

Rapport n° RE.09.970.003

Date d'émission : 25/08/2009

**COMPARAISON BILATERALE
- 2009 -**

METROLOGIE DES PRESSIONS

RAPPORT FINAL D'INTERCOMPARAISON

Abdellah ZITI

Ingénieur Chef de service au LPEE/LNM
Responsable des comparaisons interlaboratoires

Mohamed BERRADA

Directeur du LPEE/LNM

SOMMAIRE

0. Préambule.....	3
1. Instrument objet à l'intercomparaison.....	4
2. Laboratoires participants.....	5
3. Planning de déroulement de l'intercomparaison.....	6
4. Protocole de mesure pour l'intercomparaison.....	6
5. Statistique de performance.....	7
6. Modalités de l'intercomparaison.....	8
6-1. Les moyens mis en œuvre par les laboratoires participants.....	8
6-2. Etude de la dérive de l'instrument objet à intercomparaison.....	9
6-3. Détermination de la valeur de référence et de son incertitude.....	10
7. Résultats de l'intercomparaison.....	12
8. Annexes.....	14
8-1. Annexe 1 : Liste des participants	
8-2. Annexe 2 : Protocole de mesure	

0. Préambule

La performance continue d'un laboratoire d'étalonnage ou d'essai en matière de mesurages peut être surveillée moyennant plusieurs démarches intra ou inter laboratoires. Outre l'accréditation qui atteste de la compétence technique d'un organisme à réaliser des activités spécifiques d'évaluation de la conformité, les comparaisons inter laboratoires sont des moyens fiables et performants pour évaluer l'aptitude des laboratoires à effectuer des mesurages avec compétence et de s'assurer de la cohérence des résultats d'étalonnages et d'essais au niveau national qu'international. Cette évaluation peut se faire par les laboratoires eux-mêmes, par leurs clients, par d'autres parties comme des organismes d'accréditation ou des instances réglementaires. La confiance en un laboratoire d'étalonnage ou d'essai est d'une importance majeure pour les utilisateurs de ses services, cette confiance s'accroîtra si le laboratoire apporte les preuves qu'il produit régulièrement des résultats fiables.

Dans le cadre du programme de coopération maghrébine en infrastructure qualité, l'institut de métrologie allemand "PTB" et l'Office National de Métrologie Légale "ONML" de l'Algérie ont organisé à l'échelle nationale (Algérie) une première campagne de comparaison inter-laboratoires dans le domaine de métrologie des Pressions, cette campagne a enregistré une participation d'un seul et unique laboratoire et de ce fait l'introduction d'un deuxième laboratoire même de l'extérieur du territoire national était obligatoire afin de rendre possible une telle inter-comparaison et pouvoir exploiter les résultats du laboratoire participant qui s'est inscrit dans le cadre de cette campagne. Afin de concrétiser l'effort fourni par l'ONML le Laboratoire National de Métrologie LNM/LPEE du Maroc s'est porté volontaire pour prendre part à cette inter-comparaison qui devient bilatérale, elle a débuté en Février 2009 et s'est achevée en Juillet 2009.

1. Instrument objet à l'intercomparaison :

Puisqu'il s'agit d'une première campagne de comparaisons interlaboratoires organisée à l'échelle nationale dans le domaine de métrologie des pressions, et afin de permettre à tous les laboratoires de métrologie d'en bénéficier il a été décidé de choisir un instrument de mesure en adéquation avec les moyens d'étalonnage disponibles chez tous les laboratoires participants.

L'instrument de mesure choisi est un manomètre numérique dont les caractéristiques sont données ci-après :

Marque	: METRA Instruments
Type	: Bit02
N°série	: 503672
Résolution	: 0,1 bar
Etendue de mesure	: 0 – 500 bar
Raccord	: G ½ Vertical

Le protocole de mesure stipule dans son paragraphe VI que les laboratoires dont les moyens d'étalonnage ne permettent pas d'atteindre la portée maximale du manomètre numérique objet de cette intercomparaison renseigneront le modèle de feuille de résultats présenté en annexe D du dit protocole, offrant ainsi la possibilité à ces laboratoires de se comparer entre eux d'une part, et d'autre part de se comparer par rapport à tous les laboratoires participants pour les points de mesure (paliers de pression) communs.

