

ANNEXE TECHNIQUE N° 40
à l'attestation d'accréditation (convention n° 2228)
Norme NF EN ISO/CEI 17025 v2005

L'entité juridique ci-dessous désignée :

NOM :	A+ METROLOGIE
Adresse :	191, rue de Vaugirard 75015 PARIS
Contact :	Monsieur Christophe PAREAU
Tél. :	01 40 54 59 47
Fax :	01 40 54 59 50
E-mail :	christophe.pareau@aplus-metrologie.fr
Site Internet :	www.aplus-metrologie.com

est accréditée par le Cofrac – Section Laboratoires – pour son laboratoire, site et unité technique suivants :

SITE CONCERNÉ	Nom : A+ METROLOGIE
	Adresse : 177, route de Sain-Bel B.P. 3 69811 TASSIN CEDEX
	Contact : Monsieur Jean-Bernard VETTIER
	Tél : 04 72 32 33 63
	Fax : 04 72 32 52 95
	Email : jean-bernard.vettier@apavesudeurope.com

Unité technique : Laboratoire de Tassin

L'accréditation est accordée selon le périmètre suivant :

- Electricité-Magnétisme

Elle porte sur les étalonnages suivants :

(voir pages suivantes)

DIFFERENCE DE POTENTIEL

Mesure de tension continue (Etalonnage de générateurs)

Fréquence	Domaine de mesure	Incertitude absolue	Méthodes et moyens mis en oeuvre
Courant continu	1,018 V ■	3 µV	Pile étalon, méthode par substitution
	0.5 µV à 10 mV	$2,6 \cdot 10^{-5} \cdot U + 0,15 \mu\text{V}$	Mesure directe à l'aide d'un nanovoltmètre étalon
	10 mV à 200 mV 200 mV à 2 V 2 V à 20 V 20 V à 200 V 200 V à 1 000 V	$4,4 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,52 \mu\text{V}$ $2,6 \cdot 10^{-6} \cdot U + 1,8 \mu\text{V}$ $2,9 \cdot 10^{-6} \cdot U + 8,3 \mu\text{V}$ $4,4 \cdot 10^{-6} \cdot U + 0,11 \text{ mV}$ $3,3 \cdot 10^{-6} \cdot U + 1,3 \text{ mV}$	Mesure directe à l'aide d'un voltmètre étalon
	1 kV à 60 kV	$6,3 \cdot 10^{-4} \cdot U + 1,0 \text{ V}$	Mesure indirecte à l'aide d'un voltmètre associé à un diviseur résistif

■ Valeurs ponctuelles

U, est la valeur de la différence de potentiel exprimée en unités légales.

Mesure de tension alternative (Etalonnage de générateurs)

Fréquence	Domaine de mesure	Incertitude absolue	Méthodes et moyens mis en oeuvre
50 Hz à 1 kHz 50 Hz à 1 kHz 50 Hz à 1 kHz 50 Hz à 1 kHz	1 mV à 5 mV 5 mV à 50 mV 50 mV à 100 mV 100 mV à 220 mV	$1,0 \cdot 10^{-3} \cdot U + 3 \mu\text{V}$ $3 \cdot 10^{-4} \cdot U + 2 \mu\text{V}$ $2 \cdot 10^{-4} \cdot U$ $1 \cdot 10^{-4} \cdot U$	Mesure directe avec un voltmètre numérique
50 Hz à 10 kHz 50 Hz à 10 kHz 10 kHz à 100 kHz 10 kHz à 100 kHz 10 kHz à 50 kHz	220 mV à 700 V 700 V à 1 kV 220 mV à 70 V 70 V à 700 V 700 V à 1 kV	$1,2 \cdot 10^{-4} \cdot U$ $2,0 \cdot 10^{-4} \cdot U$ $1,5 \cdot 10^{-4} \cdot U$ $2,5 \cdot 10^{-4} \cdot U$ $3,0 \cdot 10^{-4} \cdot U$	Transposition thermique
50 Hz ■	1 kV à 40 kV	$3,6 \cdot 10^{-3} \cdot U + 15 \text{ V}$	Mesure indirecte à l'aide d'un voltmètre associé à un diviseur résistif

■ Valeurs ponctuelles

U, est la valeur de la différence de potentiel exprimée en unités légales.

