

Standards métrologiques – Standardized metrology**Introduction**

Ce document couvre les niveaux de performances métrologiques selon les standards OIML et NTEP. Il couvre également la terminologie métrologique utilisé par les constructeurs de capteurs et d'instruments de pesage.

Définition de la métrologie légale

La métrologie légale recouvre l'ensemble des dispositions réglementaires mises en places par les pouvoirs publics pour garantir la qualité des instruments de mesure utilisés pour les transactions commerciales et pour certaines opérations mettant en jeu la santé ou la sécurité publique.

Plusieurs organisations définissent les standards pour l'industrie du pesage et les exigences des cellules de pesées de manière à assurer la précision des balances.

- **En Europe**, les certificats d'essai sont délivrés par des organismes notifiés par la **CEE** selon des recommandations émises par l'**OIML** (Organisation Internationale de Métrologie Légale).
- **Au États-Unis**, les certificats de conformité sont délivrés par le **NTEP** (National Type Evaluation Program), administré par l'office des poids et mesures du **NIST** (National Institute of Standards and Technology).

Standards Internationaux et européens

L'**OIML** est une organisation intergouvernementale créée afin de promouvoir l'harmonisation globale des procédures de métrologie légale. L'OIML développe des réglementations-types, les Recommandations Internationales, qui servent aux Membres de bases pour l'établissement des réglementations nationales sur diverses catégories d'instruments de mesure.

Le Système de **Certificats OIML** donne la possibilité pour un fabricant d'obtenir un certificat OIML et un Rapport d'Essai indiquant qu'un type donné d'instrument satisfait aux exigences des Recommandations Internationales OIML concernées.



- **OIML R60** : recommandation concernant la réglementation des cellules de pesée
- **OIML R76** : recommandation concernant les instruments de pesage à fonctionnement non automatique (**IPFNA**). La CE a adopté l'OIML R76 sous la norme **EN45501**.

Dans la réglementation CE, un **certificat de test** est donné pour un module (indicateur ou capteur) et un **certificat d'approbation CE de type** pour un instrument complet.

Standards Américains

Le NIST fait partie du département du commerce des États Unis. Cette organisation publie des lois et réglementations uniformes qui seront adoptées par l'ensemble des états.

- **NIST Handbook 44** est le document officiel regroupant les spécifications techniques et tolérances requises pour les instruments de pesage.
- Un **certificat de conformité NTEP** indique que le dispositif testé par le NTEP est conforme aux exigences du NIST handbook 44.

**Introduction**

This document covers load cell accuracy grades according to the OIML and NTEP standards. It will also cover key terminology and metrological terms which are used by load cell and scale manufacturers.

Definition of Legal Metrology

Legal Metrology is the entirety of the legislative, administrative and technical procedures established by public authorities in order to ensure, in a regulatory manner, the appropriate quality of measurements related to official controls, trade, health, safety and the environment.

Several organizations set standards for the weighing industry and provide load cells requirements to ensure the accuracy of scales.

- **In Europe**, test certificate is given by **EEC** (European Economic Community) notified body according to recommendations set by the **OIML** (Organisation Internationale de Métrologie Légale).
- **In the United States**, Certificate of conformance is given by the **NTEP** (National Type Evaluation Program), administered by the Office of Weights and Measures of the **NIST** (National Institute of Standards & Technology).

International and European standards

The OIML is an intergovernmental treaty organization. It was established in order to promote the global harmonization of legal metrology procedures. The OIML provides its Members with metrological guidelines for the elaboration of national and regional requirements concerning the manufacture and use of measuring instruments.

The System provides the possibility for a manufacturer to obtain an OIML Certificate and a Test Report indicating that a given instrument type complies with the requirements of the relevant OIML International Recommendations.

- **OIML R60** : guidelines regarding load cells requirements.
- **OIML R76** : guidelines regarding non automatic weighing instrument (**NAWI**). EC adopted R76 OIML guideline in **EN45501**.

