



Commission Internationale Permanente
pour l'Épreuve des
Armes à Feu portatives

La Commission Internationale Permanente pour l'Épreuve des Armes à Feu, se référant à la Convention pour la reconnaissance réciproque des poinçons d'épreuves des armes à feu portatives et au Règlement faits à Bruxelles le 1^{er} juillet 1969, a l'honneur de porter à la connaissance des Parties contractantes les Décisions suivantes :

XXXVII – 10 Méthode de mesure

Décisions prises en application du paragraphe 1 de l'article 5 du Règlement.

« La Décision XXXIII-32 et toutes les autres Décisions antérieures concernant la mesure de la pression à l'aide de capteurs électromécaniques sont annulées. »

Tables des Matières

1	<i>Définitions</i>	6
2	<i>Capteur de pression et accessoires</i>	7
2.1	Capteur de pression.....	7
2.2	Protection de la surface de transmission de la pression	7
2.3	Amplificateur de charge.....	8
2.4	Filtre électrique	8
2.5	Indicateur approprié.....	8
3	<i>Canons manométriques</i>	9
3.1	Cartouches à percussion centrale pour armes à feu à canon lisse (Tableau VII)	10
3.2	Cartouches à percussion centrale pour armes à feu à canon rayé (Tableaux I, II, III, IV) .	12
3.3	Cartouches à grenailles (Tableau IX)	13
3.4	Cartouches à usage industriel (Tableau VI).....	14
3.4.1	Généralités.....	14
3.4.2	Canon d'essai à masselotte - Assemblage	15
3.5	Cartouches pour armes d'alarme (Tableau VIII).....	21
3.5.1	Cartouches pour revolvers d'alarme.....	21
3.5.2	Cartouches pour pistolets d'alarme.....	22
3.6	Cartouches à percussion annulaire (Tableau V)	23
4	<i>Bloc manomètre et mécanisme de mise à feu</i>	24
4.1	Bloc manomètre	24
4.2	Mécanisme de mise à feu	24
5	<i>Préparation du capteur de pression et des cartouches</i>	25
5.1	Préparation du capteur de pression	25

5.2	Bouchon mécanique comme capteur fictif	25
5.3	Préparation des cartouches	25
6	Tirs	27
6.1	Tirs de flambage et tirs préparatoires	27
6.2	Vérification de l'étanchéité.....	27
6.3	Mesure de la pression du gaz.....	28
6.3.1	Mesure de la pression.....	28
6.3.2	Mesure de la vitesse	28
6.4	Calcul de l'énergie cinétique	29
6.4.1	Procédure de mesure	29
6.4.2	Cartouches avec projectile.....	29
6.4.3	Cartouches sans projectile.....	30
7	Évaluation des résultats	32
7.1	Règles statistiques	32
7.1.1	Pour les cartouches à percussion centrale, armes à feu à canon(s) lisse(s) (Tableau VII)	32
7.1.2	Pour les cartouches à percussion centrale, armes à feu à canon(s) rayé(s) (Tableaux I, II, III et IV) 33	
7.1.3	Pour les cartouches à percussion annulaire (Tableau V)	34
7.1.4	Pour les cartouches d'alarme et les cartouches à grenaille (Tableaux VIII et IX).....	35
7.1.5	Pour les cartouches pour lesquelles la mesure de l'énergie cinétique est requise au lieu de la mesure de la pression du gaz.....	36
7.2	Coefficients de tolérance	37
8	Rapport de mesures	38

MÉTHODES DE MESURE

MESURE DE LA PRESSION À L'AIDE DE CAPTEURS ÉLECTROMÉCANIQUES

MESURE DE LA VITESSE ET DE L'ÉNERGIE CINÉTIQUE

1. Définitions

1.1. L'unité physique utilisée pour exprimer la valeur de la pression des gaz est le Pascal [Pa] ou le bar (1 MPa = 10 bar).

1.2. L'unité physique utilisée pour exprimer la valeur de la vitesse d'un projectile est le mètre par seconde (m/s).

1.3. L'unité physique utilisée pour exprimer la valeur de l'énergie cinétique d'un projectile est le Joule (J).

1.4. Unification des symboles :

- P_i = pression individuelle de la cartouche = pression maximale à l'emplacement de la mesure.
- P_T = moyenne des pressions de gaz P_i pour un échantillon de cartouches ($i = 1, 2, \dots, n$)
- P_{Tmax} = pression moyenne maximale conformément aux spécifications de la C.I.P.
- P_K = pression individuelle statistique maximale
- P_E = pression minimale moyenne d'épreuve
- M = distance (mm) du point de mesure de la pression (centre de l'orifice). La façon de mesurer M est définie dans les § 3.1 à 3.6. Les valeurs de M figurent dans les TDCC pour chaque Type de cartouche.

1.5. Méthode de base pour la mesure de la pression des gaz

La méthode de base pour mesurer la pression des gaz est définie comme suit :

- Utilisation d'un capteur piézoélectrique mis en retrait avec étanchéité frontale (voir Figure 1).
- A l'emplacement du chargement de poudre, les étuis sont percés ou fraisés (cartouches à percussion annulaire), à l'exception des calibres du Tableau VI des TDCC.

Pour les cartouches à usage industriel, conformément au Tableau VI des TDCC, la pression des gaz est mesurée à la bouche de l'étui, sans perçage ni fraisage de l'étui.