2. Laboratoires participants :

Relativement à ce qui a été présenté en préambule, il s'agit d'une comparaison bilatérale entre :

- Le Laboratoire National de Métrologie du Maroc LPPEE/LNM (Laboratoire de Référence)
- L'Office National de Métrologie Légale de l'Algérie ONML**(1)**

(1) : Les mesures ont été réalisées par les ingénieurs d'état de l'ONML, le lieu et les moyens de mesure appartiennent au Centre National des Technologies et du Consulting (CNTC) de l'Algérie. Les résultats de mesure ont été fournis par l'ONML par mail du 11/05/2009.

Les noms des contacts représentant les laboratoires participants ainsi que leurs coordonnées sont présentés en annexe 1.

3. Planning de déroulement de l'intercomparaison :

Des mesures préliminaires ont été réalisées par le LPEE/LNM le 13/12/08 et le 27/02/09 avant de remettre le manomètre objet à cette comparaison à l'ONML. Lors d'un atelier de travail tenu à Marrakech du 17 au 19/12/08 relatif à la création du site web iq-Maghreb, le manomètre a été remis au représentant de l'IANOR (Algérie) avec le protocole de mesure pour les remettre à la Direction de l'ONML.

Les mesures effectuées par l'ONML ont été réalisées le 11/04/2009.

A l'occasion de la 1^{ère} Assemblée Générale de MAGMET tenue à Tunis les 21 & 22/05/09, le manomètre objet à cette comparaison a été restitué par le LPEE/LNM, des mesures complémentaires ont été réalisées par le LPEE/LNM le 16/06/2009.

4. Protocole de mesure pour l'intercomparaison :

Le protocole de mesure pour la comparaison interlaboratoires 2009 en métrologie des pressions est donné en annexe 2.

5. Statistique de Performance

La statistique de performance utilisée dans le cadre de cette intercomparaison est le nombre "E_n" décrit dans le guide ISO/CEI 43-1, appelé aussi écart normalisé, elle est calculée comme suit :

$$E_n = \frac{x - X}{\sqrt{U_{lab}^2 + U_{réf}^2}}$$

avec :

X est la valeur déterminée dans le laboratoire de référence

x est la valeur déterminée par le laboratoire participant

U_{réf} est l'incertitude élargie de X

U_{lab} est l'incertitude élargie du résultat x du laboratoire participant

6. Modalités de l'intercomparaison :

6-1. Les moyens mis en œuvre par les laboratoires participants

Laboratoire participant	Moyens mis en œuvre	Fluide utilisé
LPEE/LNM (Laboratoire de Référence)	Balance manométrique de marque Desgranges & Huot, de type 5304 et de n°série 8933 avec un ensemble piston-cylindre de rapport 10 bar/kg et un jeu de masses de 1mg à 5kg, étendue de mesure 0 - 1000 bar	Huile sebacate
ONML (Laboratoire CNTC)	Chaîne de mesure de pression constituée d'un générateur de pression de marque AMETEK système et d'un manomètre étalon de Marque AMETEK JOFRA, de type IP103-KG-IND-G, de n°série 9010019 d'une étendue de mesure 0 - 200 bar et de résolution 0,01 bar	Huile sebacate

Les moyens utilisés par les deux laboratoires pour les mesures effectuées dans le cadre de cette intercomparaison sont raccordés à la chaîne internationale d'étalonnage.

Les moyens mis en œuvre par le Laboratoire CNTC ne permettent pas d'atteindre la portée maximale du manomètre objet à intercomparaison, l'ONML a présenté par conséquent ses résultats selon le modèle présenté en annexe D du protocole de mesure. Dans ce qui suit, la comparaison concernera l'étendue de mesure 0 - 100 bar.

