

Trescal

TRESCAL AGENCE DE ROISSY
Parc des Lumières (Bât A), Paris Nord 2
294/296 avenue du Bois de la Pie
95974 ROISSY CHARLES DE GAULLE
Tel. : 0148631818
Fax :

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



Accréditation N° 2-6668
Portée disponible sur www.cofrac.fr

SOCIETE NOUVELLE CERAP – Les Bordes
22 rue des Forges

36100 Les Bordes

Notre référence (Our reference) : FR005-RSY-JI-21040996.1 / 2339284

CERTIFICAT D'ETALONNAGE CALIBRATION CERTIFICATE N° FR212615637

Date d'étalonnage (Calibration Date) : 02/07/2021

Désignation (Designation) : Calibrateur multifonction

Marque (Manufacturer) : BEAMEX

N° de série (Serial number) : 604994

Modèle (Model) : MC6

Identification client (Customer ID) : L01

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) + 7 page(s) de résultats

Date d'émission (Issue date) : 06/07/2021

Responsable de laboratoire
Siroux Thierry

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 5 068 530 Euros
R.C.S. Créteil B 562 047 050 – SIREN 562 047 050
Code TVA FR 56 562 047 050

Siège social
Parc d'affaires Silic
24-26, rue de Villeneuve - CS 80546
94150 Rungis

trescal.com

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 : $(23 \pm 2) ^\circ\text{C}$ Hygrométrie : $(45 \pm 25) \% \text{HR}$ **Liste des étalons utilisés (Reference equipments) :**

Désignation (Description)	Marque (Manufacturer)	Modèle (Model)	Identification	Validité (Validity)	Document
Multimètre numérique	FLUKE	8508A	61MN 19 001	04/12/2021	22_549006-8508
Calibrateur de multimètre	FLUKE	5720A	64GC 11 001	25/02/2022	FR210817615
Résistance Etalon – 1 kohm	VISHAY	1702	C046	17/02/2023	FR210719236
Résistance Etalon – 100 ohm	VISHAY	1702	C047	16/02/2023	FR210719237
Résistance Etalon – 10 ohm	VISHAY	1702	C048	16/02/2023	FR210719238
Résistance	ESI	RS925D	C170	11/02/2022	FR210613889
Thermocouple	L&R	K	T06	29/10/2021	FR194404231
Thermocouple	L&R	N	T10	29/10/2021	FR194405828
Thermocouple	/	S	T45	29/10/2021	FR194405914

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) Siroux Thierry

Le 02/07/2021

ANNEXE DU CERTIFICAT D'ETALONNAGE N° FR212615637

I / PROGRAMME DE L'ÉTALONNAGE

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

Fonction étalonnée	Calibre
Mesure de tension IN	0 - 20 V
Mesure de courant	50 mA
Générateur de tension OUT	0 - 20 V
Générateur de courant	50 mA
Mesure de températures par thermocouples	K - S - N
Mesure de températures par sonde à résistance	PT 100 Ω 385
Simulation de thermocouples	K - S - N
Simulation de sonde à résistance	PT 100 Ω 385

ANNEXE DU CERTIFICAT D'ETALONNAGE N° FR212615637

II / METHODE D'ETONNAGE

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

II.2.1 / Mode récepteur: (Indicateur)

Tensions continues : l'étalonnage est effectué au moyen d'un calibrateur

Courants continus : l'étalonnage est effectué au moyen d'un calibrateur

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

Sonde à résistance PT 100 Ω (2) : l'étalonnage est effectué au moyen d'une boîte à décades de résistances étalonnée,

II.2.2 / Mode générateur: (Calibrateur)

Tensions continues : l'étalonnage est effectué au moyen d'un multimètre étalonné

Courants continus : l'étalonnage est effectué au moyen d'un ampèremètre étalonné.

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

Sonde à résistance PT 100 Ω (2) : l'étalonnage est effectué au moyen d'un multimètre étalonné dans sa fonction ohmmètre.