Les valeurs de PTmax indiquées dans les TDCC s'appliquent à la méthode de base.

D'autres méthodes (par exemple, capteur tangentiel ou conformal sans perçage de la douille) sont autorisées, pour autant que la corrélation avec la méthode de base soit connue et maîtrisée. Les Bancs d'Épreuves C.I.P. sont responsables de la vérification de la corrélation et de l'acceptation de la méthode. En cas de conflit, la méthode de base prévaut.

2. Capteur de pression et accessoires

2.1 Capteur de pression

Tous les types de capteurs de pression piézoélectriques mis en retrait avec étanchéité frontale sont autorisés s'ils remplissent les conditions suivantes :

- Sensibilité minimale : 1,0 pC/bar
- Domaine de mesure : 0...1.2x la plage de la pression attendue
- Domaine d'étalonnage : 100 bar...1.2x la plage de la pression des gaz maximale attendue
- Fréquence propre : ≥ 100 kHz
- Déviation de la linéarité dans le domaine de la mesure : 1% de la valeur finale.

La valeur de sensibilité doit être choisie de manière à ce que la plage de pression maximale attendue puisse être mesurée avec une précision suffisante.

2.2 Protection de la surface de transmission de la pression

Pour éviter ou réduire la transmission de chaleur à la membrane et à la surface de transmission de la pression du capteur, il convient d'utiliser une protection thermique conforme aux instructions du fabricant du capteur et une protection mécanique conforme aux instructions du fabricant est obligatoire.

Le canal de mesure reste exempt de graisse.

2.3 Amplificateur de charge

Les conditions suivantes doivent être remplies :

- Fréquence de coupure (-3 dB) : ≥ 80 kHz.
- Écart de linéarité : $\leq 0,1$ % de la valeur finale.
- Dérive : $\leq 0,05$ pC/s à $25 \pm 1^\circ\text{C}$ et < 60 % HR

2.4 Filtre électrique

Filtre passe-bas de second ordre (-12 dB/octave), Bessel ou Butterworth, avec une fréquence de coupure (-3 dB) de 20 kHz ou 22 kHz qui peut être intégré dans l'amplificateur de charge, dans l'indicateur approprié ou dans le logiciel.

2.5 Indicateur approprié

Enregistreur numérique de transitoires avec indication numérique de la pression individuelle maximale (P_i) et représentation graphique de la courbe de pression :

- Fréquence de coupure (-3 dB) : ≥ 100 kHz
- Fréquence d'échantillonnage : ≥ 200 kHz
- Résolution : ≥ 12 bits
- Durée d'enregistrement : > 4 ms

3. Canons manométriques

Les dimensions des canons manométriques et l'emplacement de la mesure de pression doivent respecter les instructions de la C.I.P. en vigueur.

Le contrôle dimensionnel des canons manométriques doit être effectué par une méthode de mesure métrologiquement traçable afin de garantir la conformité.

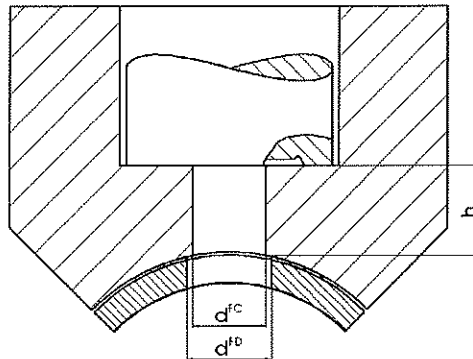
Il est conseillé d'enregistrer le nombre total de tirs de chaque canon car ce facteur est lié à l'usure du canon.

L'alésage du capteur de pression doit être placé à l'endroit de la mesure déterminé par la C.I.P. pour le calibre donné. Les dimensions de cet alésage et leurs tolérances sont celles spécifiées par le fabricant du capteur de pression.

Afin d'obtenir une précision et une reproductibilité maximales des résultats de mesure, le plus grand soin doit être apporté à la réalisation de cet alésage.

Le schéma de base pour l'installation du capteur de pression est présenté dans la Figure 1. Les dimensions et les tolérances du canal de mesure pour les différents types de cartouches sont définies dans les sections correspondantes.

Fig. 1



d^{FC} = diamètre du canal de mesure du canon manométrique

h = longueur du canal de mesure du canon manométrique

d^{FD} = diamètre de l'alésage ou du fraisage de la douille

3.1 Cartouches à percussion centrale pour armes à feu à canon lisse (Tableau VII)

- $d^{FC} = (2,5 + 0,1)$ mm
- $h = (2,5 + 0,25)$ mm
- d^{FD} (forage) = $(3,0 + 0,1)$ mm

Les dimensions intérieures du canon et de la chambre doivent être conformes aux dimensions minimales établies par la C.I.P.