6-2. Etude de la dérive de l'instrument objet à intercomparaison

Les résultats d'étalonnage du manomètre objet à intercomparaison par le Laboratoire de Référence au début et à la fin du cycle de l'intercomparaison sont donnés ci-dessous :

	Date de l'étalonnage	13/12/2008 (*)	27/02/2009	16/06/2009
Palier de pression en bar				
10		0,11	0,01	0,01
20		0,12	0,02	0,02
30		0,13	0,03	0,03
40		0,14	0,04	0,04
50		0,15	0,05	0,05
60		0,16	0,06	0,06
70		0,17	0,07	0,07
80		0,18	0,08	0,08
90		0,19	0,09	0,09
100		0,20	0,10	0,10

Pour chaque palier de pression, une différence maximale de l'ordre de la résolution de l'instrument (0,1 bar) a été observé tout au long du cycle de l'intercomparaison, son influence à long terme est négligeable selon le constructeur du manomètre, néanmoins, une incertitude supplémentaire due à la dérive du manomètre objet à intercomparaison a été prise en compte dans le calcul de l'incertitude associée à la valeur de référence déterminée par le laboratoire de référence et relative à chaque palier de pression.

(*) : Etalonnage initial réalisé juste après réception du manomètre objet à intercomparaison par le LPEE/LNM.

6-3. Détermination de la valeur de référence et de son incertitude

Pour chaque palier de pression, la valeur de référence prise est la moyenne des valeurs des écarts de justesse relevées par le laboratoire de référence au début et à la fin du cycle d'intercomparaison.

Ainsi et par rapport aux notations décrites dans le paragraphe 5. relatives à la statistique de performance, E

$$X = \overline{Ej_i} \quad (i = 1 \text{ à } 3) \quad \text{où } Ej_i \text{ est l'erreur de justesse déterminé par le laboratoire de référence à l'étape } i$$

$$x = Ej_{LabX} \quad \text{où } Ej_{LabX} \text{ est l'erreur de justesse déterminé par le laboratoire participant}$$

La pression à la sortie de l'étalon a été déterminée, par le laboratoire de référence, conformément à la Recommandation BNAE **RM Aéro 802 21 (mars 1991)**, par la formule suivante :

$$P = \frac{Mg(1 - \frac{\rho_a}{\rho_M}) + \Gamma \pi D}{S_0 [1 + (\alpha_P + \alpha_C)(t - 20)][1 + \lambda P]}$$

où

g : Accélération de la pesanteur locale

ρ_a : Masse volumique de l'air

ρ_M : Masse volumique des masses

Γ : Tension superficielle de l'huile pour les piston-cylindres huile uniquement

D : Diamètre du piston

S_0 : Section effective de l'ensemble piston-cylindre donnée dans le certificat d'étalonnage à pression nulle et à 20°C

α_P : Coefficient de dilatation du piston

α_C : Coefficient de dilatation du cylindre

λ : Coefficient de déformation de l'ensemble piston-cylindre

La formule la plus précise pour calculer la masse volumique de l'air à partir de ses caractéristiques physiques est celle déterminée en 1981 et approuvée par le Comité International des Poids et Mesures (CIPM) lors de sa 80^{ème} session en Septembre 1991, elle a la forme suivante :

$$\rho = \frac{pM_a}{ZRT} \left[1 - \chi_v \left(1 - \frac{M_v}{M_a} \right) \right]$$

où p est la pression, T la température thermodynamique, χ_v la fraction molaire de la vapeur d'eau, M_a la masse molaire de l'air sec, M_v la masse molaire de l'eau, R la constante molaire des gaz et Z le facteur de compressibilité.

Dans notre cas, la masse volumique de l'air a été déterminée avec la formule ci-dessous, c'est une formule approchée donnée dans la Recommandation de l'OIML R111-1 : 2004 , elle est calculée par un dispositif appelé Terminal 5000 associé à la balance manométrique :

$$\rho_a = \frac{0,34848 * P - 0,009024 * h * e^{0,061 * t}}{273,16 + t}$$

avec :

ρ_a : masse volumique de l'air en kg/m³

P : pression atmosphérique en hPa

h : humidité relative en%

t : température en °C

Les paramètres P, h et t sont mesurés par des capteurs étalonnés installés sur le Terminal 5000.

L'incertitude sur la valeur de référence a été déterminée en combinant quadratiquement :

- **L'incertitude d'étalonnage du manomètre déterminée par le laboratoire de référence** : Les composantes d'incertitudes prises en compte sont celles décrites dans la procédure interne INC.975.1-2.
- **L'incertitude de reproductibilité du manomètre** : L'écart-type de reproductibilité des mesures effectuées par le laboratoire de référence tout au long du cycle de l'intercomparaison a été pris en compte.
- **L'incertitude due à la dérive du manomètre** : Relativement au paragraphe 6-2, une incertitude due à la stabilité du manomètre entre deux étalonnages successifs effectués par le laboratoire de référence tout au long du cycle de l'intercomparaison a été prise en compte.