- (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.
- (2) La relation entre la résistance sélectionnée et la température est extraite de la table de référence de la norme NF EN60751/A2 (mars 1996) : « Capteurs industriels à résistances thermoélectrique de platine » 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.

Les conversions résistance-température ont été réalisées à partir de la norme NF EN60751/A2 : mars 1996.

ANNEXE DU CERTIFICAT D'ETALONNAGE N° FR212615637

III / RESULTATS**III.1 / Résultats en mesure de tensions continues (IN)**

Calibre	Valeur de l'étalon	Valeur lue sur l'appareil	Incertitude d'étalonnage
0-20 V	0,100 00 V	0,099 995 V	0,000 003 V
	2,000 00 V	1,999 95 V	0,000 02 V
	4,000 00 V	3,999 90 V	0,000 03 V
	6,000 00 V	5,999 84 V	0,000 04 V
	8,000 00 V	7,999 79 V	0,000 04 V
	10,000 00 V	9,999 73 V	0,000 05 V

III.2 / Résultats en mesure de courants continus

Calibre	Valeur de l'étalon	Valeur lue sur l'appareil	Incertitude d'étalonnage
50 mA	0,1000 mA	0,100 0 mA	0,000 1 mA
	4,0000 mA	3,999 9 mA	0,000 3 mA
	8,0000 mA	8,000 0 mA	0,000 5 mA
	12,0000 mA	11,999 9 mA	0,000 6 mA
	16,0000 mA	15,999 9 mA	0,000 7 mA
	20,0000 mA	19,999 8 mA	0,000 9 mA

III.3 / Résultats en générateur de tensions continues (OUT)

Calibre	Valeur affichée	Valeur mesurée	Incertitude d'étalonnage
0-20 V	0,100 00 V	0,100 020 V	0,000 003 V
	2,000 00 V	2,000 042 V	0,000 016 V
	4,000 00 V	4,000 106 V	0,000 024 V
	6,000 00 V	6,000 164 V	0,000 033 V
	8,000 00 V	8,000 208 V	0,000 042 V
	10,000 00 V	10,000 261 V	0,000 051 V

ANNEXE DU CERTIFICAT D'ETALONNAGE N° FR212615637

III.4 / Résultats en générateur de courants continus

Source de tension interne

Calibre	Valeur affichée	Valeur mesurée	Incertitude d'étalonnage
50 mA	0,1000 mA	0,099 98 mA	0,000 01 mA
	4,0000 mA	3,999 96 mA	0,000 14 mA
	8,0000 mA	7,999 95 mA	0,000 21 mA
	12,0000 mA	11,999 97 mA	0,000 28 mA
	16,0000 mA	15,999 97 mA	0,000 35 mA
	20,0000 mA	20,000 0 mA	0,002 6 mA

III.5 / Résultats en mesure de température par couple thermoélectrique avec jonction de référence interne (TC2)

Thermocouple de type K

Valeur étalon	Température correspondante	Valeur lue sur l'appareil	Incertitude d'étalonnage
-4 542 μ V	-135,00 °C	-135,18 °C	0,43 °C
0 μ V	0,00 °C	-0,12 °C	0,28 °C
5 532 μ V	135,00 °C	134,88 °C	0,28 °C
10 971 μ V	270,00 °C	269,88 °C	0,27 °C
16 608 μ V	405,00 °C	404,88 °C	0,27 °C
22 350 μ V	540,00 °C	539,88 °C	0,26 °C
28 079 μ V	675,00 °C	674,88 °C	0,27 °C

Thermocouple de type S

Valeur étalon	Température correspondante	Valeur lue sur l'appareil	Incertitude d'étalonnage
0 μ V	0,00 °C	-0,23 °C	0,74 °C
6 013 μ V	675,00 °C	674,86 °C	0,39 °C
7 454 μ V	810,00 °C	809,89 °C	0,37 °C
8 957 μ V	945,00 °C	944,86 °C	0,36 °C
10 520 μ V	1 080,00 °C	1 079,84 °C	0,34 °C
12 131 μ V	1 215,00 °C	1 214,86 °C	0,34 °C
13 766 μ V	1 350,00 °C	1 349,89 °C	0,33 °C