Les tolérances suivantes sont autorisées :

- Diamètre de l'âme du canon B : + 0,10 mm
- Diamètre du drageoir G : + 0,05 mm
- Diamètres de la chambre D et H : + 0,05 mm
- Profondeur du drageoir T : + 0,05 mm
- Longueur de la chambre L : + 2,00 mm
- Angle du cône de raccordement $\alpha_1 = 10^\circ 30' : -30'$

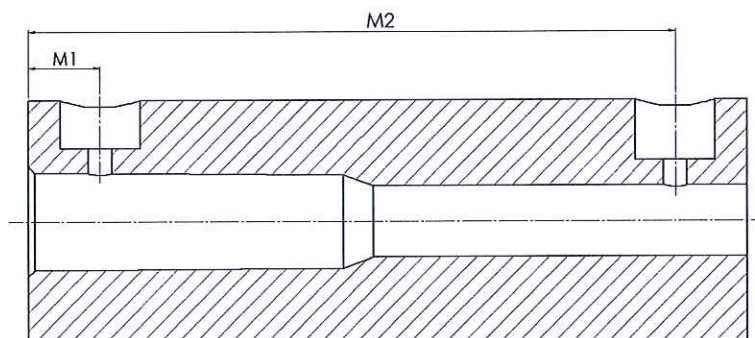
La feuillure ne doit pas dépasser 0,10 mm

Longueur du canon manométrique : $L_c = (700 \pm 10)$ mm (canon cylindrique sans choke).

Distance entre les axes de l'alésage de mesure et la tranche de culasse (voir Figure 2) :

- $25 \text{ mm} \leq M1 \leq 30 \text{ mm}$ pour les calibres 24 et plus
- $M1 = 17 \text{ mm} + 1 \text{ mm}$ pour les calibres inférieurs à 24
- $M1 = 12,5 \text{ mm} - 0,5 \text{ mm}$ pour les calibres 32-50,7 ; 410-50,7 ; 8 mm et 9 mm

Fig. 2



Mesure indirecte de la pression à la distance M2 de la tranche de culasse :

Lorsque qu'elle est requise, la mesure de la pression à la distance M2 de la tranche de culasse se fait indirectement.

Pour ce faire, on enregistre le moment du passage de l'arrière de la bourre à travers la section située à la distance M2 de la tranche de la culasse et on mesure la pression existant à ce moment à la distance M1 de la tranche de la culasse.

L'enregistrement du passage de l'arrière de la bourre peut se faire soit avec un transducteur mécano-électrique soit avec tout autre capteur approprié comme, par exemple, une photodiode placée derrière une fenêtre en quartz.

$$M2 = 162 \text{ mm} \pm 0,5 \text{ mm}$$

3.2 Cartouches à percussion centrale pour armes à feu à canon rayé (Tableaux I, II, III, IV)

- $d^{FC} = (2,5 + 0,1)$ mm
- $h = (2,5 + 0,25)$ mm
- d^{FD} (forage) = $(2,0 + 0,1)$ mm

Les emplacements de mesure M stipulés dans les TDCC sont déterminés sur la base suivante :

M est situé :

- à 25 mm de la culasse lorsque la longueur de la douille est supérieure à 40 mm,
- à 17,5 mm de la culasse lorsque la longueur de la douille est comprise entre 30 et 40 mm, les valeurs limites étant incluses.

Lorsque la longueur de la douille est inférieure à 30 mm, la mesure de la pression est effectuée entre 7,5 mm et les 3/4 de la longueur de la douille. Dans ce cas, l'emplacement de mesure M sera déterminé individuellement pour chaque calibre (voir TDCC).

Les tolérances suivantes sont autorisées :

- Diamètre sur champ de rayures F : $+0,02$ mm
- Diamètre au fond des rayures Z : $+0,03$ mm
- Diamètres P1 et G1 : $+0,03$ mm
- Diamètres P2 et H2 : $+0,02$ mm
- Longueur de la chambre L3 : $+0,1$ mm
- Inclinaison i : $-5/60 i$ (pour $i \geq 12'$), $-1'$ (pour $i < 12'$)
- Emplacement de la mesure M : $\pm 0,1$ mm

La feuillure ne doit pas dépasser 0,10 mm.

Longueur des canons manométriques :

- pour cartouches à gorge (Tableau I) : $LC = (600 \pm 10)$ mm
- pour cartouches à bourrelet (Tableau II) : $LC = (600 \pm 10)$ mm
- pour cartouches à culot magnum (Tableau III) : $LC = (650 \pm 10)$ mm
- pour cartouches pour pistolets et revolvers (Tableau IV) : $LC = (150 \pm 10)$ mm

3.3 Cartouches à grenailles (Tableau IX)

- $d^{FC} = (2,5 + 0,1)$ mm
- $h = (2,5 + 0,25)$ mm
- d^{FD} (forage) = $(2,0 + 0,1)$ mm

Les autres valeurs fixes sont indiquées dans le Tableau 1.

Fig. 3

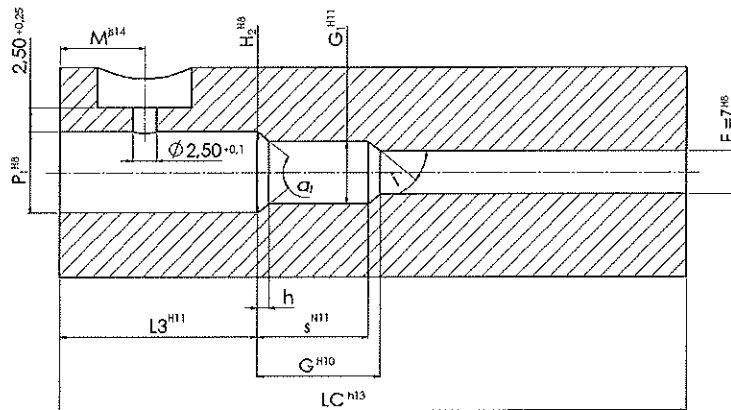


Tableau 1

Non.	Calibres	M/Tol. mm		Lc/Tol. mm	
1	35 GR	8.50	js 14	62	h 13
2	35 R GR	8.50		62	
3	8 mm GR	7.00		62	
4	380 GR/9 mm R GR	8.50		62	
5	44 Mag. GR	8.50		62	
6	45 L GR	8.50		62	
7	6,3/16 N.C. GR	7.00		62	

M = emplacement de la prise de pression

Lc = longueur totale du canon manométrique

3.4 Cartouches à usage industriel (Tableau VI)

3.4.1 Généralités

La pression des gaz est mesurée à la bouche de l'étui dans un canon d'essai avec masselotte, sans perçage ni fraisage de l'étui de la cartouche.