*Under EC Weights and Measures regulations, a **test certificate** is given for a device (indicators or load cells alone) an **EC Type Approval** is given for entire scale.*

United States standards

NIST is part of the United States Department of Commerce. This organization adopts uniform laws and regulations adopted by most states and localities.

- **NIST Handbook 44** is the official listing of specifications, tolerances, and other technical requirements for weighing and measuring devices.
- An **NTEP Certificate of Conformance** indicates that the particular scale tested by NTEP met NIST Handbook 44 requirements.

Caractéristiques d'exactitude (OIML) - Accuracy specifications (OIML)

Classe d'exactitude

Les instruments de pesage sont testés et certifiés selon l'OIML R76 (EN45501), la classe III couvre les applications de pesage commercial entre 500 et 10000 divisions.

Les capteurs sont testés et certifiés selon l'OIML R60. L'erreur tolérée pour le capteur est fixée à $0,7(p_{LC})$ fois celle de la balance.

Les capteurs sont classés selon leur performance globale en quatre classes (A à D). Un capteur est classifié par une lettre (A,B,C,D) et le **nombre maximum d'échelons de vérification (n_{LC})**, exprimé en unité de 1000 ; par exemple C3 représente, classe C avec 3000 échelons de vérification.

Les capteurs de classe C peuvent être utilisés pour la fabrication des instruments de pesage de classe III et IIII.

Accuracy class

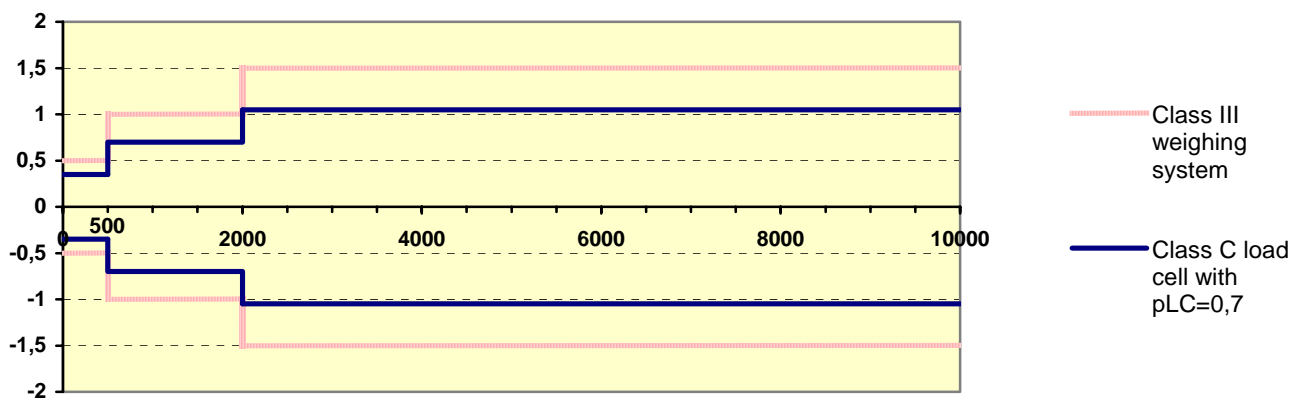
Weighing instruments are tested and certified according to OIML R76 (EN45501), class III covers the commercial weighing applications between 500 and 10,000 divisions.

Load cells are tested and certified according to OIML R60. The load cell error tolerance is set at $0.7(p_{LC})$ times the scale division.

Load cells are ranked, according to their overall performance capabilities, into four classes (A to D). A load cell is classified by the alphabetical classification and the **maximum number of load cell intervals (n_{LC})**, stated in units of 1000; for example **C3** represents class C with 3000 load cell intervals.

Class C load cells are suited for class III and IIII weighing systems.