PUISSANCE EN COURANT CONTINU

Génération de puissance en courant continu (Etalonnage de wattmètres)

DOMAINE DE MESURE		Incertitude absolue	Méthodes et moyens mis en oeuvre
Différence de potentiel	Intensité du courant		
10 V à 1 kV	100 mA à 2 A	$4 \cdot 10^{-4} \cdot P$	Générateur de tension et de courant
	2 A à 100 A	$4 \cdot 10^{-4} \cdot P$	

P, est la valeur de la puissance électrique exprimée en unités légales.

INTENSITE DE COURANT ELECTRIQUE

Mesure de courant continu (Etalonnage de générateurs)

Fréquence	Domaine de mesure	Incertitude absolue	Méthodes et moyens mis en oeuvre
Courant continu	2 pA à 20 pA	$4,4 \cdot 10^{-3} \cdot I + 11 \text{ fA}$	Picoampèremètre
	20 pA à 200 pA	$4,4 \cdot 10^{-3} \cdot I + 90 \text{ fA}$	
	200 pA à 2 nA	$4,4 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,90 \text{ pA}$	
	2 nA à 20 nA	$2 \cdot 10^{-3} \cdot I + 9 \text{ pA}$	
	20 nA à 200 nA	$2 \cdot 10^{-3} \cdot I + 90 \text{ pA}$	
	200 nA à 1 µA	$2 \cdot 10^{-3} \cdot I + 0,9 \text{ nA}$	
	1 µA à 200 µA	$5,2 \cdot 10^{-6} \cdot I + 0,34 \text{ nA}$	Mesure directe à l'aide d'un ampèremètre étalon
	200 µA à 2 mA	$7,8 \cdot 10^{-6} \cdot I + 3,9 \text{ nA}$	
	2 mA à 20 mA	$1,0 \cdot 10^{-5} \cdot I + 90 \text{ nA}$	
	20 mA à 200 mA	$2,4 \cdot 10^{-5} \cdot I + 0,9 \text{ µA}$	
	200 mA à 2 A	$6,5 \cdot 10^{-5} \cdot I + 59 \text{ µA}$	
	2 A à 11 A	$2,1 \cdot 10^{-4} \cdot I + 0,11 \text{ mA}$	
11 A à 20 A	$3 \cdot 10^{-4} \cdot I$	Voltmètre + shunts	
20 A à 100 A	$3,3 \cdot 10^{-4} \cdot I$		
100 A à 200 A	$6 \cdot 10^{-4} \cdot I$		
200 A à 1 kA	$6,5 \cdot 10^{-4} \cdot I$		

Mesure de courant alternatif (Etalonnage de générateurs)

Fréquence	Domaine de mesure	Incertitude absolue	Méthodes et moyens mis en oeuvre
50 Hz à 1 kHz	10 µA à 200 µA	$6,6 \cdot 10^{-4} \cdot I + 18 \text{ nA}$	Mesure directe à l'aide d'un ampèremètre étalon
	200 µA à 2 mA	$6,9 \cdot 10^{-4} \cdot I + 79 \text{ nA}$	
	2 mA à 20 mA	$2,2 \cdot 10^{-4} \cdot I + 1,4 \text{ µA}$	
	20 mA à 200 mA	$2,3 \cdot 10^{-4} \cdot I + 5,7 \text{ µA}$	
	200 mA à 2 A	$2,6 \cdot 10^{-4} \cdot I + 67 \text{ µA}$	
	2 A à 11 A	$5,5 \cdot 10^{-4} \cdot I + 3,0 \text{ mA}$	
50 Hz à 1 kHz	11 A à 20 A	$1,2 \cdot 10^{-3} \cdot I$	Voltmètre + shunts
50 Hz à 1 kHz	20 A à 100 A	$1,5 \cdot 10^{-3} \cdot I$	
50 Hz ■	100 A à 2 kA	$2,2 \cdot 10^{-3} \cdot I$	Transformateur de courant + ampèremètre

■ Valeurs ponctuelles

I, est la valeur de l'intensité électrique exprimée en unités légales.

