Ministère de l'Industrie, des Postes et Télécommunications
et du Commerce Extérieur

CIRCULAIRE

RELATIVE AUX CAPTEURS A JAUGES DE CONTRAINTE
N° 93.00.640.001.1 du 5 octobre 1993

La présente circulaire précise les conditions de contrôle des capteurs à jauges de contrainte pour lesquels un fabricant souhaite obtenir une autorisation de mise sur fiches.

Les essais métrologiques prévus au titre II sont issus de la Recommandation R60 de l'Organisation Internationale de Métrologie Légale. Les essais prévus au titre III permettent de s'assurer que le fabricant a mis en place un suivi de la qualité de fabrication des capteurs.

TITRE I

CONTROLE DES CAPTEURS A JAUGES DE CONTRAINTE

1. PROCEDURE DE MISE SUR FICHES

1.1. Autorisation de mise sur fiches

Les capteurs ne font pas l'objet de décision d'approbation de modèle mais peuvent faire l'objet d'une autorisation de mise sur fiches, présentant leurs principales caractéristiques métrologiques.

La mise sur fiches doit être précédée d'une demande d'autorisation de mise sur fiches, accompagnée d'une documentation technique complète et d'une description des moyens d'essais du demandeur.

La demande d'autorisation de mise sur fiches est adressée par le fabricant ou son représentant à la direction régionale de l'industrie, de la recherche et de l'environnement (DRIRE). Un exemplaire identique est adressée à la sous-direction de la métrologie. Lorsque le fabricant ou son représentant n'est pas implanté en France, les deux exemplaires sont adressés à la sous-direction de la métrologie.

En fonction de la gamme de capteurs proposée, la sous-direction de la métrologie et la DRIRE déterminent le ou les capteurs qui seront soumis aux essais définis au titre II.

Ces essais ont lieu dans un ou plusieurs laboratoires, désignés par la sous-direction de la métrologie et ayant reçu l'accréditation du Bureau National de Métrologie (par exemple : Laboratoire National d'Essais, laboratoire privé, laboratoire de constructeur).

Sous réserve de raccordement aux étalons nationaux, les essais peuvent avoir lieu dans un autre laboratoire public ou privé à condition qu'il justifie d'un niveau métrologique reconnu équivalent.

Si les résultats des essais sont satisfaisants, la sous-direction de la métrologie accorde l'autorisation de mise sur fiches.

1.2. Conditions de mise sur fiches

1.2.1. Conditions administratives

Chaque capteur fabriqué conformément au type qui a fait l'objet de l'autorisation de mise sur fiches, est accompagné d'une fiche individuelle sur laquelle sont portées ses principales caractéristiques et qui permet de s'assurer de la compatibilité de ses performances avec les spécifications des dispositifs auxquels il est associé.

Ces fiches, rédigées par le fabricant ou son représentant sous sa responsabilité, sont présentées suivant le modèle défini en annexe 1. Elles portent les références (numéro et date) de l'autorisation de mise sur fiches et un numéro d'ordre.

Le fabricant ou son représentant doit conserver un double des fiches ou tenir un registre rappelant les différents éléments portés sur celles-ci. Ces documents sont tenus à la disposition des agents des DRIRE.

Les caractéristiques métrologiques d'un capteur peuvent être influencées de façon importante par son montage. En conséquence, le fabricant doit fournir une notice détaillée donnant les conditions de montage. La fiche accompagnant le capteur porte les références de ce document. Cette notice doit pouvoir être présentée aux agents des DRIRE lors de la vérification primitive d'une installation équipée de capteurs ayant fait l'objet d'une procédure de mise sur fiches. Lorsque les capteurs ne sont pas munis des pièces nécessaires à leur montage, l'utilisateur doit pouvoir disposer des caractéristiques fonctionnelles de ces pièces en tant que de besoin, (dureté des appuis, état des surfaces, planéité, ajustement, couples de serrage, découplages...) dans la mesure où la notice n'en fait pas état.

Les fiches concernant les capteurs à point d'appui central doivent porter mention des dimensions maximales des récepteurs de charges utilisables, et l'indication du positionnement du récepteur ou faire référence à la notice du constructeur.

REMARQUE :

Les fabricants ou leurs représentants peuvent apposer sur leurs capteurs une plaque inamovible sur laquelle sont portés :

- la marque, le type et le numéro du capteur,
- E_{max} et E_{min} (si E_{min} # 0),
- n_{max} et e_{min} correspondant au capteur concerné,
- les références de l'autorisation de mise sur fiches.

Les autres mentions prévues par la fiche (annexe 1) doivent figurer dans une notice remise aux destinataires des capteurs et qui doit pouvoir être présentée aux agents des DRIRE à leur demande.

1.2.2. Conditions techniques

Pour assurer, en particulier, l'exactitude des informations portées sur les fiches, le fabricant ou son représentant doit procéder au contrôle de la qualité des capteurs. Ceci peut se faire par la mise en place d'un système de gestion de la qualité, d'un contrôle en cours de fabrication ou sur le produit fini.

Les caractéristiques métrologiques doivent être évaluées en présence de diverses grandeurs d'influence (climatiques, mécaniques, électriques...).

Le fabricant ou son représentant doit pouvoir à tout moment justifier des actions engagées et des résultats des essais effectués (les résultats des essais sont conservés au moins un an à compter de la fin de l'année en cours). En particulier, les résultats des essais et des étalonnages effectués lors d'un contrôle interne à l'entreprise sont regroupés dans un dossier à la disposition des agents des DRIRE. Si ce dossier comporte les caractéristiques mentionnées sur la fiche (modèle annexe 1) il peut remplacer le double ou le registre prévu au point 1.2.1.

1.2.3. Dispenses d'établissement de fiches

Un capteur à jauges de contrainte bénéficiant d'une autorisation de mise sur fiche peut être dispensé de sa fiche lorsque l'une des conditions suivantes est satisfaite :

a) le capteur est muni de la plaque prévue au 1.2.1.

b) le capteur équipe un instrument de pesage complet fabriqué par le même constructeur ou par un constructeur appartenant au même groupe de sociétés, sous réserve que la vérification primitive de l'instrument soit effectuée dans

ses propres ateliers, ou dans les ateliers du constructeur appartenant au même groupe. Le dossier prévu au 1.2.2. reste nécessaire.