Fig 1 - Table des tolérances OIML - Acceptance tolerance table



• Erreur maximale tolérée (emt)

La Fig. 1 montre l'erreur maximale tolérée (emt) en fonction du nombre d'échelons de vérification :

- pour un instrument de pesage en classe III (OIML R76).
- pour un capteur en classe C avec un $p_{LC}=0,7$ (OIML R60).

La fraction p_{LC} (0,7 par défaut) représente la distribution de l'erreur attribuée au capteur quand il est considéré comme un module d'un instrument de pesage complet.

• Maximum permissible error (mpe)

Fig.1 shows the maximum permissible error (mpe) depending on number of verification intervals:

- for a weighing instrument in class III (OIML R76).
- for a load cell in class C with a $p_{LC}=0,7$ (OIML R60).

The p_{LC} fraction (0,7 by default) represent the apportionment error attributed to a load cell considered as a part of a weighing instrument.

Echelon minimum de vérification (v_{min})

C'est la plus petite quantité (masse) en laquelle l'étendue de mesure de la cellule de pesée peut être divisée sans dépasser l'erreur maximale tolérée (emt). Il peut être spécifié par le quotient E_{max}/Y , où E_{max} représente la capacité maximale du capteur et Y une valeur spécifiée par le constructeur du capteur.

Minimum verification interval (v_{min})

It's the smallest value of a quantity (mass) in which the load cell measuring range can be divided without exceeding the maximum permissible error. It could be specified by quotient E_{max}/Y , where E_{max} represents the load cell's maximum capacity and Y represents a value which is specified by the load cell supplier.

Retour du signal à la charge morte mini. (DR)

Différence de signal de sortie du capteur à la charge morte minimale, mesurée avant puis après l'application d'une charge (>90% de la capacité maximale du capteur) pendant 30 minutes.

• Quotient $Z=E_{max}/(2 \times DR)$

Ce quotient est utilisé pour caractériser les instruments multi-échelon et à étendue multiple.

Minimum dead load output return (DR)

The difference in load cell output at minimum dead load, measured before and after a 30 minutes load application (>90% of the load cell capacity).

• Quotient $Z=E_{max}/(2 \times DR)$

This quotient is used to characterize the multi-interval and multiple range instruments.

Erreur de fluage

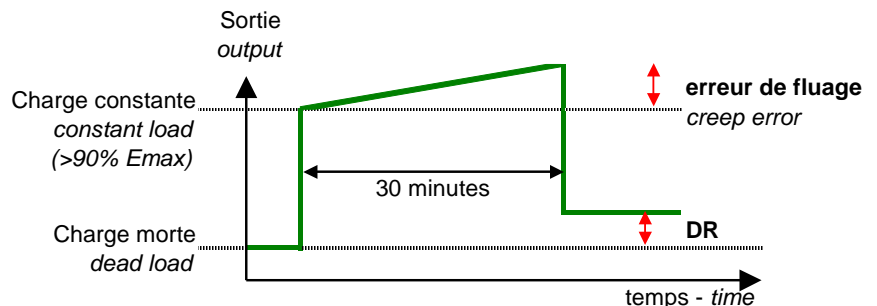
Ecart de signal de sortie obtenu dans le temps sous application d'une charge constante (>90% de la capacité maximale).
L'OIML R60 exige un test de 30 mn et spécifie l'erreur limite pour cette période (0,7 emt).

Creep error

Deviation of load cell output occurring with time while under constant load (>90% of the load cell capacity).
OIML R76 requires a 30 minute test and specifies an error limit (0,7 mpe) for this time period.

Fig 2 - Erreur de fluage et retour à la charge morte min.(DR)

Creep error and minimum dead load output return (DR)



Caractéristiques de capacité - capacity specifications

Charge morte minimum (E_{min})

Plus petite valeur d'une grandeur (masse) pouvant être appliquée sur un capteur sans dépasser l'erreur maximale tolérée (emt).