7. Résultats de l'intercomparaison

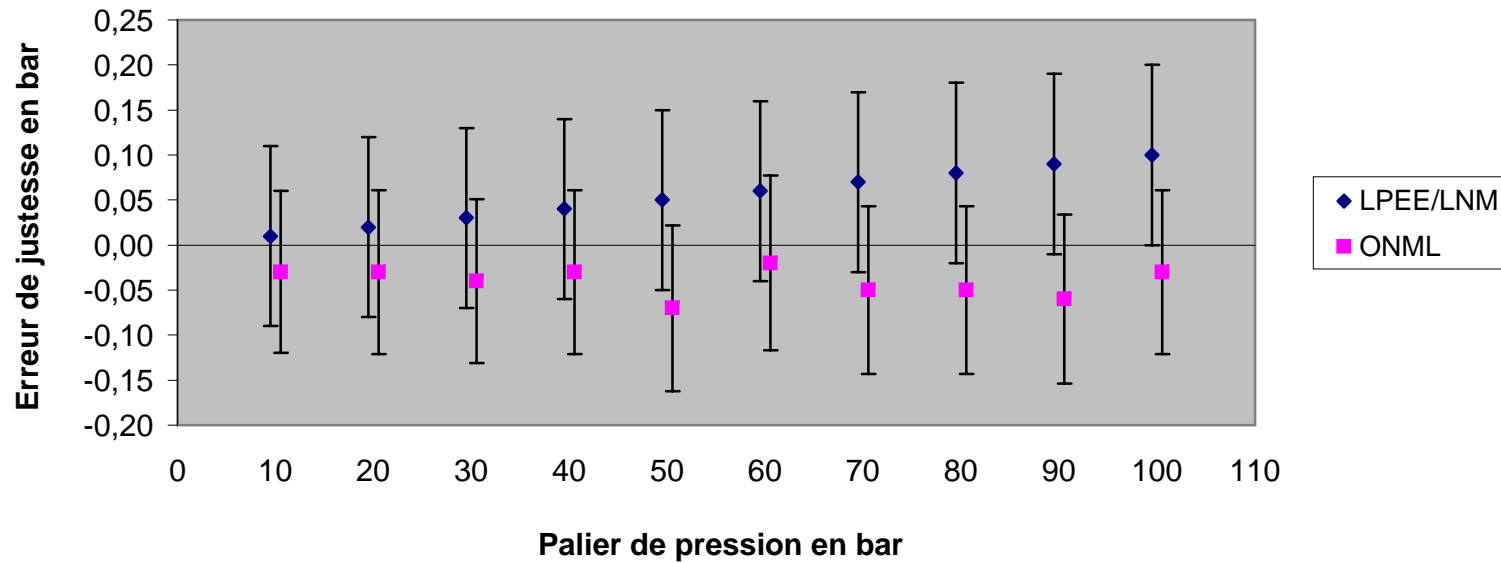
L'analyse des résultats des 2 laboratoires est donnée ci-dessous :

Palier de pression en bar	Valeur de référence en bar	Incertitude sur Vréf (k=2) en bar	ONML		LPEE/LNM		Ecart normalisé E _n
			Valeur Lab CNTC en bar (*)	Incertitude sur V lab CNTC (k=2) en bar	Valeur LPEE/LNM en bar	Incertitude sur V LPEE/LNM (k=2) en bar	
10	0,04	0,17	-0,03	0,090	0,01	0,1	0,39
20	0,05	0,17	-0,03	0,091	0,02	0,1	0,44
30	0,06	0,17	-0,04	0,091	0,03	0,1	0,55
40	0,07	0,17	-0,03	0,091	0,04	0,1	0,55
50	0,08	0,17	-0,07	0,092	0,05	0,1	0,81
60	0,10	0,17	-0,02	0,097	0,06	0,1	0,60
70	0,11	0,17	-0,05	0,093	0,07	0,1	0,82
80	0,12	0,17	-0,05	0,093	0,08	0,1	0,87
90	0,13	0,17	-0,06	0,094	0,09	0,1	0,98
100	0,14	0,17	-0,03	0,091	0,10	0,1	0,88

(*) : Ces valeurs sont à résiduelle relative à l'étalon déduite, la valeur résiduelle est de 0,02 bar.

