à 1,9 mA | $3,6 \cdot 10^{-4} \cdot I + 0,24 \mu A$ | | | | |
| | | 50 Hz à 5 kHz | 2 mA à 19 mA | $3,6 \cdot 10^{-4} \cdot I + 2,4 \mu A$ | | | | |
| | | 50 Hz à 5 kHz | 20 mA à 190 mA | $3,5 \cdot 10^{-4} \cdot I + 24 \mu A$ | | | | |
| | | 50 Hz à 2 kHz | 200 mA à 1,9 A | $7,2 \cdot 10^{-4} \cdot I + 0,28 \text{ mA}$ | | | | |
| | | 2 kHz à 5 kHz | | $8,5 \cdot 10^{-4} \cdot I + 0,28 \text{ mA}$ | | | | |
| | | 50 Hz à 2 kHz | 2 A à 10 A | $9,5 \cdot 10^{-4} \cdot I + 7 \text{ mA}$ | | | | |
| 2 kHz à 5 kHz | $3 \cdot 10^{-3} \cdot I + 7 \text{ mA}$ | | | | | | | |

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 | Lieu de réalisation |
| Multimètres Ampèremètres | Intensité de courant électrique | <ul style="list-style-type: none"> ■ 50 Hz ■ 400 Hz ■ 1 kHz | 10 mA | $1,3 \cdot 10^{-4} \cdot I$ | Transposition thermique de courant | Générateur de courant continu, transfert thermique, shunts | Procédure d'étalonnage PCEM-ROI-0008 | Laboratoire |
| | | | 10 mA à 100 mA | $1,2 \cdot 10^{-4} \cdot I + 2 \mu A$ | | | | |
| | | | 100 mA à 2 A | $1,5 \cdot 10^{-4} \cdot I + 40 \mu A$ | | | | |
| | | | 2 A à 10 A | $4,5 \cdot 10^{-4} \cdot I + 3 \text{ mA}$ | | | | |
| | | <ul style="list-style-type: none"> ■ 5 kHz | 10 A à 20 A | $6,8 \cdot 10^{-4} \cdot I$ | | | | |
| | | | 10 mA | $1,9 \cdot 10^{-4} \cdot I$ | | | | |
| | | | 10 mA à 100 mA | $1,9 \cdot 10^{-4} \cdot I + 2 \mu A$ | | | | |
| | | | 100 mA à 2 A | $1,9 \cdot 10^{-4} \cdot I + 40 \mu A$ | | | | |
| | | | 2 A à 10 A | $5 \cdot 10^{-4} \cdot I + 3 \text{ mA}$ | | | | |
| | | | 10 A à 20 A | $7,2 \cdot 10^{-4} \cdot I$ | | | | |

■ Valeurs ponctuels

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

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 | Lieu de réalisation |
|---|---------------------------------------|--|---|--|--------------------------|---|---|---------------------|
| Shunts Mesureurs de résistances Résistances | Résistance électrique | Courant continu <i>Courant de mesure < 100A</i> | 1 mΩ à 10 mΩ | $3,8 \cdot 10^{-4} \cdot R$ | Méthode potentiométrique | Voltmètre Résistances | Procédure d'étalonnage PCEM-ROI-0023 | En laboratoire |
| Résistances | Résistance électrique | Courant continu | 1 Ω ■ 1 mΩ à 100 mΩ 100 mΩ à 1 Ω 1 Ω à 5 Ω 5 Ω à 10 Ω | 37 μΩ $2 \cdot 10^{-5} \cdot R + 9 \mu\Omega$ $2 \cdot 10^{-5} \cdot R + 160 \mu\Omega$ $2,2 \cdot 10^{-5} \cdot R + 120 \mu\Omega$ $1,7 \cdot 10^{-5} \cdot R + 80 \mu\Omega$ | Méthode potentiométrique | Résistances Diviseur | Procédure d'étalonnage PCEM-ROI-0024 | |
| | | | 10 Ω à 100 Ω 100 Ω à 100 kΩ 100 kΩ à 10 MΩ | $1,7 \cdot 10^{-5} \cdot R$ $1,2 \cdot 10^{-5} \cdot R$ $2,3 \cdot 10^{-5} \cdot R$ | | | Procédure d'étalonnage PCEM-ROI-0025 | |
| Résistances hautes valeurs | Résistance électrique | Courant continu | 10 GΩ ■ 100 GΩ ■ 1 TΩ ■ 10 TΩ ■ | $8 \cdot 10^{-3} \cdot R$ $1 \cdot 10^{-2} \cdot R$ $1,6 \cdot 10^{-2} \cdot R$ $3 \cdot 10^{-2} \cdot R$ | Mesure par substitution | Résistances Générateur Mesureur intensité | Procédure d'étalonnage PCEM-ROI-0026 | |
| Résistances hautes valeurs | Résistance électrique | Courant continu <i>* sous une tension de 10 à 100V</i> <i>** sous une tension de 50 à 1000V</i> <i>Pour une autre tension les incertitudes mentionnées ci-contre peuvent être dégradées</i> | 10 MΩ à 100 MΩ * 100 MΩ à 1 GΩ * 1 GΩ à 10 GΩ * | $4,8 \cdot 10^{-4} \cdot R$ $6,5 \cdot 10^{-3} \cdot R$ $7,6 \cdot 10^{-3} \cdot R$ | Mesure potentiométrique | Générateurs Résistances | Procédure d'étalonnage PCEM-ROI-0027 | |
| | | | 1 GΩ à 10 GΩ ** 10 GΩ à 100 GΩ ** | $9,0 \cdot 10^{-3} \cdot R$ $1 \cdot 10^{-2} \cdot R$ | | | Procédure d'étalonnage PCEM-ROI-0028 | |