ANNEXE DU CERTIFICAT D'ETALONNAGE N° FR212615637

III.5 / Résultats en mesure de température par couple thermoélectrique avec jonction de référence interne (TC2) suite

Thermocouple de type N

Valeur étalon	Température correspondante	Valeur lue sur l'appareil	Incertitude d'étalonnage
-2 407 μV	-100,00 $^{\circ}\text{C}$	-99,96 $^{\circ}\text{C}$	0,48 $^{\circ}\text{C}$
0 μV	0,00 $^{\circ}\text{C}$	0,04 $^{\circ}\text{C}$	0,39 $^{\circ}\text{C}$
3 834 μV	135,00 $^{\circ}\text{C}$	135,02 $^{\circ}\text{C}$	0,33 $^{\circ}\text{C}$
8 288 μV	270,00 $^{\circ}\text{C}$	270,03 $^{\circ}\text{C}$	0,29 $^{\circ}\text{C}$
13 159 μV	405,00 $^{\circ}\text{C}$	405,01 $^{\circ}\text{C}$	0,27 $^{\circ}\text{C}$
18 286 μV	540,00 $^{\circ}\text{C}$	540,03 $^{\circ}\text{C}$	0,26 $^{\circ}\text{C}$
23 546 μV	675,00 $^{\circ}\text{C}$	675,02 $^{\circ}\text{C}$	0,26 $^{\circ}\text{C}$
28 847 μV	810,00 $^{\circ}\text{C}$	810,01 $^{\circ}\text{C}$	0,26 $^{\circ}\text{C}$
34 124 μV	945,00 $^{\circ}\text{C}$	945,00 $^{\circ}\text{C}$	0,26 $^{\circ}\text{C}$
39 326 μV	1 080,00 $^{\circ}\text{C}$	1 080,02 $^{\circ}\text{C}$	0,27 $^{\circ}\text{C}$
44 403 μV	1 215,00 $^{\circ}\text{C}$	1 215,00 $^{\circ}\text{C}$	0,28 $^{\circ}\text{C}$
47 152 μV	1 290,00 $^{\circ}\text{C}$	1 290,01 $^{\circ}\text{C}$	0,28 $^{\circ}\text{C}$

III.6 / Résultats en générateur de température par couple thermoélectrique avec jonction de référence interne (TC1)

Thermocouple de type K

Valeur affichée	Valeur mesurée	Température correspondante à la valeur mesurée	Incertitude d'étalonnage
-135,00 $^{\circ}\text{C}$	-4 539 μV	-134,90 $^{\circ}\text{C}$	0,43 $^{\circ}\text{C}$
0,00 $^{\circ}\text{C}$	2 μV	0,05 $^{\circ}\text{C}$	0,28 $^{\circ}\text{C}$
135,00 $^{\circ}\text{C}$	5 534 μV	135,06 $^{\circ}\text{C}$	0,28 $^{\circ}\text{C}$
270,00 $^{\circ}\text{C}$	10 974 μV	270,07 $^{\circ}\text{C}$	0,27 $^{\circ}\text{C}$
405,00 $^{\circ}\text{C}$	16 611 μV	405,06 $^{\circ}\text{C}$	0,27 $^{\circ}\text{C}$
540,00 $^{\circ}\text{C}$	22 353 μV	540,07 $^{\circ}\text{C}$	0,26 $^{\circ}\text{C}$
675,00 $^{\circ}\text{C}$	28 082 μV	675,07 $^{\circ}\text{C}$	0,27 $^{\circ}\text{C}$

ANNEXE DU CERTIFICAT D'ETALONNAGE N° FR212615637

III.6 / Résultats en générateur de température par couple thermoélectrique avec jonction de référence interne (TC1) suite**Thermocouple de type S**