Minimum dead load (E_{min})

The smallest value of a quantity (mass) which may be applied to a load cell without exceeding the maximum permissible error (mpe).

Capacité maximum (E_{max})

Plus grande valeur d'une masse pouvant être appliquée sur le capteur sans dépasser l'erreur maximum tolérée.

- **Etendue de mesure du capteur:**

Plage d'utilisation réglementaire du capteur délimitée par E_{min} et E_{max} .

- **Capacité nominale**

Valeur de la charge à appliquer sur le capteur pour obtenir un signal de sortie égal à la sensibilité nominale.
Cette charge est souvent égale à E_{max} .

Maximum capacity (E_{max})

The largest value of a quantity which may be applied to a load cell without exceeding the maximum permissible error.

- **Load cell measuring range:**

Lawful operational range of the load cell delimited by E_{min} and E_{max} .

- **Rated capacity:**

Value of load which may be applied to obtain an output voltage equal to the rated sensitivity.
This load is often equal to E_{max} .

Charge limite admissible (E_{lim})

Charge maximale pouvant être appliquée sans produire de dérives permanentes des caractéristiques de performance.

Safe load limit (E_{lim})

The maximum load that can be applied without producing a permanent shift in the performance characteristics.

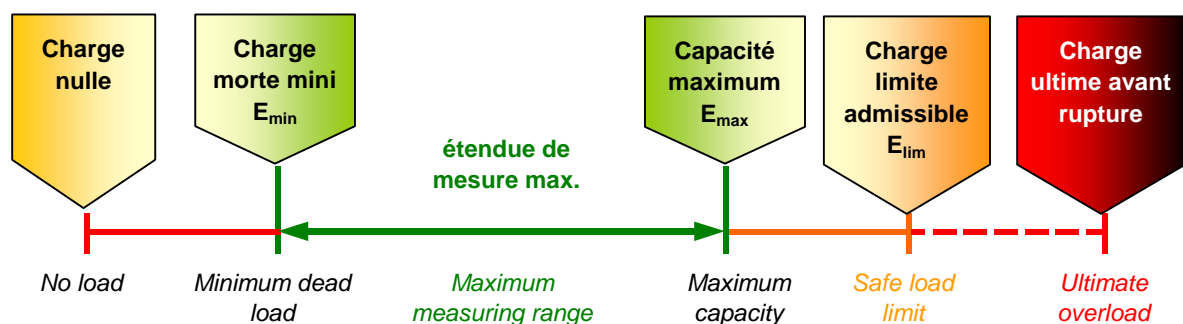
Charge ultime avant rupture

Charge maximale pouvant être appliquée sans destruction physique du capteur.

Ultimate overload

The maximum load that can be applied without physical destruction of the load cell.

Fig 3 – Représentation des caractéristiques de capacité - load cells capacity specifications



Caractéristiques métrologiques - metrological specifications

Cette section passe en revue les paramètres de base qui peuvent être utilisés pour spécifier la précision de la mesure.

Sensibilité nominale

Valeur obtenue par soustraction du signal de sortie à vide et du signal à la charge nominale. La sensibilité est exprimée en tension de sortie par unité de tension d'alimentation.

- **Plage de zéro initial:**

Signal de sortie du capteur obtenu sans autre charge que son propre poids.

This section reviews the basic parameters that can be used to specify the accuracy of measurement.

Rated sensitivity

The value obtained by subtracting the unloaded output from the output obtained under rated capacity. Sensitivity is expressed by the value of the output voltage by unit of excitation voltage.

- **Zero balance:**

Load cell output obtained under the no-load condition.

Erreur combinée

En l'absence d'autres facteurs d'influence, la relation entre le signal de sortie du capteur et la charge appliquée (croissante ou décroissante), est une courbe mettant en évidence la non-linéarité et l'hystérésis. La déviation maximum du signal de sortie par rapport à la ligne droite de calibration idéale est l'erreur combinée.