2. CONTROLES EFFECTUES PAR LES AGENTS DES DRIRE

2.1. Surveillance de la procédure de contrôle mise en place par le fabricant ou son représentant

Les agents des DRIRE s'assurent de la mise en place et de l'exécution des procédures choisies par le fabricant ou son représentant pour garantir le suivi de la qualité des capteurs.

En particulier, ils doivent inciter à la mise en place d'une procédure d'assurance de la qualité, en vérifier l'exécution et l'efficacité. Ils veillent à la réalisation des prescriptions prévues au présent titre I.

2.2. Vérifications techniques

2.2.1. Objet

Les agents des DRIRE procèdent à une vérification technique sous la forme d'un contrôle au second degré. Il s'agit de tester les caractéristiques métrologiques des capteurs dans le but de porter un jugement objectif sur l'efficacité des contrôles ou de la procédure de gestion de la qualité, mis en place par le fabricant ou son représentant. Ces essais ont généralement lieu chez le fabricant ou son représentant sous réserve que ses moyens métrologiques destinés aux essais soient reconnus suffisants par la sous-direction de la métrologie et la DRIRE. Dans le cas contraire, ces essais sont effectués par un laboratoire accrédité par le Bureau National de Métrologie ou équivalent.

2.2.2. Méthode de contrôle

La méthode consiste à procéder à des essais sur des capteurs choisis en tenant compte de la diversité des modèles et des gammes. Le nombre de capteurs prélevés est défini selon le tableau ci-dessous ; chaque capteur est soumis à l'un des deux groupes d'essais décrits au titre III de la présente circulaire (les deux groupes d'essais doivent être effectués un nombre de fois sensiblement égal par an).

Production annuelle (tous modèles confondus)	Nombre de capteurs prélevés annuellement soumis chacun à un groupe d'essais du titre III		
	CAS N° 1	CAS N° 2	CAS N° 3
	Contrôle réduit Entreprise en assurance de la qualité	Contrôle normal	Contrôle renforcé
0 à 25	2	2	3
26 à 150	2	3	5
151 à 500	3	5	8
501 à 1 200	4	5	13
1201 à 3 200	5	8	13
3201 à 10 000	5	8	20
10 001 à 35 000	6	9	25
plus de 35 000	8	13	32

2.2.3. Transmission des résultats

Les agents des DRIRE transmettent les résultats des essais et les observations éventuelles à la sous-direction de la métrologie qui est chargée de la coordination au niveau national.

2.2.4. Analyse des résultats d'essais

2.2.4.1. La sous-direction de la métrologie et la DRIRE concernée procèdent à l'analyse des résultats.

2.2.4.2. Si l'analyse des résultats fait apparaître la nécessité d'une action corrective, la sous-direction de la métrologie et la DRIRE sont informées par le fabricant ou son représentant, des mesures mises en place pour améliorer la qualité de la fabrication. La sous-direction de la métrologie et la DRIRE peuvent décider de procéder à un contrôle renforcé dès qu'un essai sur un capteur est défectueux.

2.2.4.3. La sous-direction de la métrologie dispose de la possibilité de retirer l'autorisation de mise sur fiches.

TITRE II

LES ESSAIS A EFFECTUER SUR LES CAPTEURS POUR EVALUER LEURS CARACTERISTIQUES EN VUE DE LEUR MISE SUR FICHES

3. CARACTERISTIQUES METROLOGIQUES ET D'UTILISATION DES CAPTEURS

3.1. La fiche capteur définit les caractéristiques métrologiques de l'autorisation de mise sur fiches et celles du capteur garanties par le fabricant.

- type : (traction, compression, flexion, cisaillement, ...),

- E_{min} : borne inférieure de l'étendue de mesure maximale du capteur (E_{min} correspond souvent à la charge nulle) exprimée en unité de masse,

- E_{max} : borne supérieure de l'étendue de mesure maximale du capteur exprimée en unité de masse,

- n_{max} : nombre maximal d'échelons du capteur,

- e_{min} : échelon minimal du capteur exprimé en unité de masse,

- classe de précision du capteur,

- U_A : tension efficace d'alimentation du capteur exprimée en V, donnée par :
  U_{max} = tension d'alimentation maximale
  U_{nom} = tension d'alimentation nominale

- S : sensibilité nominale à la borne supérieure de l'étendue de mesure maximale du capteur exprimée en mV/V

$$\Delta V = S \cdot \frac{\Delta M}{E_{max}} \cdot U_A$$

ΔM : variation de la masse
ΔV : variation de tension de sortie correspondante

- Z_A : impédance du capteur en entrée exprimée en Ω,

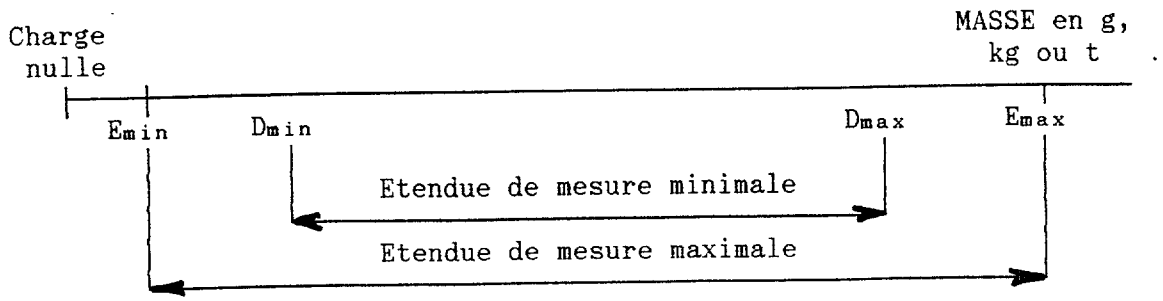
- Z_S : impédance du capteur en sortie exprimée en Ω,

- NH : essai d'humidité non effectué,

- les limites de température le cas échéant,

- les autres caractéristiques (voir annexe 1).

La fiche d'accompagnement des capteurs doit porter la mention NH si l'essai d'humidité n'a pas été effectué. Cette prescription s'applique aussi à tous les capteurs ayant obtenu une autorisation de mise sur fiche avant le 1er janvier 1993 et n'ayant pas satisfait cet essai depuis cette date.