Valeur affichée	Valeur mesurée	Température correspondante à la valeur mesurée	Incertitude d'étalonnage
0,00 °C	0 µV	0,00 °C	0,75 °C
675,00 °C	6 013 µV	674,99 °C	0,39 °C
810,00 °C	7 454 µV	810,01 °C	0,38 °C
945,00 °C	8 958 µV	945,07 °C	0,36 °C
1 080,00 °C	10 521 µV	1 080,06 °C	0,35 °C
1 215,00 °C	12 131 µV	1 214,99 °C	0,34 °C
1 350,00 °C	13 766 µV	1 350,02 °C	0,34 °C

Thermocouple de type N

Valeur affichée	Valeur mesurée	Température correspondante à la valeur mesurée	Incertitude d'étalonnage
-100,00 °C	-2 406 µV	-99,96 °C	0,48 °C
0,00 °C	1 µV	0,04 °C	0,39 °C
135,00 °C	3 835 µV	135,03 °C	0,33 °C
270,00 °C	8 289 µV	270,03 °C	0,29 °C
405,00 °C	13 160 µV	405,01 °C	0,27 °C
540,00 °C	18 287 µV	540,04 °C	0,26 °C
675,00 °C	23 547 µV	675,03 °C	0,26 °C
810,00 °C	28 848 µV	810,02 °C	0,26 °C
945,00 °C	34 126 µV	945,04 °C	0,26 °C
1 080,00 °C	39 327 µV	1 080,04 °C	0,27 °C
1 215,00 °C	44 405 µV	1 215,05 °C	0,28 °C
1 299,00 °C	47 479 µV	1 299,06 °C	0,28 °C

ANNEXE DU CERTIFICAT D'ETALONNAGE N° FR212615637

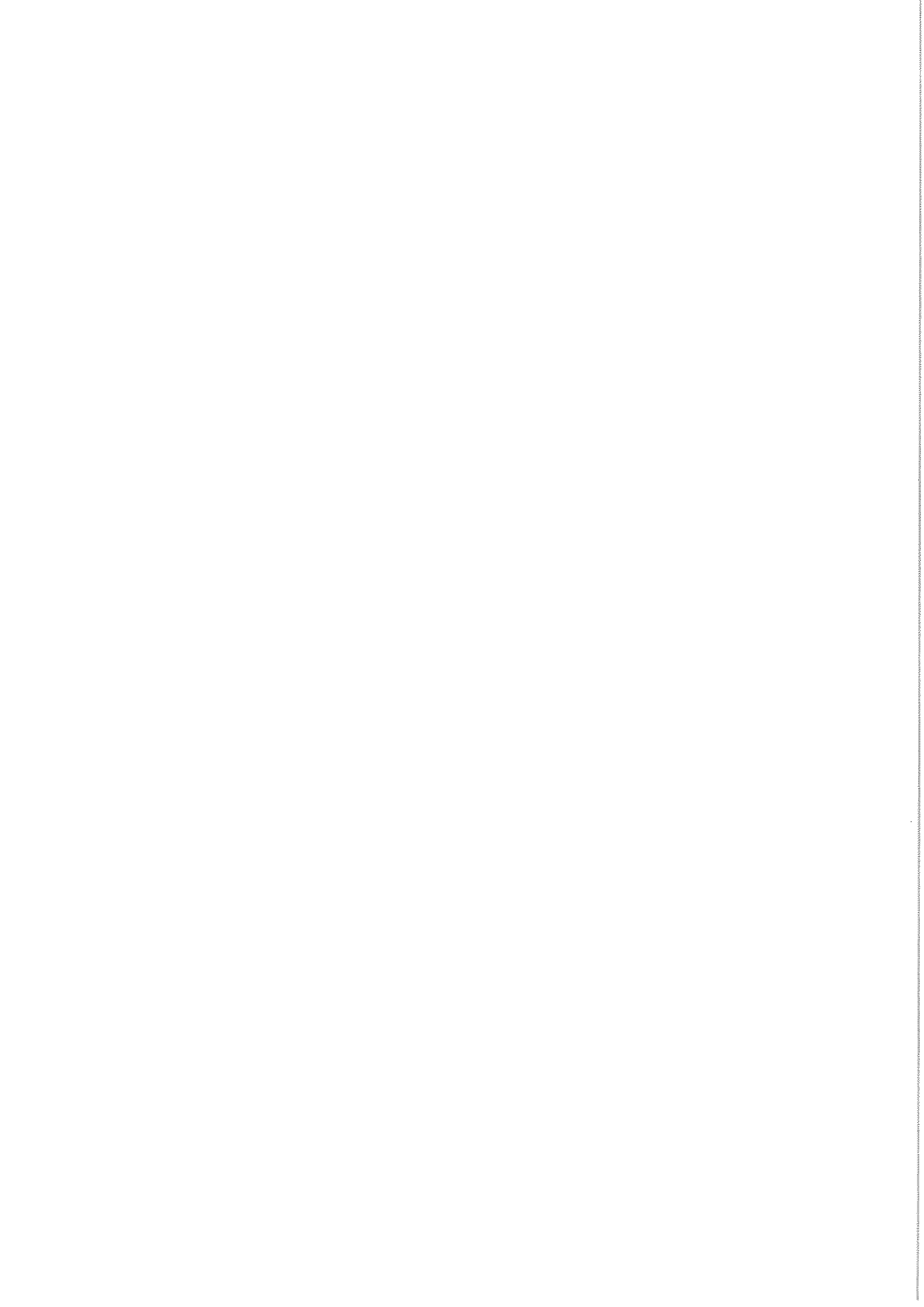
III.7 / Résultats en mesure de température par capteur pt 100 Ω (R1)