- **Non-linéarité:**

Déviation de la courbe de calibration croissante par rapport à la droite idéale passant par le signal à la charge minimale et par le signal à la capacité nominale.

- **Hystérésis:**

Différence entre la lecture du signal de sortie pour la même charge appliquée, une lecture étant obtenue en augmentant la charge depuis la charge minimum, et l'autre en diminuant la charge depuis la capacité nominale.

Combined error

In the absence of any influence factors, the relationship between the load cell output signal, and the applied load (increasing or decreasing) will be a continuous curve exhibiting some non-linearity and hysteresis. The maximum output deviation between the calibration curve and the ideal straight line calibration is the combined error.

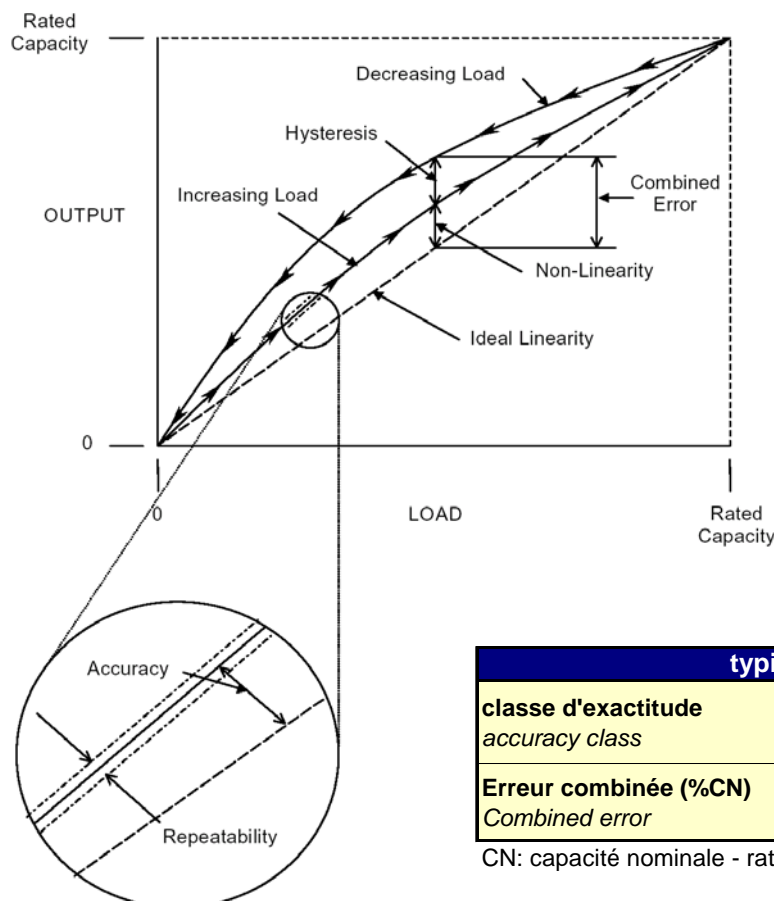
- **Non-linearity:**

The deviation of the increasing load cell calibration curve from a straight line which passes through minimum load output and the load cell output at the rated capacity.

- **Hysteresis:**

The difference between load cell output readings for the same applied load, one reading obtained by increasing the load from minimum load and the other by decreasing the load from nominal capacity.

Fig 4 – Représentation de l'erreur combinée - Representation of combined error



typical specifications

classe d'exactitude accuracy class	C1.5	C3	C4	C5	C6
Erreur combinée (%CN) Combined error	0.033	0.017	0.013	0,01	0.008

CN: capacité nominale - rated capacity

Effet de la température

- **Effet de la température sur le zéro:**

Changement du signal de sortie à la charge morte du au changement de température ambiante.

- **Effet de la température sur la sensibilité :**

Changement de sensibilité du au changement de température ambiante.