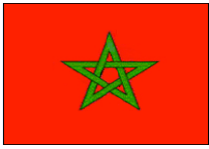
Toutes les valeurs de "En" sont < 1, les résultats obtenus sont satisfaisants, voir la représentation graphique dans la page suivante

Comparaison sur l'étendue de mesure 0 - 100 bar



8. Annexes

8-1. Annexe 1 : Liste des participants

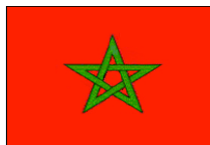


**CAMPAGNE DE COMPARAISON INTERLABORATOIRES
- 2009 -**

METROLOGIE DES PRESSIONS

LISTE DES LABORATOIRES PARTICIPANTS

Nombre de laboratoires participants : 2



N.	Laboratoire	Adresse	Responsable du laboratoire	E-mail	Téléphone/ Fax
1	LPEE/LNM	Station Expérimentale : km 7, Route d'El Jadida, BP 8066 Casablanca - Maroc	Mohamed BERRADA	berrada@lpee.ma	Tél : 0522 48 87 27/28 Fax : 0522 98 25 72
2	ONML (Laboratoire CNTC)	38, Rue Mohamed Rabia 16050 Kouba Alger - Algérie	SID-ALI REDA BEN EL KHAZNADJI	reda.benelkhaznadj@ yahoo.fr	Tél : 021 29 78 98 Fax : 021 29 79 68

8-2. Annexe 2 : Protocole de mesure



PROTOCOLE POUR LA COMPARAISON INTERLABORATOIRES 2009 EN METROLOGIE DES PRESSIONS

I - GENERALITES

Ce protocole contient les informations concernant l'organisation d'une comparaison interlaboratoires (CIL) dans le domaine de la métrologie des pressions. Le laboratoire pilote chargé de l'organisation de cette CIL est l'Office National de Métrologie Légale (ONML) de l'Algérie.

II - INSTRUMENTS SOUMIS A L'INTERCOMPARAISON :

L'instrument qui a été choisi pour mener cette intercomparaison est un **manomètre numérique** dont les caractéristiques sont les suivantes :

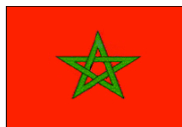
Marque : METRA Instruments
Type : Bit02
N°série : 503672
Résolution : 0,1 bar
Etendue de mesure : 0 – 500 bar
Raccord : G ½ Vertical

III – RECEPTION DE L'INSTRUMENT OBJET A CIL-PRESSION :

Le manomètre numérique objet de cette CIL-Pression sera mis à la disposition de chaque laboratoire participant dans les locaux de l'ONML.

Un formulaire de réception dont modèle est présenté en annexe A sera renseigné et signé par le laboratoire participant à la réception du dit manomètre, une copie lui sera remise en tant que bon de livraison.

Le laboratoire participant dispose de quatre jours maximum à compter de la date de réception du manomètre pour procéder à l'étalonnage conformément au présent protocole et retourner le manomètre à l'ONML.



IV – REMISE DE L'INSTRUMENT OBJET A CIL-PRESSION APRES FIN DES MESURES:

A la fin des mesures réalisées par le laboratoire participant, celui-ci se chargera de la remise du manomètre objet à cette CIL-Pression dans les locaux de l'ONML, et ce indépendamment de la transmission au laboratoire pilote des résultats d'étalonnage.

Un formulaire de décharge dont modèle est présenté en annexe B sera renseigné et signé par le laboratoire participant à la récupération du dit manomètre par l'ONML, une copie lui sera remise en tant qu'accusé de réception.

V - MESURES A REALISER :

Les mesures seront effectuées en mode **pression relative** et avec la méthode « **valeur lue sur l'instrument fixée** ».

V- 1 Opérations préliminaires :

Avant de commencer le relevé des mesures, deux montées sont effectuées à la pression maximale (500 bar) de l'instrument ou à défaut à la pression maximale du banc d'étalonnage afin de stabiliser l'instrument, vérifier son bon fonctionnement et s'assurer de l'absence de fuite sur la chaîne de montage.