Valeur affichée de l'étalon	Valeur de l'étalon en Ω	Température correspondante	Valeur lue sur l'appareil	Incertitude d'étalonnage
60,26	60,262 6 Ω	-99,984 °C	-99,984 °C	0,038 °C
100,01	100,007 3 Ω	0,019 °C	0,017 °C	0,039 °C
151,71	0,151 710 k Ω	135,001 °C	134,997 °C	0,040 °C
201,31	0,201 309 k Ω	269,985 °C	269,981 °C	0,042 °C
248,81	0,248 811 k Ω	404,991 °C	404,984 °C	0,044 °C
294,21	0,294 213 k Ω	540,015 °C	540,007 °C	0,046 °C
337,51	0,337 510 k Ω	675,040 °C	675,032 °C	0,048 °C
378,68	0,378 683 k Ω	810,002 °C	809,991 °C	0,051 °C

III.8 / Résultats en générateur de température par capteur pt 100 Ω (R1)

Valeur programmée	Valeur mesurée	Température correspondante à la valeur mesurée	Incertitude d'étalonnage
-100,00 °C	0,060 257 k Ω	-99,997 °C	0,013 °C
0,00 °C	0,100 001 k Ω	0,003 °C	0,018 °C
135,00 °C	0,151 713 k Ω	135,009 °C	0,019 °C
270,00 °C	0,201 321 k Ω	270,019 °C	0,020 °C
405,00 °C	0,248 817 k Ω	405,011 °C	0,021 °C
540,00 °C	0,294 215 k Ω	540,021 °C	0,022 °C
675,00 °C	0,337 507 k Ω	675,030 °C	0,023 °C
810,00 °C	0,378 693 k Ω	810,035 °C	0,024 °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	$1,1 \cdot 10^{-5} \cdot U + 3,7 \mu V$ $3,8 \cdot 10^{-6} \cdot U + 3,7 \mu V$	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	$8 \cdot 10^{-5} \cdot U$ $9,1 \cdot 10^{-5} \cdot U$			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	$1,2 \cdot 10^{-3} \cdot U + 0,3 V$ $1,5 \cdot 10^{-3} \cdot U + 3 V$ $1,5 \cdot 10^{-3} \cdot U + 30 V$	Mesure directe	Kilovoltmètre	Procédure d'étalonnage PCEM-ROI-0016	Sur site <i>Température ambiante 18 à 28°C</i>
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	$1,5 \cdot 10^{-4} \cdot U + 2 \mu V$ $5,9 \cdot 10^{-5} \cdot U + 5 \mu V$ $5,6 \cdot 10^{-5} \cdot U + 60 \mu V$ $5,5 \cdot 10^{-5} \cdot U + 0,35 mV$ $5,5 \cdot 10^{-5} \cdot U + 4 mV$ $5,5 \cdot 10^{-5} \cdot U + 40 mV$	Mesure directe	Voltmètre	Procédure d'étalonnage PCEM-ROI-0038	