Temperature effect

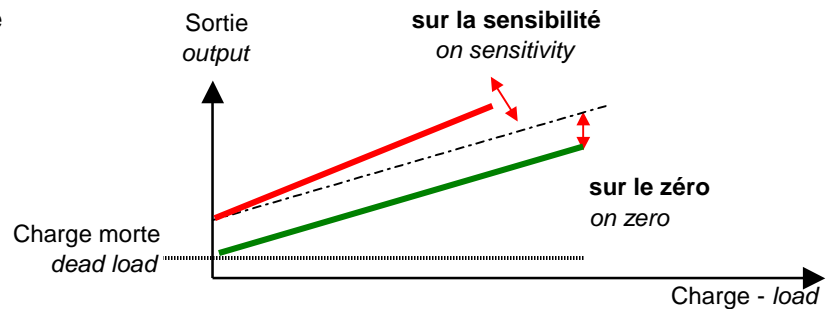
- **Temperature effect on zero:**

The change in minimum dead load output due to a change in ambient temperature.

- **Temperature effect on sensitivity:**

The change in sensitivity due to a change in ambient temperature.

Fig 5 - Effets de la température
Temperature effects



- **Plage de température compensée :**

Plage de température pour laquelle le signal de sortie et le zéro sont compensés pour ne pas être affectés par une erreur supérieure à l'emt.

- **Plage de température de fonctionnement :**

Plage de température dans laquelle le capteur peut fonctionner sans changement permanent de ses propriétés.

- **Compensated temperature range:**

The temperature range in which the output signal and zero balance are compensated to not be affected by an error exceeding the maximum permissible.

- **Service temperature range:**

The temperature range in which the load cell can be operated without causing permanent change in its properties.

Caractéristiques électriques - Electrical specifications

Résistance électrique

- **Résistance d'entrée :**

Résistance mesurée aux bornes d'entrées, bornes de sorties ouvertes et sans charge sur le capteur.

- **Résistance de sortie:**

Résistance mesurée aux bornes de sorties, bornes d'entrées ouvertes et sans charge sur le capteur.

- **Résistance d'isolement :**

Résistance au courant continu mesurée entre le circuit du capteur et le corps d'épreuve, test effectué sous 50VDC.

Electrical resistance

- **Input resistance:**

Resistance measured across the input terminals with the output terminals opened under the no-load condition.

- **Output resistance:**

Resistance measured across the output terminals with the input terminals opened under the no-load condition.

- **Insulation resistance:**

Direct current resistance measured between the circuit for a load cell and its casing, under testing conditions of 50 VDC.

Plage de tension d'alimentation

Plage de tension d'alimentation, continue ou alternative, pour laquelle le résultat de la mesure est conforme aux spécifications métrologiques du capteur.

- **Tension de référence (U_{Ref})**

Tension d'alimentation appliquée lors de la réalisation des essais de performance métrologique du capteur.

Nominal range of excitation voltage

Range of excitation voltage, DC or AC, for which the result of measurement should not be affected by an error exceeding the load cell specifications.

- **Reference voltage (U_{Ref})**

Excitation voltage applied to the load cell during metrological performance test.

Conditions environnementales - Environmental conditions

A ce jour, aucun standard n'a été développé pour couvrir l'adéquation des capteurs aux conditions environnementales. En l'absence de tels standards, certaines caractéristiques des capteurs doivent être vérifiées en fonction de l'environnement d'utilisation :

- Classification IP (selon CEI529 ou EN60529).
- Matière et méthode de protection des jauges.
- Classification OIML en humidité.

No standard have been developed to cover load cells suitability for environmental conditions.

In the absence of such standards, some load cells characteristics should be reviewed to determine the load cells suitability for specific conditions:

- IP classification (IEC 529 or EN60529).
- Material of construction and gauges sealing Method.
- OIML humidity classification.