Les essais d'évaluation des performances du capteur sont effectués conformément aux prescriptions du titre II, dans les deux étendues de mesure suivantes :

a) Dans une étendue de mesure minimale, de D_{min} à D_{max} telle que : $D_{max} - D_{min} = e_{min} \cdot n_{max}$ (dans ce cas $e_v = e_{min}$)

- essai préliminaire,
- essai de fidélité,
- essai de fluage,
- essai de relaxation,
- étalonnage et essais de dérive en températures,
- essai d'excentration (si capteur à point d'appui central).

b) Dans une étendue de mesure maximale, de E_{min} à E_{max},

$$\text{avec } e_1 = \frac{E_{max} - E_{min}}{n_{max}}$$

(dans ce cas $e_v = e_1$, sauf pour l'essai de pression barométrique pour lequel $e_v = e_{min}$)

- essai préliminaire,
- étalonnage et essais de dérive en températures,
- essai de fluage,
- essai de relaxation,
- essai de variation de la pression barométrique,
- essai d'humidité (optionnel si NH, cf. 4.6.),
- essai d'excentration (si capteur à point d'appui central).

3.2. Les valeurs d'échelons, les portées maximale et minimale, le domaine d'utilisation sont exprimés en unité de masse.

3.3. Dans le cas où un capteur peut travailler suivant plusieurs types de sollicitation (par exemple, traction-compression), le rapporteur fixe pour chaque capteur le mode de sollicitation à retenir.

3.4. Le fabricant ou son représentant, la DRIRE et la sous-direction de la métrologie déterminent les caractéristiques suivantes nécessaires pour effectuer les essais :

- la tension d'alimentation du capteur
- la durée d'alimentation électrique du capteur nécessaire à sa stabilisation,
- la nature et les caractéristiques des câbles de liaison et des connexions.

3.5. Classes de précision et erreurs maximales tolérées

Les classes de précision sont calquées sur celles existant pour les instruments de pesage à fonctionnement non automatique. Les erreurs maximales tolérées sont définies par le tableau ci-après :

Erreurs maximales tolérées	CHARGE M			
	Classe A ou I	Classe B ou II	Classe C ou III	Classe D ou IIII
± 0,35ev	0 ≤ M ≤ 50 000ev	0 ≤ M ≤ 5 000ev	0 ≤ M ≤ 500ev	0 ≤ M ≤ 50ev
± 0,70ev	50 000ev < M ≤ 200 000ev	5 000ev < M ≤ 20 000ev	500ev < M ≤ 2 000ev	50ev < M ≤ 200ev
± 1,05ev	200 000ev < M	20 000ev < M ≤ 100 000ev	2 000ev < M ≤ 10 000ev	200ev < M ≤ 1000ev

Les variations tolérées sur les résultats obtenus lors des essais, sont définies au point 5.

4. CONDITIONS GENERALES D'EXECUTION DES ESSAIS

4.1. Moyens d'essais

Les caractéristiques métrologiques du capteur sont déterminées à l'aide d'un ensemble conditionneur permettant de définir le rapport de la tension de sortie à la tension d'entrée du capteur.

Les caractéristiques métrologiques du conditionneur (fidélité, linéarité, justesse, sensibilité...) doivent être garanties au cours des essais à l'aide de moyens appropriés.

La durée d'alimentation électrique du conditionneur, préalablement à tout essai, doit être telle qu'elle permette la stabilité de ses caractéristiques métrologiques et des indications qu'il fournit.

L'incertitude de mesure combinée du système générateur de charge et de l'instrument indicateur utilisé pour observer le signal de sortie du capteur soumis à l'essai, doit être inférieure au tiers de l'erreur maximale tolérée pour le capteur soumis à l'essai. Certains indicateurs sont pourvus d'un dispositif d'autocontrôle. Il convient, dans ce cas, de l'utiliser fréquemment afin de s'assurer que l'indicateur satisfait à la précision exigée pour l'essai effectué. En outre, l'ensemble conditionneur doit être soumis à des étalonnages périodiques dont la fréquence est fonction de son utilisation.

4.2. Montage du capteur

Le montage du capteur est défini par le fabricant ou son représentant conformément à l'article 1.2.1.

4.3. Température

4.3.1. Chambre climatique

Pour effectuer correctement les essais, il est important de se rapprocher le plus possible des conditions décrites ci-dessous.

La chambre climatique permet d'atteindre toutes les valeurs appartenant à l'intervalle de température, en tenant compte de la dissipation thermique des capteurs à tester.

Elle permet d'obtenir des paliers de température stables : pour une température donnée, l'écart entre les températures extrêmes relevées en un point de l'enceinte pendant 60 minutes est inférieur à 3 °C ; de plus, la vitesse instantanée de variation de la température est inférieure à 5 °C par heure. La température est homogène dans le volume utile : l'écart entre les températures extrêmes relevées en 5 points espacés de l'enceinte au même instant est inférieur à 5 °C. La vitesse de variation de température lors du passage d'un palier à un autre est constante et environ de 10 °C par heure. Dans tous les cas elle est inférieure à 0,5 °C par minute.

La température est mesurée à l'aide d'une sonde étalonnée placée à proximité du capteur.

La ventilation ne doit pas perturber le fonctionnement du ou des capteurs.

Les fuites thermiques sont réduites au minimum (passage de câbles, trous, gants...).

Une évaluation régulière des caractéristiques intrinsèques de la chambre est conseillée.

Un dispositif de scellement doit être prévu de façon à interdire toute intervention sur le ou les capteurs.

Il est recommandé d'éviter l'apparition de givre ou de buée sur les pièces d'application des efforts.

4.3.2. Conditions de mise à la température

La température ambiante, (c'est-à-dire, celle du local dans lequel l'essai est effectué) doit rester comprise entre + 15 °C et + 25 °C.

Au cours des essais, le conditionneur associé au capteur reste à la température ambiante. Les câbles de liaison électrique propres au capteur sont soumis aux mêmes conditions de température que le capteur.

Le palier de température est maintenu pendant un temps suffisant pour permettre à tous les éléments du capteur et aux pièces de liaison d'être à la température du palier.

Les températures + 20 °C, T_{max} et T_{min} doivent être maintenues à ± 2 °C près.

4.4. Procédure de mise en charge

Les charges sont appliquées sans choc, ni oscillation, ni dépassement susceptibles de modifier la mobilité du capteur ou de masquer son hystérésis.

Les résultats des essais peuvent être conditionnés par les procédures de mise en charge. Il faut en particulier veiller à ne pas introduire les effets du fluage ou de la relaxation dans les essais qui ne sont pas destinés à les déterminer.

Un soin particulier doit être apporté au respect :

- des temps de mise en charge du capteur (cf. annexe 2),
- des temps de maintien des charges,
- des instants de lecture de l'indicateur,
- de la régularité dans le temps des paliers de charge successifs.