RESISTANCE ELECTRIQUE

Mesure de résistance en courant continu (Etalonnage de résistances)

Fréquence Tension	Domaine de mesure	Incertitude absolue	Méthodes et moyens mis en oeuvre
Courant continu Tension aux bornes de R telle que $P \leq 20$ mW	10 mΩ à 2 Ω	$1,1 \cdot 10^{-5} \cdot R + 8,1 \mu\Omega$	Mesure directe à l'aide d'un ohmmètre étalon
	2 Ω à 20 Ω	$6,6 \cdot 10^{-6} \cdot R + 48 \mu\Omega$	
	20 Ω à 200 Ω	$5,9 \cdot 10^{-6} \cdot R + 78 \mu\Omega$	
	200 Ω à 2 kΩ	$5,0 \cdot 10^{-6} \cdot R + 1,3$ mΩ	
	2 kΩ à 20 kΩ	$4,6 \cdot 10^{-6} \cdot R + 14$ mΩ	
	20 kΩ à 200 kΩ	$5,8 \cdot 10^{-6} \cdot R + 0,10$ Ω	
	200 kΩ à 2 MΩ	$5,7 \cdot 10^{-6} \cdot R + 1,3$ Ω	
	2 MΩ à 20 MΩ	$2,2 \cdot 10^{-5} \cdot R + 22$ Ω	
	20 MΩ à 200 MΩ	$1,4 \cdot 10^{-4} \cdot R + 0,50$ kΩ	
	200 MΩ à 2 GΩ	$8,1 \cdot 10^{-4} \cdot R + 39$ kΩ	
	2 GΩ à 10 GΩ	$2,4 \cdot 10^{-3} \cdot R + 0,41$ MΩ	
	1 mΩ à 10 mΩ	$1 \cdot 10^{-3} \cdot R$	Mesure au moyen d'un pont double de Thomson
	0,1 mΩ■	45 nΩ	
	1 mΩ■	0,25 μΩ	
	10 mΩ■	1,5 μΩ	
20 mΩ■	3 μΩ		
50 mΩ■	7,5 μΩ		
100 mΩ■	5 μΩ		
Courant continu 10 V	1 MΩ à 100 GΩ	$7,3 \cdot 10^{-3} \cdot R$	Mesure directe avec un picoampèremètre
Courant continu 10 V à 1 kV	1 MΩ à 100 GΩ	$7,3 \cdot 10^{-3} \cdot R$	

■ Valeurs ponctuelles

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

Résistances (Etalonnage de mesureurs de résistance (Milliohmètre, Ohmmètre, Mégohms,...))