Dimensions clés (voir Figures 5 et 6 et Tableau 2) :

Canon d'essai

- Calibre 16 mm (F7)
- Longueur (200 ± 1) mm, mesurée à partir de l'extrémité de la chambre
- Emplacement de l'alésage du capteur 1,5 mm, mesuré à partir de l'extrémité de la chambre

Alésage du transducteur

- Diamètre d^{FC} $(3,0 + 0,1)$ mm
- Profondeur h $(2,75 + 0,25)$ mm

Masselotte

- Diamètre 16 mm (h7)
- Masse $M_p = (80 \pm 1)$ g
- Matériau Laiton (58% - 70% Cu) ou acier semi-trempe ($R_m = 550$ MPa à 650 MPa)
- Volume supplémentaire V_a $0,04$ cm³ à $1,10$ cm³
- Longueur L adaptée pour obtenir M_p

Chambre du canon manométrique

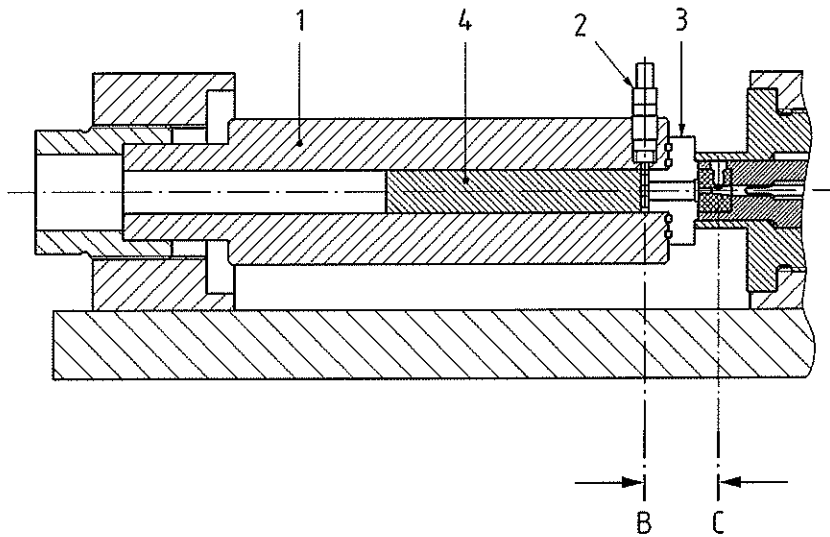
- Dimensions conformément au Tableau VI des TDCC

Les tolérances suivantes sont autorisées :

- Diamètres P1 et H2 : + 0,03 mm
- Diamètre R1 : + 0,05 mm
- Profondeur de la fraise R : + 0,05 mm
- Longueur de la chambre L3 : + 0,10 mm

Canon d'essai à masselotte - Assemblage

Pour la mesure de la pression, le canon d'essai et la masselotte doivent être assemblés comme indiqué à la Figure 4 à partir de leurs composants, avec le capteur de pression et la masselotte.



Clés

- 1 - Canon d'essai
- 2 - Transducteur de pression
- 3 - Insert de la chambre de la cartouche
- 4 - Masselotte

Fig. 4 - Assemblage du canon d'essai avec la masselotte

3.4.1.1 Canon d'essai

Le canon d'essai doit être fabriqué en acier ayant une résistance minimale à la traction de $R_m = 1\ 000\ \text{MPa}$ et avoir les dimensions indiquées à la Figure 5.

REMARQUE : Un matériau approprié est le n° 1.7225 (42CrMo4). Les dimensions entre parenthèses sont données à titre indicatif.