Il peut en outre être nécessaire de respecter, entre chaque cycle de chargement, des temps suffisamment longs pour permettre la stabilisation du capteur. Les instants des mises en charge doivent être relevés.

4.5. Effets de pression barométrique

Si des variations de la pression barométrique sont susceptibles d'affecter de façon importante le signal de sortie de la cellule de pesée, ces variations doivent être prises en considération.

4.6. Humidité

Quand un capteur (ou sa fiche) est marqué du symbole NH, il ne doit pas être soumis à l'essai d'humidité.

5. LES ESSAIS

- essai préliminaire,
- essai de fidélité,
- essai de fluage,
- essai de relaxation,
- étalonnage,
- essai de dérive en température,
- essai d'excentration pour les capteurs à point d'appui central,
- essai de variation de la pression barométrique,
- essai d'humidité (sauf si le capteur, ou la fiche, est marqué NH).

5.1. Essai préliminaire

Le capteur est chargé au moins trois fois entre les bornes du domaine d'utilisation. La charge est maintenue au moins une minute entre chaque chargement. Le capteur est maintenu déchargé au moins une minute entre chaque chargement. Aucun relevé de valeur n'est effectué.

5.2. Essai de fidélité

5.2.1. Objet de l'essai

L'essai a pour objet de déterminer les variations de l'indication pour 10 chargements successifs à D_{max}. Lors de cet essai la valeur D_{max} est égale à E_{max}.

5.2.2. Conduite de l'essai

5.2.2.1. Vérifier le conditionneur. Respecter les dispositions de l'article 4.

5.2.2.2. Appliquer au capteur la charge D_{min} pendant un temps suffisant pour assurer la stabilité du capteur.

5.2.2.3. Règler le conditionneur sur ses références et l'indicateur à zéro (ou à une valeur choisie qui est relevée).

5.2.2.4. Appliquer la charge D_{max} en tenant compte de 4.4.

5.2.2.5. Relever l'indication à D_{max} (le temps de charge et de stabilisation doit être toujours le même (cf. annexe 2).

5.2.2.6. Ramener la charge à D_{min} et la maintenir un temps suffisant pour assurer la stabilisation du capteur.

5.2.2.7. Reprendre 9 fois de 5.2.2.3. à 5.2.2.6.

5.2.2.8. Relever les valeurs du conditionneur sur ses références.

5.2.3. Température

L'essai est effectué à une température stable choisie entre + 15 °C et + 25 °C.

5.2.4. Résultats

L'écart maximal entre les valeurs relevées au cours des dix applications de charge ne doit pas être supérieur à la valeur absolue de l'erreur maximale tolérée (tableau 3.5.) à cette charge calculée avec un échelon $e_v = e_{min}$.

5.3. Essai de fluage

5.3.1. Objet de l'essai

L'essai a pour objet de déterminer les variations des indications du capteur soumis à une charge pendant 30 minutes à + 20 °C, T_{max} et T_{min}.

Cet essai est effectué entre E_{min} et E_{max} (cf. 3.1.b) et entre D_{min} et D_{max} (cf. 3.1.a) avec une valeur de D_{max} comprise entre 0,9 E_{max} et E_{max}.

5.3.2. Conduite de l'essai (exemple d'essais entre E_{min} et E_{max}).

5.3.2.1. Vérifier le conditionneur.

5.3.2.2. Appliquer au capteur la charge E_{min} pendant un temps suffisant pour assurer sa stabilisation.

5.3.2.3. Règler le conditionneur sur ses références et l'indicateur à zéro (ou à une valeur choisie qui est relevée).

5.3.2.4. Passer de la charge E_{min} à la charge E_{max} le plus rapidement possible et sans palier.

5.3.2.5. Relever les indications du conditionneur à l'instant défini à partir de la stabilisation de charge d'essai E_{max} (annexe n° 2) et à : 30 secondes, 1 minute, 5 minutes, 10 minutes, 20 minutes et 30 minutes.

5.3.2.6. Relever les valeurs du conditionneur sur ses références.

5.3.3. Températures d'essais

Les essais sont effectués aux températures + 20 °C, T_{max} et T_{min}.

5.3.4. Résultats

L'écart absolu obtenu entre la valeur relevée après la stabilisation de la charge d'essai et celles relevées au cours des 30 minutes suivantes ne doit pas être supérieur à 0,7 fois la valeur absolue de l'erreur maximale tolérée (tableau 3.5.).

L'écart absolu entre les valeurs relevées à 20 minutes et à 30 minutes doit être inférieur à 0,15 fois la valeur de l'erreur maximale tolérée (tableau 3.5.).

REMARQUE :

Pour une charge d'essai E_{max} avec retour à E_{min}, l'erreur maximale tolérée est calculée avec $e_v = e_1$.

Pour une charge d'essai D_{max} avec retour à D_{min}, l'erreur maximale tolérée est calculée avec $e_v = e_{min}$.

5.4. Essai de relaxation

5.4.1. Objet de l'essai

L'essai a pour objet de déterminer l'écart des indications à D_{min} ou à E_{min} avant et immédiatement après l'application d'une charge pendant 30 minutes. Cet essai est effectué entre E_{min} et E_{max} ou D_{min} et D_{max} avec une valeur de D_{max} comprise entre 0,9 E_{max} et E_{max}.

Cet essai peut être effectué en même temps que l'essai de fluage.

5.4.2. Conduite de l'essai (exemple d'essai entre D_{min} et D_{max})

5.4.2.1. Vérifier le conditionneur.

5.4.2.2. Appliquer au capteur la charge D_{min} pendant un temps suffisant pour assurer sa stabilisation.

5.4.2.3. Règler le conditionneur sur ses références et l'indicateur à zéro (ou à une valeur choisie qui est relevée).

5.4.2.4. Appliquer la charge D_{max} et la maintenir pendant 30 minutes.

5.4.2.5. Ramener à la charge D_{min} sans palier, le plus rapidement possible, aussi vite que le permettent les conditions d'essais.

5.4.2.6. Relever l'indication après le retour à une indication stable de D_{min} (annexe 2).

5.4.2.7. Relever les valeurs du conditionneur sur ses références.

5.4.3. Température d'essais

L'essai est effectué aux températures de + 20 °C, T_{min} et T_{max}.

5.4.4. Résultats

L'écart entre les valeurs relevées à D_{min} ou à E_{min} avant et après l'application de la charge d'essai ne doit pas être supérieur à 0,5 e_v.