Degré de protection IP (EN60529)

Le standard IP décrit une classification des degrés de protection offerts par les enceintes d'équipements électriques.

- Protection des équipements contre les agressions des objets solides extérieurs.
- Protection des équipements contre les effets nuisibles des agressions dues à l'eau.

Bien que le standard IP soit un préalable acceptable, certains raccourcis sont à noter :

- Le système IP ne peut clairement différencier les capteurs selon leur type de construction.
- Le système IP ne prend pas en compte les problèmes de condensation et d'humidité dans l'enceinte.

IP protection class (EN60529)

The IP standard describes the degree of protection provided by the enclosures of electrical equipment:

- Protection of the equipment against the ingress of solid foreign objects.
- Protection of equipment against harmful effects due to the ingress of water.

While the IP standard is an acceptable starting point, some shortcomings are noticed:

- IP system can not clearly differentiate between load cells with different constructions.
- IP system don't deal with internal condensation or moisture within the enclosure.

Méthode de scellement des capteurs

• Enrobé

Capteurs isolés de l'environnement par une couche d'enrobage ou par remplissage de la cavité des jauges de contraintes avec une matière spéciale les protégeant des éléments et de l'humidité extérieure. Ces capteurs sont normalement prévus pour être utilisés à l'intérieur.

• Enrobé et protégé

Capteurs avec remplissage de la cavité par une matière spéciale. La cavité est aussi mécaniquement protégée par une plaque latérale. Ces capteurs sont prévus pour fonctionner en environnement normal à l'intérieur comme à l'extérieur.

• Scellé hermétiquement

Capteurs dont la cavité est scellée hermétiquement par un opercule métallique soudé. Ces capteurs associent la protection mécanique à la meilleure protection contre le lavage, l'humidité et les agressions chimiques.

Attention: Capteur en inox n'est pas synonyme de capteur hermétiquement scellé. Même si les capteurs en inox enrobés et protégés fonctionnent en environnement corrosif ou chimique léger, le meilleur choix pour une protection efficace est un modèle en inox hermétiquement scellé.

Load cells sealing method

• Potted

Refers to load cell which is environmentally sealed by a protective coating or by filling the strain gauge cavity with a material that protects the gauges from environmental hazards such as moisture. These load cells are normally used for indoor applications.

• Enclosed

Refers to load cells which have a strain gauge cavity filled with a potting compound. The cavity is also mechanically protected with side plates. These cells are protected from normal environmental factors in indoor or outdoor applications.

• Hermetically sealed

Refers to load cells which have a metallic protective cover welded to protect the strain gauge cavity. These load cells provide the best protection in harsh chemical or wash down environments.

A word of caution: stainless steel load cells are not synonymous with hermetically sealed load cells. While enclosed stainless steel load cells may be suitable for dry chemical corrosive environments, hermetically sealed stainless steel models are the appropriate choice for high moisture or wash down applications.

Fig 6 - Charte de classification environnementale SCAIME - SCAIME environmental classification Chart

Methode de scellement - Sealing Method	Indice IP
Enrobé - Potted	IP64 - IP65
Enrobé protégé - Enclosed	IP67
scellé hermétiquement - Hermetically sealed	IP68

classification d'humidité (OIML)

Pour déterminer leur aptitude à supporter l'humidité et la condensation, les capteurs approuvés OIML R60 sont testés et marqués en fonction du type de test

- **NH – Non Humidity tested**

Aucun test d'humidité n'a été effectué.

- **SH – Static Humidity tested**

Un test de chaleur humide statique est effectué : test de chaleur humide continu de 48 heures sous 40°C et 85% d'humidité.

L'objectif du test SH est de déterminer l'influence de la chaleur humide sur les performances métrologiques du capteur.

- **CH – Cyclic Humidity tested**

Un test de chaleur humide cyclique est effectué: 12 cycles de chaleur humide de 24 heures chacun sous 40°C et 85% d'humidité.