■ Valeurs ponctuels

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

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

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 | Lieu de réalisation |
|--|---------------------------------------|-----------------------|--|---|------------------------|----------------------------|--------------------------------------|---------------------|
| Ohmmètres Milliohmmètres Mesureurs de résistance Pont de mesure | Résistance électrique | Courant continu | 1 mΩ ■ 10 mΩ ■ 100 mΩ ■ 1 Ω ■ 10 Ω ■ 100 Ω ■ 1 kΩ ■ 10 kΩ ■ 100 kΩ ■ 1 MΩ ■ | 10 nΩ 40 nΩ 700 nΩ 10 μΩ 50 μΩ 500 μΩ 4 mΩ 35 mΩ 0,6 Ω 7 Ω | Mesure directe | Résistance | Procédure d'étalonnage PCEM-ROI-0029 | En laboratoire |

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

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 | Lieu de réalisation |
|-----------------------------|---|-----------------------|-------------------|--|--|----------------------------|--------------------------------------|---------------------|
| Milliohmmètres Ohmmètres | Résistance électrique | / | ■ 1 Ω | 140 μΩ | Mesure directe au moyen d'un calibrateur | Calibrateur | Procédure d'étalonnage PCEM-ROI-0005 | Laboratoire |
| | | | ■ 1,9 Ω | 240 μΩ | | | | |
| | | | ■ 10 Ω | 0,9 mΩ | | | | |
| | | | ■ 19 Ω | 1,0 mΩ | | | | |
| | | | ■ 100 Ω | 1,8 mΩ | | | | |
| | | | ■ 190 Ω | 3,0 mΩ | | | | |
| | | | ■ 1 kΩ | 17 mΩ | | | | |
| | | | ■ 1,9 kΩ | 30 mΩ | | | | |
| | | | ■ 10 kΩ | 180 mΩ | | | | |
| | | | ■ 19 kΩ | 310 mΩ | | | | |
| | | | ■ 100 kΩ | 2,1 Ω | | | | |
| | | | ■ 190 kΩ | 3,1 Ω | | | | |
| | | | ■ 1 MΩ | 32 Ω | | | | |
| | | | ■ 1,9 MΩ | 52 Ω | | | | |
| | | | ■ 10 MΩ | 0,5 kΩ | | | | |
| ■ 19 MΩ | 1,2 kΩ | | | | | | | |
| ■ 100 MΩ | 16 kΩ | | | | | | | |
| Milliohmmètres Ohmmètres | Résistance électrique | / | 0,1 Ω à 1,0 Ω | $2 \cdot 10^{-5} \cdot R + 6 \mu\Omega$ | Mesure directe au moyen d'un multimètre étalon | Multimètre | Procédure d'étalonnage PCEM-ROI-0013 | Laboratoire |
| | | | 1,0 Ω à 10 Ω | $1,1 \cdot 10^{-5} \cdot R + 20 \mu\Omega$ | | | | |
| | | | 10 Ω à 100 Ω | $1 \cdot 10^{-5} \cdot R + 0,20 \text{ m}\Omega$ | | | | |
| | | | 0,10 kΩ à 1,0 kΩ | $1 \cdot 10^{-5} \cdot R + 1 \text{ m}\Omega$ | | | | |
| | | | 1,0 kΩ à 10 kΩ | $1 \cdot 10^{-5} \cdot R + 10 \text{ m}\Omega$ | | | | |
| | | | 10 kΩ à 100 kΩ | $1 \cdot 10^{-5} \cdot R + 100 \text{ m}\Omega$ | | | | |
| | | | 0,10 MΩ à 1,0 MΩ | $1,2 \cdot 10^{-5} \cdot R + 1,2 \Omega$ | | | | |
| | | | 1,0 MΩ à 10 MΩ | $7 \cdot 10^{-5} \cdot R + 120 \Omega$ | | | | |
| | | | 10 MΩ à 100 MΩ | $6 \cdot 10^{-4} \cdot R + 12 \text{ k}\Omega$ | | | | |
| 0,10 GΩ à 1,0 GΩ | $2 \cdot 10^{-3} \cdot R + 1,2 \text{ M}\Omega$ | | | | | | | |