REMARQUE :

Pour une charge d'essai E_{max} avec retour à E_{min}, $e_v = e_1$.

Pour une charge d'essai D_{max} avec retour à D_{min}, $e_v = e_{min}$.

5.5. Etalonnage et essai de dérive en température

5.5.1. Objet de l'essai

L'essai a pour objet de déterminer, sur le domaine d'utilisation choisi, l'erreur globale du capteur résultant de sa non-linéarité, de son hystérésis et de l'influence de la température sur ces deux caractéristiques ainsi que la sensibilité du capteur et la dérive en température sur le domaine d'utilisation choisi de D_{min} à D_{max} avec un échelon $e_v = e_{min}$. Lors de cet essai la valeur de D_{max} est égale à E_{max}.

Un essai est aussi effectué sur le domaine E_{min} à E_{max} aux températures de + 20 °C, T_{max} et T_{min} ; il suffit dans la procédure ci-dessous et dans la présentation des résultats de remplacer D_{min} par E_{min} et D_{max} par E_{max} avec :

$$e_v = e_1 = \frac{E_{max} - E_{min}}{n_{max}}$$

5.5.2. Méthode d'essai

5.5.2.1. L'essai consiste à appliquer au capteur des charges croissantes puis décroissantes entre D_{min} et D_{max}, à différents paliers de température successifs et stables.

5.5.2.2. Les paliers de charge sont environ de 10 (exceptionnellement 5) y compris D_{min} et D_{max}, également répartis entre D_{min} et D_{max} et comprenant les charges voisines de celles pour lesquelles il y a changement de l'erreur maximale tolérée.

5.5.2.3. Pour chaque palier de température, 3 cycles de chargement sont effectués pour les capteurs des classes III et IIII (C et D), 5 cycles pour les capteurs des classes I et II (A et B). A partir des séries de résultats relevés, les valeurs moyennes sont calculées.

5.5.2.4. Les essais sont effectués à quatre paliers de température, en général, dans l'ordre suivant : + 20 °C, T_{max} (en général : + 40 °C), T_{min} (en général : - 10 °C), + 20 °C.

5.5.2.5. Si la charge D_{min} est différente de 0, il faut, préalablement à l'essai, l'appliquer au capteur pendant un temps suffisamment long pour supprimer le fluage à cette charge. Ce préchargement est à renouveler en cours d'essai si la charge appliquée au capteur est devenue inférieure à D_{min}.

5.5.2.6. Lors du passage d'un palier de température stable à un autre, le capteur reste chargé à E_{min} et la dérive des indications du conditionneur est relevée.

5.5.2.7. Les lectures sur l'indicateur sont effectuées, à chaque palier de charge, après stabilisation de l'indication conformément aux temps recommandés à l'annexe 2.

5.5.3. Conduite de l'essai

5.5.3.1. Premier palier à + 20 °C

5.5.3.1.1. Vérifier le conditionneur.

5.5.3.1.2. Appliquer au capteur la charge D_{min} (cf. 5.5.2.5.).

5.5.3.1.3. Régler le conditionneur sur ses références et l'indicateur à zéro (ou à une valeur choisie qui est relevée).

5.5.3.1.4. Appliquer successivement les différents paliers de charge en croissant jusqu'à D_{max}, puis en décroissant jusqu'au retour à D_{min}. Relever les valeurs d'indication à chaque palier de charge (y compris à D_{min}) comme prévu au 5.5.2.7.

5.5.3.1.5. Relever les valeurs du conditionneur sur ses références.

5.5.3.1.6. Reprendre la procédure décrite aux points 5.5.3.1.3. à 5.5.3.1.5. inclus, deux fois pour les capteurs de classes III et IIII (C et D), quatre fois pour les capteurs de classes I et II (A et B).

5.5.3.2. Passage de + 20 °C à T_{max}

5.5.3.2.1. Le capteur étant à + 20 °C et chargé à E_{min}, régler le conditionneur sur ses références et l'indicateur à zéro (ou à une valeur voisine : noter la valeur). Ne pas modifier ces réglages jusqu'à ce que le palier de température suivant soit obtenu de façon stable.

5.5.3.2.2. Modifier la température pour passer au palier T_{max} (cf. 4.3.).

5.5.3.2.3. Lorsque le palier de température est obtenu de façon stable (cf. 4.3.), relever les valeurs de l'indicateur correspondant à E_{min} et aux références initiales du conditionneur.

5.5.3.3. Palier à T_{max}

Reprendre la procédure décrite aux points 5.5.3.1.3. à 5.5.3.1.6. inclus.

5.5.3.4. Passage de T_{max} à T_{min}

Reprendre la procédure décrite aux points 5.5.3.2.1. à 5.5.3.2.3. inclus, avec les températures appropriées.

5.5.3.5. Palier à T_{min}

Reprendre la procédure décrite aux points 5.5.3.1.3 à 5.5.3.1.6. inclus.

5.5.3.6. Passage de T_{min} à + 20 °C

Reprendre la procédure décrite aux points 5.5.3.2.1. à 5.5.3.2.3. inclus, avec les températures appropriées.

5.5.3.7. Second palier à + 20 °C

Reprendre la procédure décrite aux points 5.5.3.1.3. à 5.5.3.1.6. inclus. Vérifier le conditionneur.

5.5.3.8. Si une interruption des essais est nécessaire, ceux-ci reprennent, à la température appropriée, par les séquences suivantes :

- 5.5.3.1.1.
- 5.5.3.1.2.
- 5.5.3.1.3. ou 5.5.3.2.1. suivant le cas.

5.5.3.9. Relever les heures de début et de fin de l'essai, ceci pour les charges croissantes et décroissantes.

5.5.4. Résultats de l'essai

5.5.4.1. Les écarts par rapport à la droite de référence définie au point 5.5.4.2. représentent les erreurs combinées de linéarité et d'hystérésis du capteur.

5.5.4.2. La droite de référence des erreurs de linéarité et d'hystérésis combinées est définie comme étant celle passant par :
- la valeur de réglage de l'indicateur pour D_{min},
- l'indication moyenne obtenue par chargement croissant à la valeur de charge la plus voisine de $D_{min} + 0,75 (D_{max} - D_{min})$ au palier de température à + 20 °C.

5.5.4.3. Les erreurs définies en 5.5.4.1. sont représentées graphiquement (les charges en abscisses, les erreurs en ordonnées).