Fréquence	Domaine de mesure	Incertitude absolue	Méthodes et moyens mis en œuvre
Courant continu	100 $\mu\Omega$ ■	5,3 n Ω	Mesures directes aux bornes de résistances étalons
	1 m Ω ■	40 n Ω	
	2 m Ω ■	70 n Ω	
	5 m Ω ■	0,17 $\mu\Omega$	
	10 m Ω ■	0,17 $\mu\Omega$	
	20 m Ω ■	0,28 $\mu\Omega$	
	50 m Ω ■	1,3 $\mu\Omega$	
	100 m Ω ■	0,60 $\mu\Omega$	
	200 m Ω ■	6,8 $\mu\Omega$	
	500 m Ω ■	16 $\mu\Omega$	
	1 Ω ■	4,3 $\mu\Omega$	
	10 Ω ■	40 $\mu\Omega$	
	100 Ω ■	0,63 m Ω	
	1 k Ω ■	2,1 m Ω	
	10 k Ω ■	40 m Ω	
	100 k Ω ■	0,37 Ω	
1 M Ω ■	5,2 Ω		
10 M Ω ■	0,11 k Ω		
Courant continu ($U \leq 1\ 000\ V$)	1 M Ω ■ *	0,30 k Ω	Mesures directes aux bornes de résistances étalons
	100 M Ω ■ *	18 k Ω	
	1 G Ω ■ *	0,66 M Ω	
	10 G Ω ■ *	7,4 M Ω	
	100 G Ω ■ *	0,15 G Ω	
	1 M Ω ■ ♦	0,41 k Ω	
	10 M Ω ■ ♦	2,1 k Ω	
	100 M Ω ■ ♦	19 k Ω	
	1 G Ω ■ ♦	0,92 M Ω	
	10 G Ω ■ ♦	7,9 M Ω	
	100 G Ω ■ ♦	0,35 G Ω	
	De 2 M Ω à 10 M Ω ♣	$4,7 \cdot 10^{-4} \cdot R$	
	De 10 M Ω à 100 M Ω ♣	$5,0 \cdot 10^{-4} \cdot R$	
	De 2 M Ω à 10 M Ω ♠	$9,4 \cdot 10^{-4} \cdot R$	
De 10 M Ω à 100 M Ω ♠	$6,1 \cdot 10^{-4} \cdot R$		
De 100 M Ω à 1 G Ω ♠	$1,5 \cdot 10^{-3} \cdot R$		

■ Valeur ponctuelle.

* Mesures sous 10 V, 100 V, 500 V et 1 000 V.

♦ Tension de mesure quelconque inférieure ou égale à 1 000 V.

♣ Mesures sous 500 V et 1 000 V.

♠ Tension de mesure quelconque inférieure ou égale à 1 000 V.

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

Fréquence	Domaine de mesure	Incertitude absolue	Méthodes et moyens mis en œuvre
Courant continu (1 000 V ≤ U ≤ 5 000 V)	50 MΩ ■ •	90 kΩ	Mesures directes aux bornes de résistances étalons
	10 MΩ ■ +	13 kΩ	
	50 MΩ ■ +	0,13 MΩ	
	100 MΩ ■ +	0,14 MΩ	
	250 MΩ ■ +	0,31 MΩ	
	500 MΩ ■ +	1,9 MΩ	
	1 GΩ ■ +	5,6 MΩ	
	10 GΩ ■ +	0,34 GΩ	

■ Valeur ponctuelle.

• Mesures sous 1 000 V, 2 500 V, et 5 000 V.

+ Tension de mesure quelconque comprise entre 1 000 V et 5 000 V.

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

Résistance en courant alternatif (Etalonnage de pont de mesure d'impédances)

Fréquence	Domaine de mesure	Incertitude absolue	Méthodes et moyens mis en œuvre
50 Hz à 1 kHz	1 mΩ ■	1,5 μΩ	Mesure directe au moyen de shunts étalons
	10 mΩ ■	11 μΩ	
1 kHz ■	100 mΩ ■	53 μΩ	
	1 Ω ■	520 μΩ	
	10 Ω ■	5,1 mΩ	
	100 Ω ■	51 mΩ	
1 kHz ■	1 kΩ ■	200 mΩ	Mesure directe au moyen de résistances étalons
	10 kΩ ■	2 Ω	
	100 kΩ ■	22 Ω	
	1 MΩ ■	1,2 kΩ	

■ Valeurs ponctuelles

CAPACITE ELECTRIQUE

Mesure de capacité (Etalonnage de capacités)

Fréquence	Domaine de mesure	Incertitude absolue	Méthodes et moyens mis en oeuvre
1 kHz ■	1 pF à 10 pF 10 pF à 100 pF 100 pF à 1 nF 1 nF à 10 µF 10 µF à 100 µF 100 µF à 1 mF	6 fF à 10 fF 10 fF à 100 fF 100 fF à 800 fF $8 \cdot 10^{-4} \cdot C$ 10 nF à 100 nF 100 nF à 3 µF	Mesure directe au moyen d'un pont étalon