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	$6,5 \cdot 10^{-5} \cdot U + 6 \mu V$ $5 \cdot 10^{-5} \cdot U + 16 \mu V$ $5 \cdot 10^{-5} \cdot U + 0,25 mV$ $5,5 \cdot 10^{-5} \cdot U + 3 mV$ $5,5 \cdot 10^{-5} \cdot U + 10 mV$	Mesure directe	Générateur	Procédure d'étalonnage PCEM-ROI-0038	

■ 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	$1,7.10^{-4}.U + 9 \mu V$	Directe au moyen d'un calibrateur étalon	Calibrateur	Procédure d'étalonnage PCEM-ROI-0002	En laboratoire
		40 Hz à 20 kHz		$1,6.10^{-4}.U + 9 \mu V$				
		20 kHz à 50 kHz		$2,6.10^{-4}.U + 9 \mu V$				
		50 kHz à 100 kHz		$6,5.10^{-4}.U + 9 \mu V$				
		100 kHz à 300 kHz		$1,9.10^{-3}.U + 14 \mu V$				
		20 Hz à 40 Hz	2,2 mV à 22 mV	$1,2.10^{-4}.U + 9 \mu V$				
		40 Hz à 20 kHz		$1,1.10^{-4}.U + 9 \mu V$				
		20 kHz à 50 kHz		$2,2.10^{-4}.U + 9 \mu V$				
		50 kHz à 100 kHz		$6,2.10^{-4}.U + 9 \mu V$				
		100 kHz à 300 kHz		$1,8.10^{-3}.U + 14 \mu V$				
		20 Hz à 40 Hz	22 mV à 220 mV	$1,1.10^{-4}.U + 13 \mu V$				
		40 Hz à 20 kHz		$1,0.10^{-4}.U + 13 \mu V$				
		20 kHz à 50 kHz		$2,2.10^{-4}.U + 14 \mu V$				
		50 kHz à 100 kHz		$5,7.10^{-4}.U + 25 \mu V$				
		100 kHz à 300 kHz		$1,7.10^{-3}.U + 29 \mu V$				
		300 kHz à 500 kHz		$2,3.10^{-3}.U + 35 \mu V$				
		20 Hz à 40 Hz	0,22 V à 2,2 V	$1,1.10^{-4}.U + 0,07 \text{ mV}$				
		40 Hz à 20 kHz		$5,2.10^{-5}.U + 0,07 \text{ mV}$				
		20 kHz à 50 kHz		$1,1.10^{-4}.U + 0,07 \text{ mV}$				
		50 kHz à 100 kHz		$2,8.10^{-4}.U + 0,09 \text{ mV}$				
		100 kHz à 300 kHz		$7,6.10^{-4}.U + 0,13 \text{ mV}$				
		300 kHz à 500 kHz		$1,7.10^{-3}.U + 0,27 \text{ mV}$				
		500 kHz à 1 MHz		$3,0.10^{-3}.U + 0,5 \text{ mV}$				