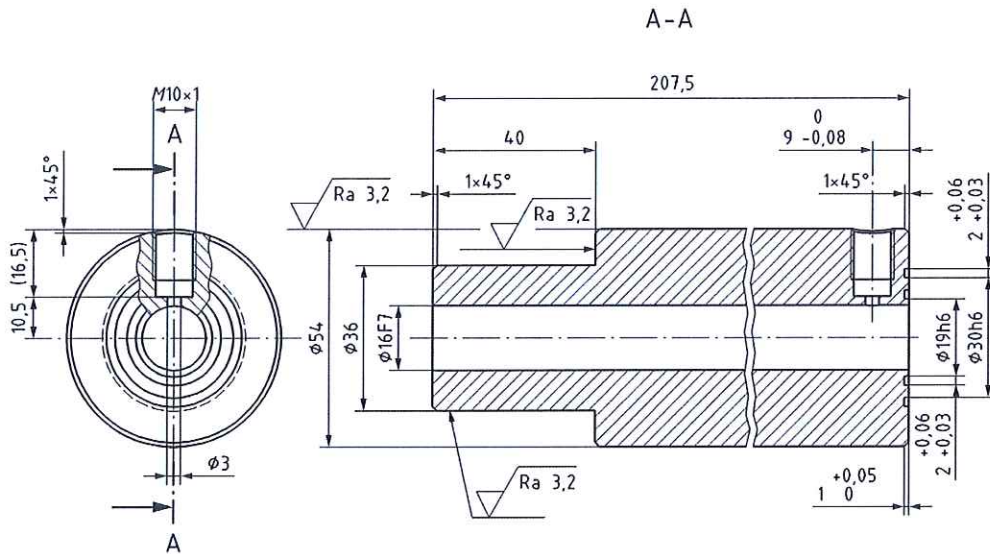


Fig. 5 - Canon d'essai

3.4.1.2 Insert de la chambre de la cartouche

L'insert doit être fabriqué en acier avec une limite d'élasticité en traction minimale de $R_m = 1\ 300\ \text{MPa}$ et avoir les dimensions indiquées à la Figure 6, tout en respectant les dimensions spécifiques au calibre indiquées dans le Tableau 2.

NOTE 1 Les matériaux appropriés sont, par exemple, n° 1.7707 (30CrMoV9) ou n° 1.6580 (30CrNiMo8).

NOTE 2 Diamètre à adapter au montage dans le canon.

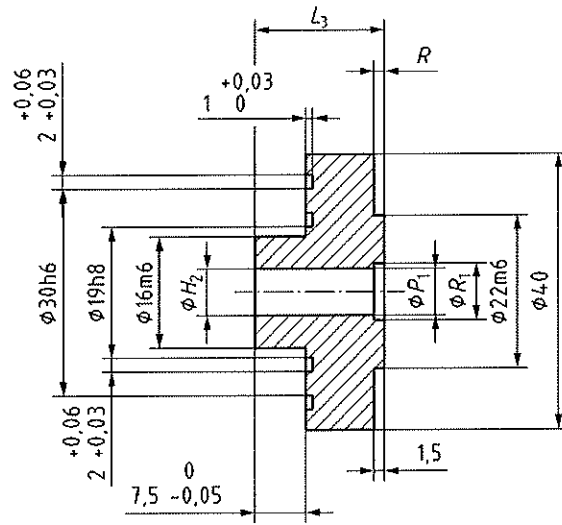


Fig. 6 - Porte-cartouche

Tableau 2 : Dimensions du porte-cartouche en mm

Cal	5,6/16	6,3/10	6,3/12	6,3/14	6,3/16	6,8/11	6,8/18	9 x 17	10 x 18
L3	16.33	11.0	13.0	15.0	17.0	12.0	19.0	18.5	19.0
P1= H2	Ø5.76	Ø6.35	Ø6.35	Ø6.35	Ø6.35	Ø6.90	Ø6.90	Ø9.60	Ø10.05
R ₁	Ø7.30	Ø7.70	Ø7.70	Ø7.70	Ø7.70	Ø8.55	Ø8.55	Ø11.20	Ø10.95
R	1.10	1.25	1.25	1.25	1.25	1.45	1.45	1.30	1.15

3.4.1.3

3.4.1.4 Joints

Les joints doivent être fabriqués aux dimensions indiquées dans les prescriptions, comme le montre la Figure 7.

NOTE : Le matériau approprié pour les joints est le CuZn40Pb2.

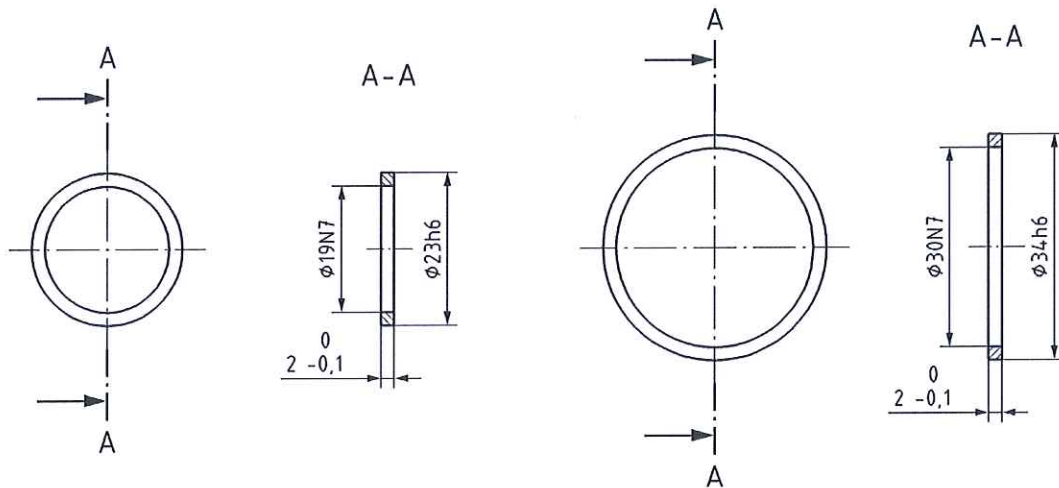


Fig. 7 - Joints

3.4.1.5 Masselotte

La masselotte doit être fabriquée dans un matériau ayant une résistance minimale à la traction de $R_m = (550 - 560)$ MPa, avec les dimensions indiquées à la Figure 8, tout en respectant les valeurs de T indiquées dans le Tableau 3.

NOTE : les matériaux appropriés sont, par exemple, le laiton (58 % - 70 % Cu) ou l'acier semi-trempé.