Régler le zéro de l'instrument en maintenant la touche « ZERO » appuyée pendant environ 5 secondes (voir copie de la notice du constructeur remise avec l'instrument).

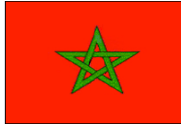
V- 2 Programme des mesures :

- Réaliser 1 cycle montée-descente de 11 points de pression.
- Réaliser ensuite une montée de 11 points de pression, les mêmes points réalisés dans le cycle montée-descente.

V – 3 Calcul de l'incertitude :

Le laboratoire participant calculera pour chaque palier d'étalonnage l'incertitude sur la valeur de la pression obtenue.

Le calcul intermédiaire des incertitudes-types élémentaires entrant dans l'estimation de l'incertitude d'étalonnage finale pourrait éventuellement être demandé par le laboratoire pilote.



VI – PRESENTATION DES RESULTATS :

Les laboratoires participants dont les moyens d'étalonnage permettent d'atteindre la portée maximale du manomètre objet à intercomparaison (500 bar) renseigneront le modèle de feuille de résultats présenté en annexe C.

Les laboratoires participants dont les moyens d'étalonnage ne permettent pas d'atteindre la portée maximale du manomètre objet à intercomparaison (500 bar) renseigneront le modèle de feuille de résultats présenté en annexe D.

VII – TRANSMISSION DES RESULTATS :

Les laboratoires participants transmettront les résultats d'étalonnage au laboratoire pilote dans un délai d'une semaine à compter de la date de réception par leurs soins du manomètre objet à cette CIL.



Annexe A

Formulaire de réception

Laboratoire participant :

Nom du représentant du laboratoire participant :

Nom du représentant de l'ONML :

Date de réception :

Équipement objet à réception

Désignation : Manomètre numérique

Marque : METRA Instruments

Type : Bit02

N°série : 503672

Observations relatives à l'équipement objet à réception :

**Signature du représentant
du laboratoire participant**

**Signature du représentant
de l'ONML**



Annexe B

Formulaire de décharge

Laboratoire participant :

Nom du représentant du laboratoire participant :

Nom du représentant de l'ONML :

Date de la décharge :

Équipement objet à décharge

Désignation : Manomètre numérique

Marque : METRA Instruments

Type : Bit02

N°série : 503672

Observations relatives à l'équipement remis à l'ONML (Constat visuel) :

**Signature du représentant
du laboratoire participant**

**Signature du représentant
de l'ONML**



Annexe C

Sommaire des résultats

Laboratoire participant :

Fluide utilisé (*) :

(*) : Veuillez indiquer la nature du fluide utilisé pour les résultats cités ci-dessous : (huile, eau, alcool ou gaz)

Palier de pression en bar	valeur de pression lue sur l'instrument en bar	Valeur de pression de référence en bar			Valeur de pression moyenne calculée en bar (**)	Incertitude d'étalonnage à deux écarts-types	Erreur d'hystérésis (en %EM) (***)
		en 1 ^{ère} montée (1)	en descente (2)	en 2 ^{ème} montée (3)			
0							
50							
100							
150							
200							
250							
300							
350							
400							
450							
500							

(**) : Moyenne de (1) et (3)

(***) : Erreur d'hystérésis à calculer à partir de (1) et (2) et à exprimer en % de l'étendue de mesure EM (EM = 500 bar).



Annexe D

Sommaire des résultats

Laboratoire participant :

Fluide utilisé (*) :

(*) : Veuillez indiquer la nature du fluide utilisé pour les résultats cités ci-dessous : (huile, eau, alcool ou gaz)

Palier de pression en bar	valeur de pression lue sur l'instrument en bar	Valeur de pression de référence en bar			Valeur de pression moyenne calculée en bar (**)	Incertitude d'étalonnage à deux écarts-types	Erreur d'hystérésis (en %EM) (***)
		en 1 ^{ère} montée (1)	en descente (2)	en 2 ^{ème} montée (3)			
0							
10							
20							
30							
40							
50							
60							
70							
80							
90							
100							

(**) : Moyenne de (1) et (3)

(***) : Erreur d'hystérésis à calculer à partir de (1) et (2) et à exprimer en % de l'étendue de mesure EM (EM = 100 bar).