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	$1,5.10^{-4}.U + 6 \mu V$	Directe au moyen d'un multimètre étalon	Multimètre	Procédure d'étalonnage PCEM-ROI-0010	En laboratoire
		100 Hz à 2 kHz		$1,5.10^{-4}.U + 4 \mu V$				
		2 kHz à 10 kHz		$1,7.10^{-4}.U + 6 \mu V$				
		10 kHz à 100 kHz		$9,0.10^{-4}.U + 25 \mu V$				
		40 Hz à 100 Hz	0,2 V à 1,9 V	$1,2.10^{-4}.U + 40 \mu V$				
		100 Hz à 2 kHz		$1,0.10^{-4}.U + 40 \mu V$				
		2 kHz à 10 kHz		$1,4.10^{-4}.U + 40 \mu V$				
		10 kHz à 100 kHz		$7,0.10^{-4}.U + 250 \mu V$				
		40 Hz à 100 Hz	2 V à 19 V	$1,2.10^{-4}.U + 350 \mu V$				
		100 Hz à 2 kHz		$1,0.10^{-4}.U + 350 \mu V$				
		2 kHz à 10 kHz		$1,4.10^{-4}.U + 350 \mu V$				
		10 kHz à 100 kHz		$7,0.10^{-4}.U + 2,5 mV$				
		40 Hz à 100 Hz	20 V à 190 V	$1,2.10^{-4}.U + 3 mV$				
		100 Hz à 2 kHz		$1,1.10^{-4}.U + 3 mV$				
		2 kHz à 10 kHz		$1,4.10^{-4}.U + 3 mV$				
		10 kHz à 100 kHz		$7,0.10^{-4}.U + 25 mV$				
		50 Hz à 1 kHz	200 V à 1000 V	$1,5.10^{-4}.U + 25 mV$				

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

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 10 pA à 100 pA 100 pA à 1 nA 1 nA à 10 nA 10 nA à 100 nA 100 nA à 1 µA	$2 \cdot 10^{-2} \cdot I + 60 \text{ fA}$ $1,3 \cdot 10^{-2} \cdot I + 0,4 \text{ pA}$ $8 \cdot 10^{-3} \cdot I + 1,3 \text{ pA}$ $7,3 \cdot 10^{-3} \cdot I + 1,5 \text{ pA}$ $6 \cdot 10^{-3} \cdot I + 4 \text{ pA}$ $6 \cdot 10^{-4} \cdot I + 70 \text{ pA}$	Mesure par substitution	Electromètre Source de tension continu Résistance	Procédure d'étalonnage PCEM-ROI-0019	En laboratoire
Ampèremètres Générateurs Pico-sources Calibrateurs Multimètres	Intensité de courant électrique	Courant continu	1 µA à 10 µA 10 µA à 100 µA 100 µA à 10 mA 10 mA à 1 A	$7 \cdot 10^{-5} \cdot I$ $3 \cdot 10^{-5} \cdot I$ $1,6 \cdot 10^{-5} \cdot I$ $6 \cdot 10^{-5} \cdot I$	Mesure de la tension aux bornes d'une résistance	Résistance Générateur de tension	Procédure d'étalonnage PCEM-ROI-0020	
			1 A à 15 A 15 A à 100 A	$2,8 \cdot 10^{-4} \cdot I$ $3,3 \cdot 10^{-4} \cdot I$	Mesure de la tension aux bornes d'une résistance	Résistance Voltmètre	Procédure d'étalonnage PCEM-ROI-0021	
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 2 A	$4,1 \cdot 10^{-4} \cdot I + 40 \mu A$ $9,2 \cdot 10^{-4} \cdot I + 0,6 \text{ mA}$	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	$4,8 \cdot 10^{-4} \cdot I + 3,6 mA$				
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	$7,2 \cdot 10^{-4} \cdot I + 0,28 mA$				
		2 kHz à 5 kHz		$8,5 \cdot 10^{-4} \cdot I + 0,28 mA$				
		50 Hz à 2 kHz	2 A à 10 A	$9,5 \cdot 10^{-4} \cdot I + 7 mA$				
		2 kHz à 5 kHz		$3 \cdot 10^{-3} \cdot I + 7 mA$				