- Masse du piston M_p (80 ± 1) g
- Volume supplémentaire V_a $0,16 \text{ cm}^3$ à $0,80 \text{ cm}^3$
(Voir les valeurs correspondantes pour la dimension T dans le Tableau 3)
- Longueur L adaptée à la masse M_p

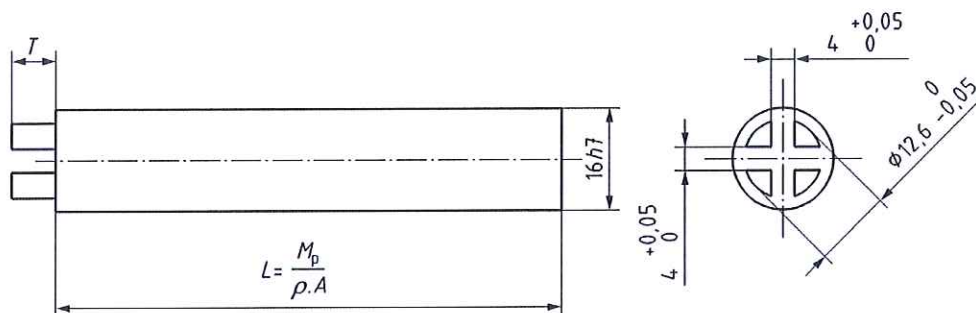


Fig. 8 - Masselotte

V_a cm ³	T mm
0.04	0.25 + 0.01
0.08	0.50 + 0.01
0.16	1.00 + 0.02
0.25	1.56 + 0.02
0.40	2.50 + 0.05
0.60	3.70 + 0.05
0.80	5.00 + 0.05
1.10	6.88 + 0.05

Tableau 3 : Hauteur T de la saillie de la masselotte

3.4.1.6 Alignement de la masselotte et du percuteur

La masselotte doit être insérée dans une orientation telle que ses fentes croisées s'alignent sur l'axe de l'alésage du transducteur, comme le montre la Figure 9 (coupes B-B et C-C de la Figure 4).

Pour les cartouches à percussion annulaire, le percuteur doit frapper le culot de la cartouche selon un rayon E comme indiqué dans la Figure 9.

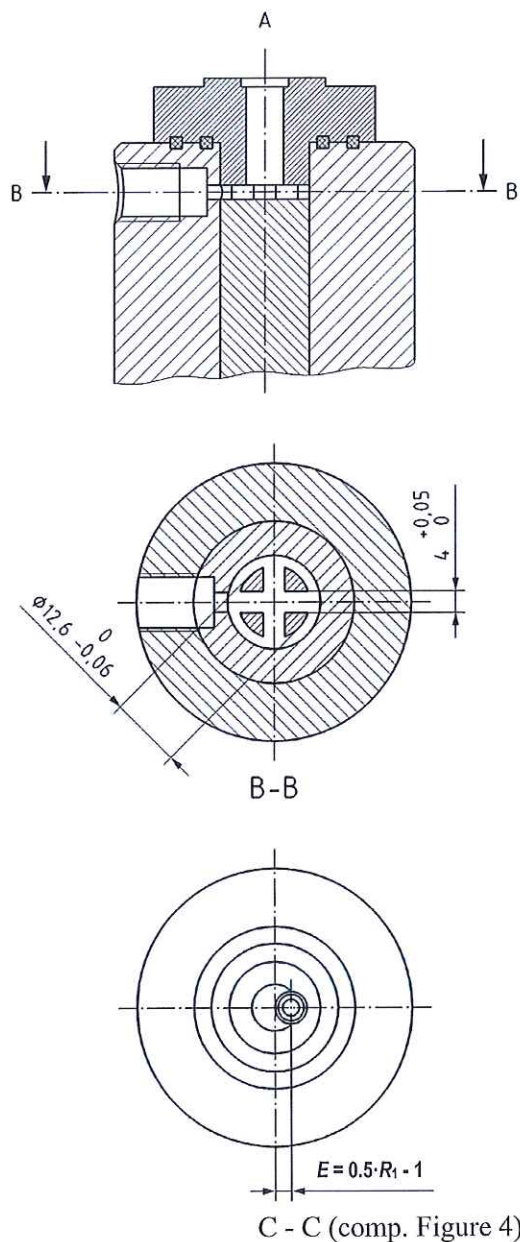


Fig. 9 - Alignement de la masselotte et du percuteur

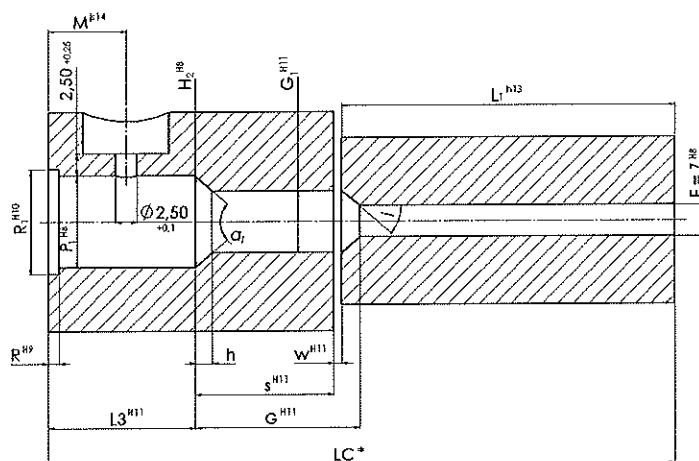
3.5 Cartouches pour armes d'alarme (Tableau VIII)

- $d^{FC} = (2,5 + 0,1)$ mm
- $h = (2,50 + 0,25)$ mm
- d^{FD} (perçage) = $(2,0 + 0,1)$ mm

3.5.1 Cartouches pour revolvers d'alarme

Les valeurs spécifiques sont indiquées dans le Tableau 4.