5.5.4.4. La ligne brisée joignant, pour chaque palier de température les points représentatifs des erreurs, successivement par charges croissantes, puis décroissantes, doit rester à l'intérieur des limites des erreurs maximales tolérées définies au point 5.5.4.5.

5.5.4.5. Les erreurs maximales tolérées sont définies au tableau 3.5. Elles sont reportées sur la fiche de résultats.

5.5.4.6. Lors du passage d'un palier de température à un autre, les variations des indications à E_{min}, ne doivent pas être supérieures à :
- 0,7 e_{min} par 2 °C en classe I ou A,
- 0,7 e_{min} par 5 °C pour les autres classes de précision.

Elles sont reportées sur la fiche de résultats.

5.6. Essai d'excentration

5.6.1. Objet

Déterminer, dans les conditions de référence les erreurs d'un capteur à moment constant (point d'appui central) lors de la modification du point d'application de la charge.

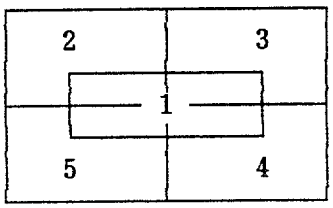
5.6.2. Conduite de l'essai

L'essai est effectué avec un plateau de surface et de positionnement définis par le fabricant ou son mandataire. Cette surface correspond à la surface maximale du récepteur de charge pouvant être utilisé avec un capteur du même type que celui soumis à l'essai, en appui central direct.

L'essai est effectué ainsi :

5.6.2.1. On tare l'instrument à D_{min} et on ajoute une charge d'essai égale à 1/3 $(D_{max} - D_{min})$.

5.6.2.2. On tare l'instrument à E_{min} ou à la valeur de la masse du plateau d'essai et on ajoute une charge d'essai égale à 1/3 (E_{max} - E_{min}).



La charge d'essai est répartie sur les surfaces définies par le schéma ci-dessus.

5.6.3. Température

L'essai est effectué à la température ambiante.

5.6.4. Résultats

Les erreurs correspondant aux diverses positions de la charge d'essai doivent rester inférieures à l'erreur maximale tolérée définie au tableau 3.5. avec $e_v = e_{min}$ pour le point 5.6.2.1. et $e_v = e_1$ pour le point 5.6.2.2. La référence est calculée à partir des indications à 0,75 (D_{max} - D_{min}) ou 0,75 (E_{max} - E_{min}).

5.7. Essai de variation de la pression barométrique

5.7.1. Objet

L'essai a pour but de déterminer, l'influence d'une variation de la pression barométrique de plus 1 kPa ou de moins 1 kPa par rapport à la pression atmosphérique, dans l'étendue 95 kPa à 105 kPa.

5.7.2. Méthode d'essais

5.7.2.1 - A la température ambiante, placer le capteur non chargé dans la chambre pressurisée à la pression atmosphérique, pendant un temps suffisant pour assurer sa stabilitation.

5.7.2.2 - Régler le conditionneur sur ses références et l'indicateur à zéro (ou une valeur choisie qui est relevée).

5.7.2.3 - Faire varier la pression barométrique de manière à la porter à une valeur inférieure ou supérieure d'environ 1 kPa à la pression atmosphérique. Relever les indications du conditionneur.

5.7.3. Résultats

Le signal de sortie du capteur ne doit pas varier de plus d'un échelon e_{min} pour une variation de la pression barométrique de 1 kPa, dans l'étendue 95 kPa à 105 kPa.

5.8. Essai d'humidité

5.8.1. Objet

L'essai consiste en une exposition à 12 cycles de température de 24 heures chacun. L'humidité relative doit être comprise entre 80 et 96 %, et la température varier entre + 25 °C et + 40 °C selon le cycle spécifié.

5.8.2. Méthode d'essai

5.8.2.1. Appliquer l'essai préliminaire prévu au point 5.1. entre E_{min} et E_{max}.

5.8.2.2. Vérifier le conditionneur.

5.8.2.3. Appliquer au capteur la charge E_{min} pendant un temps suffisant pour assurer la stabilité du capteur.

5.8.2.4. Régler le conditionneur sur ses références et l'indicateur à zéro (ou à une valeur choisie qui est relevée).

5.8.2.5. Appliquer une charge d'essai comprise entre 0,9 E_{max} et E_{max} en tenant compte de 4.4. et relever l'indication. (Le temps de charge et de stabilisation doit être toujours le même).

5.8.2.6. Ramener la charge à E_{min}, la maintenir un temps suffisant pour assurer la stabilisation et relever l'indication de l'instrument.

5.8.2.7. Répéter 2 fois les opérations des points 5.8.2.5. et 5.8.2.6. (4 fois pour les capteurs des classes I et II ou A et B).

5.8.3. Conduite de l'essai

5.8.3.1. Appliquer les points 5.8.2.1. à 5.8.2.7.

5.8.3.2. Le capteur est placé dans la chambre, la connexion de sortie étant en dehors de la chambre, alimentation coupée.

5.8.3.3. Effectuer un essai cyclique de chaleur humide conformément à la publication CEI 68-2-30, Deuxième édition, 1980, Essais fondamentaux climatique et de robustesse mécanique, Deuxième partie : Essais Db, Essai cyclique de chaleur humide (cycle de 12 + 12 heures). Les informations de base concernant les

essais cycliques en chaleur humide sont données dans la publication CEI 68-2-28, Deuxième édition, 1980, Essais fondamentaux climatiques et de robustesse mécanique, Deuxième partie, Guide pour les essais de chaleur humide. Suivre la variante 2 de CEI 68-2-30, Deuxième partie, Essai Db, lors de l'abaissement de la température.

5.8.3.4. Oter le capteur de la chambre, éliminer soigneusement l'humidité de la surface, et maintenir le capteur en conditions atmosphériques normalisées pendant une durée suffisante pour obtenir la stabilité de température (normalement 1 à 2 heures).

5.8.3.5. Répéter les points 5.8.2.1. à 5.8.2.7. en s'assurant que les charges d'essai appliquées (E_{min} et la valeur comprise entre 0,9 E_{max} et E_{max}) sont les mêmes que celles utilisées auparavant.

5.8.4. Résultats de l'essai

La différence entre la lecture initiale du signal de sortie à E_{min} et la lecture pour la même charge après avoir effectué les essais d'humidité selon le point 5.8.3. ne doit pas dépasser 4 % de la différence entre le signal de sortie à E_{max} et le signal de sortie à E_{min}.