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	■ 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	$4,5 \cdot 10^{-4} \cdot I + 3 \text{ mA}$				
			10 A à 20 A	$6,8 \cdot 10^{-4} \cdot I$				
		■ 5 kHz	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 * sous une tension de 10 à 100V ** sous une tension de 50 à 1000V Pour une autre tension les incertitudes mentionnées ci-contre peuvent être dégradées	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	$1\text{ m}\Omega$ ■ $10\text{ m}\Omega$ ■ $100\text{ m}\Omega$ ■ $1\ \Omega$ ■ $10\ \Omega$ ■ $100\ \Omega$ ■ $1\text{ k}\Omega$ ■ $10\text{ k}\Omega$ ■ $100\text{ k}\Omega$ ■ $1\text{ M}\Omega$ ■	$10\text{ n}\Omega$ $40\text{ n}\Omega$ $700\text{ n}\Omega$ $10\ \mu\Omega$ $50\ \mu\Omega$ $500\ \mu\Omega$ $4\text{ m}\Omega$ $35\text{ m}\Omega$ $0,6\ \Omega$ $7\ \Omega$	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 k Ω 2 k Ω à 20 k Ω 20 k Ω à 200 k Ω 200 k Ω à 2 M Ω 2 M Ω à 20 M Ω	$7 \cdot 10^{-4} \cdot R + 5 \text{ m}\Omega$ $6,5 \cdot 10^{-4} \cdot R + 15 \text{ m}\Omega$ $9 \cdot 10^{-4} \cdot R + 40 \text{ m}\Omega$ $9 \cdot 10^{-4} \cdot R + 1,5 \Omega$ $9 \cdot 10^{-4} \cdot R + 4 \Omega$ $9 \cdot 10^{-4} \cdot R + 300 \Omega$ $9 \cdot 10^{-4} \cdot R + 3000 \Omega$	Mesure directe	Ohmmètre	Procédure d'étalonnage PCEM-ROI-0038	Sur site <i>Température ambiante 18 à 28°C</i>
Ohmmètres Mesureurs de résistance Pont de mesure	Résistance électrique	Courant continu	0,1 Ω à 330 Ω 330 Ω à 3,3 k Ω 3,3 k Ω à 33 k Ω 33 k Ω à 330 k Ω 330 k Ω à 3,3 M Ω 3,3 M Ω à 33 M Ω 33 M Ω à 330 M Ω	$1,5 \cdot 10^{-4} \cdot R + 12 \text{ m}\Omega$ $7 \cdot 10^{-5} \cdot R + 60 \text{ m}\Omega$ $7 \cdot 10^{-5} \cdot R + 0,6 \Omega$ $9 \cdot 10^{-5} \cdot R + 5,5 \Omega$ $1,4 \cdot 10^{-4} \cdot R + 120 \Omega$ $8 \cdot 10^{-4} \cdot R + 4,5 \text{ k}\Omega$ $5,2 \cdot 10^{-3} \cdot R + 180 \text{ k}\Omega$	Mesure directe	Générateur de résistance simulée	Procédure d'étalonnage PCEM-ROI-0038	<i>Humidité ambiante 20 à 80 % HR</i>

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 μ F■	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 μ F	$1,1 \cdot 10^{-3} \cdot C + 22 \text{ fF}$ $3,1 \cdot 10^{-4} \cdot C$	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 µV 2,8 µV	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 µV à 100 mV *	1,8 µV	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 µV couple K 10 µV couple T 12 µV couple J 4 µV couple S 10 µV couple N 21 µV 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 µV couple K 10 µV couple T 12 µV couple J 4 µV couple S 10 µV couple N 21 µV 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 MOUISEL

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