Fig. 10



M = Emplacement de la mesure de pression

Lc = Longueur totale du canon manométrique (* = à titre indicatif)

L_T = Longueur du canon au diamètre de l'âme F = Z

Tableau 4

Non.	Calibres	M/Tol. mm		L _T /Tol. mm	Lc* mm	W mm	
1	320 short Blanc	7.5		50	80.5	1.5	H11
2	380 Blanc/9 mm R Blanc	7.5	js 14	50	86.5	1,5	
3	45 K Blanc	7.5		63	99.4	1.1	

3.5.2 Cartouches pour pistolets d'alarme

Les valeurs spécifiques sont indiquées dans le Tableau 5.

Fig. 11

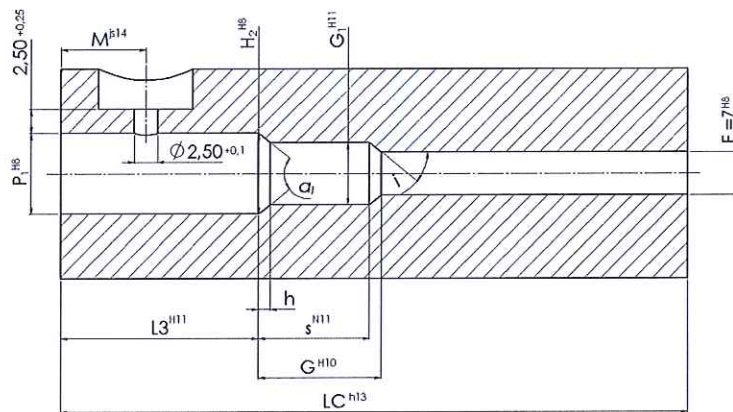


Tableau 5

Non.	Calibres	M/Tol. mm	Lc /Tol. mm
1	22 Long Blanc	7.00	60
2	315 Blanc	7.00	60
3	8 mm Blanc	7.00 > js14	60 > h13
4	35 Blanc	8.50	62
5	35 R Blanc	8.50	62
6	9 mm PA Blanc	8.50	62
7	10TK	8.50	62

M = Emplacement de la mesure de pression
Lc = Longueur totale du canon manométrique

3.6 Cartouches à percussion annulaire (Tableau V)

La mesure de la pression des gaz par capteur piézoélectrique n'est applicable qu'aux calibres pour lesquels il existe une décision C.I.P. en ce sens.

- $d^{FC} = (2,0 + 0,1)$ mm
- $h = (2,0 \pm 0,1)$ mm
- d^{FD} (fraisage) = $(2,0 + 0,1)$ mm
- Profondeur de fraisage : 0,15 mm

Les dimensions intérieures du canon manométrique doivent être conformes aux dimensions minimales établies par la C.I.P.

Les tolérances suivantes sont autorisées :

Cartouches à percussion annulaire pour armes à feu à canon lisse :

F = Z	L3	P1	P2	H2	G1	i
+0.03	+0.10	+0.05	+0.05	+0.05	+0.03	-5/60 i (max = 1°)

Cartouches à percussion annulaire pour armes à feu à canon rayé :

F	Z	L3	P1	H2	R	R1	i
+0.02	+0.02	+0.10	+0.03	+0.02	+0.03	+0.05	±0°20'

La feuillure ne doit pas dépasser 0,10 mm.

Longueur du canon manométrique : $L_c = (600 \pm 10)$ mm

L'emplacement de la mesure de pression M est établi individuellement pour chaque calibre (voir TDCC).

4. Bloc manométrique et mécanisme de mise à feu

4.1 Bloc manométrique

Le bloc manométrique comprend des canons manométriques dont les chambres peuvent contenir la cartouche dans son intégralité. Ceci s'applique aux nouveaux blocs et canons manométriques.

4.2 Mécanisme de mise à feu

La dureté du percuteur est d'au moins 50 HRC avec une saillie comprise entre 0,9 mm et 1,5 mm.

Le percuteur fournit une énergie suffisante si la pointe hémisphérique d'un diamètre compris entre 1,8 mm et 2,2 mm pénètre dans un cylindre crusher en cuivre (d'un diamètre de 5 mm et d'une hauteur de 7 mm) d'une dureté HV de 5 à 50 sur une profondeur d'au moins 0,50 mm.

Pour ce test, le cylindre crusher en cuivre est introduit dans une douille vide en acier, qui est à son tour introduit dans la chambre correspondante du canon manométrique.

Le mécanisme de mise à feu doit garantir une mise à feu effective, régulière et efficace.

5. Préparation du capteur de pression et des cartouches

5.1 Préparation du capteur de pression

Les capteurs de pression doivent être conformes aux Décisions en vigueur de la C.I.P. et sont installés conformément aux instructions de la C.I.P. et celles du fabricant. En particulier, on veille à l'utilisation correcte du joint d'étanchéité (c'est-à-dire du collier d'étanchéité) s'il est prescrit.