La différence entre la moyenne de trois valeurs du signal de sortie à la charge maximale, pour les capteurs des classes de précision III et IIII ou C et D, et de cinq valeurs du signal de sortie pour les capteurs des classes I et II ou A et B (corrigées pour tenir compte du signal de sortie à la charge minimale), obtenue avant d'effectuer l'essai d'humidité selon le point 5.8.3., et la moyenne des trois valeurs du signal de sortie pour les capteurs des classes de précision III et IIII ou C et D, et des cinq valeurs du signal de sortie pour les capteurs des classes de précision I et II ou A et B, pour la même charge maximale (corrigées pour tenir compte du signal de sortie à la charge minimale) après avoir effectué l'essai d'humidité, ne doit pas dépasser la valeur de l'échelon de vérification e_i.

5.9. Equivalence

Lorsqu'un capteur à jauges de contrainte fabriqué et commercialisé dans un Etat membre de la Communauté économique européenne fait l'objet d'une demande d'autorisation de mise sur fiche, les essais effectués dans cet Etat membre sont acceptés s'ils présentent des garanties équivalentes aux essais réalisés en France, notamment ceux de la R60 de l'OIML, et lorsqu'ils ont été effectués dans un laboratoire répondant aux critères fixés par la série des normes EN 45000.

TITRE III

ESSAIS A EFFECTUER SUR LES CAPTEURS LORS DES CONTROLES PAR LES AGENTS DES DRIRE

6. CONDITIONS GENERALES D'EXECUTION DES ESSAIS

Les conditions générales d'exécution des essais sont identiques à celles définies au titre II.

Le domaine d'utilisation choisi sera, sauf proposition justifiée contraire, le domaine compris entre D_{min} et D_{max} avec $D_{max} = E_{max}$.

Les caractéristiques du capteur à contrôler figurent dans la partie inférieure de la fiche présentée en annexe 1, c'est-à-dire :

- échelon minimal : e
- nombre maximal d'échelons : n

$D_{max} - D_{min} = n \cdot e$

7. LES ESSAIS

7.1. Premier groupe d'essais :

Evaluation des performances du capteur à + 20 °C et à T_{max}.

7.1.1. Essai préliminaire

7.1.2. Fidélité

L'essai est limité à 5 chargements successifs à E_{max}
L'échelon de vérification $e_v = e$

7.1.3. Etalonnage à + 20 °C

L'échelon de vérification $e_v = e$

7.1.4. Relaxation à + 20 °C

L'essai est effectué en même temps que le fluage à 20 °C.
L'échelon de vérification $e_v = e$.

7.1.5. Fluage à + 20 °C

L'échelon de vérification $e_v = e$

7.1.6. Dérive de l'indication de + 20 °C à T_{max}

Pour une charge égale à E_{min}
L'échelon de vérification est $e_v = e$

7.1.7. Etalonnage à T_{max}

L'échelon de vérification est $e_v = e$

7.1.8. Relaxation à T_{max}

L'essai est effectué en même temps que le fluage à T_{max}.
L'échelon de vérification est $e_v = e$.

7.1.9. Fluage à T_{max}

Même procédure qu'au point 7.1.5. ci-dessus.

7.2. Deuxième groupe d'essais

Dans ce groupe d'essais, les essais sont identiques à ceux du premier groupe en remplaçant T_{max} par T_{min}.

TITRE IV

DISPOSITIONS COMPLEMENTAIRES

La présente circulaire s'applique à compter de sa date de signature.

A cette date sont abrogées :

- la circulaire n° 78.1.01.620.0.0 du 21 septembre 1978,
- l'instruction n° 88.1.01.650.0.0 du 27 juin 1988,
- l'instruction n° 92.00.640.001.1 du 21 décembre 1992.

Fait à Paris, le : 05 OCT. 1993

Pour le ministre de l'industrie, des postes et télécommunications et du commerce extérieur,
le directeur de l'action régionale
et de la petite et moyenne industrie,

M. GERENTE

ANNEXE 1

PRESENTATION DES FICHES

-----=-----

Chaque capteur à jauges de contrainte destiné au pesage doit porter un numéro marqué de manière indélébile et être accompagné jusqu'à la dernière phase de la vérification primitive d'une fiche format A6 minimum sur laquelle sont inscrites les caractéristiques suivantes et réalisée d'après le modèle ci-après :

NOM DU FABRICANT :	NUMERO DE LA FICHE :
NOM DU REPRESENTANT :	NUMERO DE SERIE DE CAPTEUR :
MARQUE DU FABRICANT OU DE SON REPRESENTANT :	DATE DE L'ETABLISSEMENT DE LA FICHE :
REFERENCES DE L'AUTORISATION DE MISE SUR FICHE DELIVREE PAR LE MINISTERE DE L'INDUSTRIE :	

Caractéristiques métrologiques de l'autorisation de mise sur fiche

-----=-----

Type	Classe de précision
E_{min} =	e_{min} =
E_{max} =	n_{max} =

Caractéristiques métrologiques du capteur portant le numéro ci-dessus

-----=-----

Type		
E_{min} =	e =	$\geq e_{min}$
E_{max} =	n =	$\leq n_{max}$
U_{nom} =	Z_A =	
U_{max} =	Z_S =	
S =	NH	

Domaine de température (si différent de - 10 °C/+ 40 °C) :

D'autres caractéristiques telles le domaine de non-détérioration ou de non--destruction peuvent être indiquées par le fabricant :

Référence aux conditions de montage.

Dimensions maximales des références de charge pour les capteurs à point d'appui central. (Si elles ne sont pas dans la notice de montage).

Longueur et nature des câbles de liaison, nombre de fils (sauf si ces informations sont déjà portées dans la notice du capteur).

ANNEXE 2

TEMPS DE CHARGE ET DECHARGE CONSEILLES

La première lecture doit être faite après le laps de temps, par rapport au début de l'application ou de la suppression de la charge (selon le cas), spécifié dans le tableau ci-après :

CHARGE		TEMPS
Supérieure à	Inférieure ou égale à	
0 kg	10 kg	10 secondes
10 kg	100 kg	15 secondes
100 kg	1 000 kg	20 secondes
1 000 kg	10 000 kg	30 secondes
10 000 kg	100 000 kg	50 secondes
100 000 kg	--	60 secondes

La durée nécessaire à l'application ou à la suppression (selon le cas) de la charge doit être environ la moitié du temps spécifié. Le reste du temps doit être consacré à la stabilisation. L'essai doit être effectué dans des conditions constantes.