■ Valeurs ponctuelles

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

Capacité (Etalonnage de ponts de mesure d'impédances)

Fréquence	Domaine de mesure	Incertitude absolue	Méthodes et moyens mis en oeuvre
1 kHz ■	1 nF à 1 µF 10 pF ■ 100 pF ■ 1 nF ■ 10 nF ■ 100 nF ■ 1 µF ■ 10 µF ■ 25 µF ■ 50 µF ■	$1 \cdot 10^{-3} \cdot C + 2 \text{ pF}$ 1,3 fF 40 fF 400 fF 1,3 pF 13 pF 140 pF 10 nF 20 nF 35 nF	Mesure directe au moyen de capacités étalons

■ Valeurs ponctuelles

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

INDUCTANCE

Mesure d'inductance (Etalonnage d'inductances)

Fréquence	Domaine de mesure	Incertitude absolue	Méthodes et moyens mis en oeuvre
1 kHz ■	100 µH à 10 mH 10 mH à 10 H 0,1 mH ■ 1 mH ■ 10 mH ■ 100 mH ■ 1 H ■ 10 H ■	$7 \cdot 10^{-4} \cdot L + 50 \text{ nH}$ $1,5 \cdot 10^{-3} \cdot L$ 90 nH 0,5 µH 4 µH 40 µH 400 µH 10 mH	Mesure directe au moyen d'un pont étalon

■ Valeurs ponctuelles

L, est la valeur de l'inductance exprimée en henrys.

Inductance (Etalonnage de ponts de mesure d'impédances)

Fréquence	Domaine de mesure	Incertitude absolue	Méthodes et moyens mis en oeuvre
1 kHz ■	100 µH à 1 H 1 H à 10 H 100 µH ■ 1 mH ■ 10 mH ■ 100 mH ■ 1 H ■ 10 H ■□	$2,5 \cdot 10^{-3} \cdot L + 1,5 \text{ µH}$ $3,5 \cdot 10^{-3} \cdot L$ 100 nH 550 nH 5 µH 50 µH 600 µH 15 mH	Mesure directe au moyen d'inductances étalons

■ Valeurs ponctuelles

L, est la valeur de l'inductance exprimée en henrys

PHASE

Mesure du facteur de puissance (Etalonnage de phasemètres et de générateurs)

Fréquence Tension / Courant	Domaine de mesure	Incertitude absolue	Méthodes et moyens mis en oeuvre
50 Hz ■ 10 V à 600 V 1 A à 1 000 A	0,2 AV à 0,5 AV	0,010	Comparaison directe à l'étalon de référence
	0,5 AV à 1	0,009	
	0,2 AR à 0,5 AR	0,010	
	0,5 AR à 1	0,009	

■ Valeurs ponctuelles

AR: déphasage arrière (inductif)

AV: déphasage avant (capacitif)

PUISSANCE À LA FRÉQUENCE DE 50 HERTZ

Mesure de puissance active (Etalonnage de wattmètres et de générateurs)

DOMAINE DE MESURE			Incertitude absolue	Méthodes et moyens mis en oeuvre
Différence de potentiel	Intensité du courant	cos φ		
<i>Monophasé</i> 10 V à 520 V	50 mA à 100 mA 100 mA à 200 mA 200 mA à 50 A	0,50 AR à 1	5.10 ⁻³ .P à 2.10 ⁻³ .P 2.10 ⁻³ .P à 1.10 ⁻³ .P 1.10 ⁻³ .P	Comparaison directe à l'étalon de référence
<i>Triphasé</i> 10 V à 520 V	50 mA à 100 mA 100 mA à 500 mA 500 mA à 50 A	0,50 AR à 1	1.10 ⁻² .P à 2.10 ⁻³ .P 2.10 ⁻³ .P 1.10 ⁻³ .P	Comparaison directe à l'étalon de référence

P, est la valeur de la puissance électrique exprimée en unités légales.