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 | Lieu de réalisation |
|--|---------------------------------------|-----------------------|--|--|------------------------|----------------------------------|--------------------------------------|--|
| Résistances Simulateur de résistance | Résistance électrique | Courant continu | 0,1 Ω à 20 Ω 20 Ω à 200 Ω 200 Ω à 2 kΩ 2 kΩ à 20 kΩ 20 kΩ à 200 kΩ 200 kΩ à 2 MΩ 2 MΩ à 20 MΩ | $7 \cdot 10^{-4} \cdot R + 5 \text{ m}\Omega$ $6,5 \cdot 10^{-4} \cdot R + 15 \text{ m}\Omega$ $9 \cdot 10^{-4} \cdot R + 40 \text{ m}\Omega$ $9 \cdot 10^{-4} \cdot R + 1,5 \Omega$ $9 \cdot 10^{-4} \cdot R + 4 \Omega$ $9 \cdot 10^{-4} \cdot R + 300 \Omega$ $9 \cdot 10^{-4} \cdot R + 3000 \Omega$ | Mesure directe | Ohmmètre | Procédure d'étalonnage PCEM-ROI-0038 | Sur site <i>Température ambiante 18 à 28°C</i> <i>Humidité ambiante 20 à 80 % HR</i> |
| Ohmmètres Mesureurs de résistance Pont de mesure | Résistance électrique | Courant continu | 0,1 Ω à 330 Ω 330 Ω à 3,3 kΩ 3,3 kΩ à 33 kΩ 33 kΩ à 330 kΩ 330 kΩ à 3,3 MΩ 3,3 MΩ à 33 MΩ 33 MΩ à 330 MΩ | $1,5 \cdot 10^{-4} \cdot R + 12 \text{ m}\Omega$ $7 \cdot 10^{-5} \cdot R + 60 \text{ m}\Omega$ $7 \cdot 10^{-5} \cdot R + 0,6 \Omega$ $9 \cdot 10^{-5} \cdot R + 5,5 \Omega$ $1,4 \cdot 10^{-4} \cdot R + 120 \Omega$ $8 \cdot 10^{-4} \cdot R + 4,5 \text{ k}\Omega$ $5,2 \cdot 10^{-3} \cdot R + 180 \text{ k}\Omega$ | Mesure directe | Générateur de résistance simulée | Procédure d'étalonnage PCEM-ROI-0038 | |

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

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 | Lieu de réalisation |
|-------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|--|--|-------------------------|------------------------------------|--------------------------------------|---------------------|
| Capacimètre Pont de mesure | Capacité électrique | 1 kHz | 100 pF■ 1 nF■ 10 nF■ 100 nF■ 1 μF■ | 15 fF 130 fF 1,3 pF 13 pF 140 pF | Mesure directe | Condensateur | Procédure d'étalonnage PCEM-ROI-0030 | En laboratoire |
| Condensateurs | Capacité électrique | 1 kHz | 100 pF à 1 nF 1 nF à 1 μF | $1,1 \cdot 10^{-3} \cdot C + 22 \text{ fF}$ $3,1 \cdot 10^{-4} \cdot C$ | Mesure par substitution | Condensateur Pont de mesure RLC | Procédure d'étalonnage PCEM-ROI-0031 | |

■ Valeurs ponctuels

C est la valeur de la capacité électrique exprimée en farads.