ANNEXE 3

PROPOSITION DE DEROULEMENT DES ESSAIS

JOURS *TEMPERATURE*	DUREES MINIMALES	ESSAIS
1er *ambiante*		Montage du capteur sur l'étalonneur Essais de vérification du bon fonctionnement du système Mise à + 20 °C du conditionneur Stabilisation de la charge à D_{min}
2ème *+ 20 °C*		Essai préliminaire entre D_{min} et D_{max} Essai de fidélité à D_{max} ($D_{max} = E_{max}$), avec $e_v = e_{min}$
	30 min	PAUSE à D_{min}
		Etalonnage entre D_{min} et D_{max}, avec $e_v = e_{min}$
	1 h	PAUSE à D_{min}
		Essai de fluage 30 min et de relaxation entre D_{min} et D_{max}, avec : $e_v = e_{min}$ $0,9\ E_{max} \leq D_{max} \leq E_{max}$
	2 h	Stabilisation de la charge à E_{min}
		Essai préliminaire entre E_{min} et E_{max} Etalonnage entre E_{min} et E_{max}, avec $e_v = e_1$
	1 h	PAUSE à E_{min}
		Essai de fluage 30 min et de relaxation entre E_{min} et E_{max}, avec : $e_v = e_1$ E_{max}
	2 h	Stabilisation de la charge à E_{min} Relevé du zéro à E_{min} et passage à + 40 °C
3ème *+ 40 °C*		Relevé de la dérive du zéro à E_{min}
	2 h	Stabilisation de la charge à D_{min}
		Essai préliminaire entre D_{min} et D_{max} Etalonnage entre D_{min} et D_{max}, avec $e_v = e_{min}$
	1 h	PAUSE à D_{min}
		Essai de fluage 30 min et de relaxation entre D_{min} et D_{max}, avec : $e_v = e_{min}$ $0,9\ E_{max} \leq D_{max} \leq E_{max}$
	2 h	Stabilisation de la charge à E_{min}
		Essai préliminaire entre E_{min} et E_{max} Etalonnage entre E_{min} et E_{max}, avec $e_v = e_1$
	1 h	PAUSE à E_{min}
		Essai de fluage 30 min et de relaxation entre E_{min} et E_{max}, avec : $e_v = e_1$ E_{max}
	2 h	Stabilisation de la charge à E_{min} Relevé du zéro à E_{min} et passage à - 10 °C
4ème *- 10 °C*		Même déroulement que pour le 3ème jour mais à la température de - 10 °C Relevé du zéro à E_{min} et passage à + 20 °C

JOURS *TEMPERATURE*	DUREES MINIMALES	ESSAIS
5ème *+ 20 °C*		Relevé de la dérive du zéro à E_{min}
	2 h	Stabilisation de la charge à D_{min}
		Essai préliminaire entre D_{min} et D_{max}
		Etalonnage entre D_{min} et D_{max}, avec $e_v = e_{min}$
	1 h	PAUSE à D_{min}
		Essai de fluage 30 min et de relaxation entre D_{min} et D_{max}, avec : $e_v = e_{min}$
		$0,9\ E_{max} \leq D_{max} \leq E_{max}$
	2 h	Stabilisation de la charge à E_{min}
		Essai préliminaire entre E_{min} et E_{max}
		Etalonnage entre E_{min} et E_{max}, avec $e_v = e_1$
	1 h	PAUSE à E_{min}
		Essai de fluage 30 min et de relaxation entre E_{min} et E_{max}, avec : $e_v = e_1$
		E_{max}
	2 h	Stabilisation de la charge à E_{min}
CAPTEURS A MOMENT CONSTANT		
6ème *ambiante*		Essai préliminaire entre E_{min} et E_{max}
	2 h	Stabilisation de la charge à E_{min}
		Essai d'excentration :
		charge d'essai = 1/3 (E_{max} - E_{min}),
		avec $e_v = e_1$
	2 h	Stabilisation de la charge à E_{min}
		Essai préliminaire entre D_{min} et D_{max}
	2 h	Stabilisation de la charge à D_{min}
		Essai d'excentration :
		charge d'essai = 1/3 (D_{max} - D_{min}),
		avec $e_v = e_{min}$
6ème *ambiante*		Essai préliminaire entre E_{min} et E_{max}
	2 h	Stabilisation de la charge à E_{min}
		Relevé de la valeur du signal de sortie du capteur
		Variation de 1 kPa de la pression barométrique
		Relevé de la valeur du signal de sortie du capteur
CAPTEURS DES CLASSES III ET IIII (C ET D)		
7ème *ambiante*		Essai préliminaire entre E_{min} et E_{max}
	2 h	Stabilisation de la charge à E_{min}
		Réalisation (<u>3 fois</u>) des opérations suivantes :
		- Application d'une charge d'essai comprise entre 0,9 E_{max} et E_{max} : relevé de l'indication
	2 h	- Stabilisation de la charge à E_{min}
8ème au 20ème *+25/+40 °C*		Essai cyclique de chaleur humide : 12 cycles de 24 h
21ème *ambiante*		Essai préliminaire entre E_{min} et E_{max}
	2 h	Stabilisation de la charge à E_{min}
		Réalisation (<u>3 fois</u>) des opérations suivantes :
		- Application d'une charge d'essai comprise entre 0,9 E_{max} et E_{max} : relevé de l'indication
	2 h	- Stabilisation de la charge à E_{min}

JOURS *TEMPERATURE*	DUREES MINIMALES	ESSAIS
CAPTEURS DES CLASSES I ET II (A ET B)		
7ème *ambiante*	2 h 2 h	Essai préliminaire entre E_{min} et E_{max} Stabilisation de la charge à E_{min} Réalisation (5 fois) des opérations suivantes : - Application d'une charge d'essai comprise entre 0,9 E_{max} et E_{max} : relevé de l'indication - Stabilisation de la charge à E_{min}
8ème au 20ème *+25/+40 °C*		Essai cyclique de chaleur humide : 12 cycles de 24 h
21ème *ambiante*	2 h 2 h	Essai préliminaire entre E_{min} et E_{max} Stabilisation de la charge à E_{min} Réalisation (5 fois) des opérations suivantes : - Application d'une charge d'essai comprise entre 0,9 E_{max} et E_{max} : relevé de l'indication - Stabilisation de la charge à E_{min}