AR: déphasage arrière (inductif)

ENERGIE À LA FRÉQUENCE DE 50 HERTZ

Mesure de l'énergie active (Etalonnage de compteurs)

DOMAINE DE MESURE			Incertitude absolue	Méthodes et moyens mis en oeuvre
Différence de potentiel	Intensité du courant	cos φ		
Monophasé 10 V à 1 kV	0,1 A à 10 A	0,5 AR à 0,8 AR	3.10 ⁻³ .E	Comparaison directe à l'étalon de référence
	0,1 A à 10 A	0,8 AR à 1	2,1.10 ⁻³ .E	
	10 A à 100 A	0,5 AR à 0,8 AR	3.10 ⁻³ .E	Comparaison directe à l'étalon de référence associé à son transformateur de courant
10 A à 100 A	0,8 AR à 1	2,3.10 ⁻³ .E		
Triphasé 10 V à 1 kV	0,1 A à 10 A	0,5 AR à 0,8 AR	3.10 ⁻³ .E	Comparaison directe à l'étalon de référence
	0,1 A à 10 A	0,8 AR à 1	2,3.10 ⁻³ .E	

E, est la valeur de l'énergie électrique exprimée en unités légales.

AR: déphasage arrière (inductif)

CHARGE ELECTRIQUE

Mesure de charge (Etalonnage d'électromètres et de générateurs)

Fréquence	Domaine de mesure	Incertitude absolue	Méthodes et moyens mis en oeuvre
Courant continu	50 pC à 100 pC	9.10 ⁻³ .q	Mesure directe avec un électromètre
	100 pC à 200 pC	3.10 ⁻³ .q	
	200 pC à 1 nC	7,1.10 ⁻³ .q	
	1 nC à 2 nC	3.10 ⁻³ .q	
	2 nC à 10 nC	7.10 ⁻³ .q	
	10 nC à 20 nC	5.10 ⁻³ .q	

q, est la valeur de la charge électrique exprimée en unités légales.

AR: déphasage arrière (inductif)

ETALONNAGE DE THERMOCALIBRATEUR PAR SIMULATION ELECTRIQUE

	Domaine de mesure (1)	Incertitude absolue (*)	Méthodes et moyens mis en oeuvre
Indicateur pour thermocouple (mode récepteur) sans compensation de soudure froide	De 10 µV à 1 mV De 1 mV à 200 mV	De 2,13 µV à 3,8 µV De 5 µV à 18 µV	Comparaison avec un générateur de tension étalon
Indicateur pour thermocouple (mode récepteur) avec compensation de soudure froide	De 10 µV à 1 mV De 1 mV à 200 mV	De 2,6 µV à 11 µV De 5 µV à 18 µV	Comparaison avec un générateur de tension étalon associé à un couple et une référence de 0°C
Simulateur pour thermocouple (mode générateur) sans compensation de soudure froide	De 10 µV à 1 mV De 1 mV à 200 mV	De 2 µV à 3,7 µV De 2,6 µV à 4,1 µV	Comparaison avec un voltmètre étalon
Simulateur pour thermocouple (mode générateur) avec compensation de soudure froide	De 10 µV à 1 mV De 1 mV à 200 mV	De 2,5 µV à 11 µV De 3 µV à 11 µV	Comparaison avec un voltmètre étalon associé à un couple et une référence de 0°C
Simulateur pour thermorésistance (mode récepteur)	De 20 Ω à 400 Ω	$2,3 \cdot 10^{-4} \cdot R + 10 \text{ m } \Omega$	Comparaison avec une boîte de résistances à décades
Simulateur pour thermorésistance (mode générateur)	De 20 Ω à 400 Ω	$2,3 \cdot 10^{-4} \cdot R + 10 \text{ m } \Omega$	Comparaison à un ohmmètre étalon

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

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

(*) 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.

Note: Les calculs doivent être effectués en tension et convertis en température à la fin des calculs car la sensibilité d'un thermocouple varie en fonction de la température.

Fait à Paris, le 08 juin 2007

La Responsable d'accréditation : Elsa MASSAH