L'objectif du test CH est de déterminer la résistance du capteur sous une atmosphère hautement humide avec des changements de température cycliques. Ce test met également en évidence l'influence métrologique de la chaleur humide sur le capteur.

Humidity classification (OIML)

To determine their ability to withstand moisture or condensation, load cells certified to OIML R60 are tested and marked according to this type of test.

- **NH – Non Humidity tested**

Not any humidity test are applied.

- **SH – Static Humidity tested**

A damp heat static test is applied. 1 continue damp heat test of 48 hours under 40°C temperature and 85% humidity



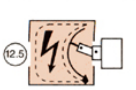
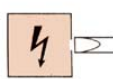
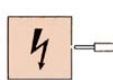
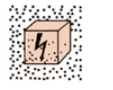
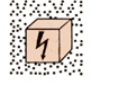





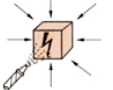
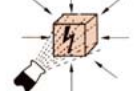
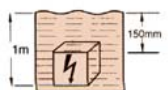

The object of the SH test is to determine the damp heat influence on metrological performance.

- **CH – Cyclic Humidity tested**

A damp heat cycling test is applied: 12 damp heat cycles of 24 hours each under 40°C temperature and 85% humidity.

The object of the CH test is to determine the suitability of load cells for use under high humidity combined with cyclical temperature changes. This test also underline the damp heat influence on metrological performance.

Degré de protection selon CEI 529 (EN60529) - *Ingress protection under IEC 529 (EN60529)*

<p>IP 1^{er} numéro 1st number</p> <p>Protection contre les objets solides <i>Protection against solid objects</i></p>	0		Pas de protection	<i>No protection</i>
	1		Protégé contre les objets solides avec d>50mm et contre le contact avec les mains	<i>Protected against solid objects up to 50mm and accidental touch by hand</i>
	2		Protégé contre les objets solides avec d>12mm et contre le contact avec les doigts	<i>Protected against solid objects up to 12mm and accidental touch by fingers</i>
	3		Protégé contre les objets solides avec d>2,5mm et contre le contact avec les outils	<i>Protected against solid objects up to 2,5mm and accidental touch by tools</i>
	4		Protégé contre les objets solides avec d>1mm et contre le contact avec les outils et fils de fer	<i>Protected against solid objects up to 1mm and accidental touch by tools and small wires</i>
	5		Protection contre les dépôt de poussières risquant d'endommager l'équipement	<i>Protected against dust. The dust entrance should not interfere with operation</i>
	6		Protection contre toute pénétration de poussière	<i>Complete protection against dust</i>
<p>IP 2^{ème} numéro 2nd number</p> <p>Protection contre les liquides <i>Protection against liquids</i></p>	0		Pas de protection	<i>No protection</i>
	1		Protection contre les gouttes d'eau tombant à la verticale	<i>Protected against vertically falling drops of water</i>
	2		Protection contre les gouttes d'eau tombant dans un angle<15° par rapport à la verticale	<i>Protected against direct sprays of water up to 15° from the vertical</i>
	3		Protection contre les gouttes d'eau tombant dans un angle<60° par rapport à la verticale	<i>Protected against direct sprays of water up to 60° from the vertical</i>
	4		Protection contre les projections d'eau dans toutes les directions	<i>Protected against direct sprays of water up to 60° from the vertical</i>
	5		Protection contre un jet d'eau dirigé dans toutes les directions	<i>Protected against low pressure jets of water from all directions</i>
	6		Protection contre un jet d'eau intense dans toutes les directions	<i>Protection against strong jets of water from all directions</i>
	7		Protection contre les effet d'une immersion entre 15cm et 1m	<i>Protection against the effects of immersion between 15cm to 1m</i>
	8		Protection contre les effet d'une immersion prolongée à une profondeur spécifiée.	<i>Protection against long periods of immersion at a specified depth .</i>