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

| ELECTRICITE COURANT CONTINU ET BASSE FREQUENCE / Courant continu / Température par simulation électrique | | | | | | | | |
|--|---------------------------------------|-------------------------------------|----------------------------------|---|--|--|---------------------------------------|---------------------|
| Objet | Caractéristique mesurée ou recherchée | Domaine d'application | Etendue de mesure (1) | Incertitude élargie (2) | Principe de la méthode | Principaux moyens utilisés | Référence de la méthode | Lieu de réalisation |
| Indicateur de température pour thermocouple | Température par simulation électrique | Sans compensation de soudure froide | 0 mV à 10 mV * 10 mV à 100 mV | 1,5 μ V 2,8 μ V | Mesure directe de ddp et conversion en °C | Générateur de tension | Procédures d'étalonnage PCEM-ROI-0034 | En laboratoire |
| Simulateur de température pour thermocouple | Température par simulation électrique | Sans compensation de soudure froide | 0 μ V à 100 mV * | 1,8 μ V | Mesure directe de ddp et conversion en °C | Voltmètre | Procédure d'étalonnage PCEM-ROI-0032 | |
| Indicateur de température pour thermocouple | Température par simulation électrique | Avec compensation de soudure froide | -10 mV à 100 mV | 10 μ V couple K 10 μ V couple T 12 μ V couple J 4 μ V couple S 10 μ V couple N 21 μ V couple E | Mesure directe de ddp avec soudure froide déportée et conversion en °C | Générateur de tension Bain de glace Thermocouple d'extension | Procédure d'étalonnage PCEM-ROI-0035 | |
| Simulateur de température pour thermocouple | Température par simulation électrique | Avec compensation de soudure froide | -10 mV à 100 mV | 11 μ V couple K 10 μ V couple T 12 μ V couple J 4 μ V couple S 10 μ V couple N 21 μ V couple E | Mesure directe de ddp avec soudure froide déportée et conversion en °C | Voltmètre Bain de glace Thermocouple d'extension | Procédure d'étalonnage PCEM-ROI-0033 | |

(*) Les températures négatives sont obtenues en inversant la polarité.

(1) Les domaines de température équivalents sont, pour chaque couple thermoélectrique, déterminés conformément aux normes en vigueur.

(2) Afin d'obtenir l'incertitude globale d'étalonnage, l'incertitude de cette colonne sera convertie en °C et combinée avec la résolution, la stabilité...propres à l'instrument. L'incertitude propre à la table de conversion utilisée devra également être prise en compte.

| ELECTRICITE COURANT CONTINU ET BASSE FREQUENCE / Courant continu / Température par simulation électrique | | | | | | | | |
|--|---------------------------------------|-----------------------|------------------------------|-------------------------|-------------------------|----------------------------|--------------------------------------|---------------------|
| Objet | Caractéristique mesurée ou recherchée | Domaine d'application | Etendue de mesure (1) | Incertitude élargie (2) | Principe de la méthode | Principaux moyens utilisés | Référence de la méthode | Lieu de réalisation |
| Indicateur de température pour thermorésistance | Température par simulation électrique | / | 1 Ω à 1000 Ω | 15 m Ω | Mesure par substitution | Ohmmètre Résistance | Procédure d'étalonnage PCEM-ROI-0037 | En laboratoire |
| Simulateur de température pour thermorésistance | Température par simulation électrique | / | 1 Ω à 100 Ω | 5 m Ω | Mesure par substitution | Ohmmètre Résistance | Procédure d'étalonnage PCEM-ROI-0036 | |
| | | | 100 Ω à 1000 Ω | 7 m Ω | Mesure par substitution | | Procédure d'étalonnage PCEM-ROI-0036 | |

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

(1) Les domaines de température équivalents sont, pour chaque couple thermorésistance, déterminés conformément aux normes en vigueur.

(2) Afin d'obtenir l'incertitude globale d'étalonnage, l'incertitude de cette colonne sera convertie en °C et combinée avec la résolution, la stabilité...propres à l'instrument. L'incertitude propre à la table de conversion utilisée devra également être prise en compte.

Portée flexible FLEX2 : 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%.

Accréditation rendue obligatoire dans le cadre réglementaire français précisé par le texte cité en référence dans le document Cofrac LAB INF 99 disponible sur www.cofrac.fr

Date de prise d'effet : **05/02/2021** Date de fin de validité : **31/01/2024**

La Responsable d'accréditation
The Accreditation Manager

Séverine MOISEL

Cette annexe technique annule et remplace l'annexe technique 2-6668 Rév. 3.

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