5.2 Bouchon mécanique comme capteur fictif

Note : Ceci ne s'applique pas aux cartouches à usage industriel (Tableau VI).

Un bouchon mécanique ("capteur fictif") est utilisé pour obturer le trou de mesure dans le canon lorsqu'aucune mesure de pression n'est nécessaire. Cela permet d'éviter les pertes de gaz lors des mesures de la vitesse du projectile. L'utilisation d'un bouchon au lieu d'un capteur de pression permet d'éviter des contraintes thermiques inutiles au capteur.

Le bouchon doit répondre aux spécifications mécaniques des capteurs de pression. Il doit être monté et vissé dans le filetage utilisé pour le montage du capteur conformément aux instructions du fabricant (joint d'étanchéité, couple de serrage). Il possède une extension cylindrique qui remplit et ferme le trou de forage jusqu'à la chambre de la cartouche.

Il est déconseillé de tirer une cartouche non percée avec le capteur de pression installé car il y a un risque élevé d'endommager ainsi le capteur.

5.3 Préparation des cartouches

Note : Ceci ne s'applique pas aux cartouches à usage industriel (Tableau VI).

Les cartouches sont stockées dans une chambre climatique à $(21 \pm 1) ^\circ\text{C}$ et $(60 \pm 5) \%$ d'humidité relative jusqu'à ce qu'elles soient mesurées. La durée minimale de stockage est de 24 heures.

Les essais en cours de fabrication peuvent être effectués sur des munitions à l'état ambiant. En cas de contestation, seuls les résultats obtenus avec des munitions stockées dans les conditions précitées seront valides.

Dans le cas où cela est prescrit, toutes les cartouches d'une série donnée doivent être forées ou fraisées conformément aux exigences, avant le tir.

La procédure de forage requise est la suivante :

- À l'aide d'un foret pointu d'un diamètre approprié, un trou est percé dans la cartouche à la position de mesure requise M. Le perçage peut être effectué à l'aide d'appareils commerciaux spécialisés dans le perçage des douilles de cartouches ou d'une perceuse d'atelier standard avec un gabarit de forage pour garantir que le trou est percé de manière reproductible au bon endroit et sans déformer la cartouche ou la chauffer excessivement.
 - Sur l'extrémité arrière de la cartouche, la position angulaire du trou est marquée (en la rayant légèrement avec une lime ou un outil similaire, en la marquant avec un stylo ou en perçant une petite encoche dans le bord) afin qu'elle puisse être insérée dans le canon d'épreuve avec le trou exactement aligné sur le canal menant au capteur de pression. Pendant le perçage et le marquage, la cartouche est toujours maintenue en position horizontale, le trou dirigé vers le haut, afin d'éviter toute perte de poudre.
 - La cartouche est retirée avec précaution du gabarit de forage. Si une bavure est visible ou si des copeaux de métal sont visibles à l'intérieur du trou, la cartouche est mise au rebut.
 - La fermeture du trou dans la douille doit être effectuée à l'aide d'un ruban adhésif résistant à la chaleur (classe thermique H/180 °C, épaisseur maximale de 0,067 mm) afin d'éviter la perte de poudre ou les fuites de gaz. Pendant cette opération, le trou doit être maintenu vers le haut afin d'éviter toute perte de poudre
-
- La cartouche est inclinée en position verticale, la balle pointant vers le haut et est rangée verticalement dans un support approprié.

Le résultat des mesures de vitesse (voir § 6.2) permet de déterminer si la procédure a été appliquée correctement.

D'autres méthodes pour optimiser l'obturation du trou dans la douille sont admises dès lors que la corrélation avec la méthode décrite est connue et maîtrisée. En cas de conflit, la méthode décrite dans le présent document prévaut.

6. Tirs

Note : À l'exception de la section 6.3.2, le présent chapitre ne s'applique pas aux cartouches à usage industriel (Tableau VI).

6.1 Tirs de flambage et tirs préparatoires

Si le canon est froid, deux coups sont tirés avec des cartouches percées ou non percées.

Pour tester le bon fonctionnement de la chaîne de mesure, deux coups sont tirés à l'aide de cartouches percées. Pour chaque tir, la cartouche est inclinée de manière à ce qu'elle pointe vers le haut (ce qui rapproche la poudre de l'amorce) avant d'être insérée dans la chambre.

6.2 Vérification de l'étanchéité

Dans le cas où le perçage des douilles est prescrit, la procédure suivante sera appliquée :

Avec le bouchon mécanique à la place du capteur, dix tirs de vitesse sont effectués à partir du même canon manométrique en utilisant des cartouches non percées prélevées dans le lot fourni. Pour chaque tir, la cartouche est inclinée vers le haut avant d'être introduite dans la chambre. Pour chaque tir, la vitesse de la balle est enregistrée dans l'ordre des tirs et la vitesse moyenne de la série est calculée.

Cette vitesse moyenne (avec des cartouches non percées) sera comparée à la vitesse moyenne résultant de la série de tirs de mesure de la pression/vitesse (avec des cartouches percées). L'absence de perte de poudre et l'obturation (le montage étanche de l'étui dans la chambre) sont considérées comme suffisamment bonnes, si et seulement si, la différence entre les deux vitesses moyennes (cartouches non percées et cartouches percées) est inférieure ou égale à 1,5 % pour les vitesses allant jusqu'à 500 m/s et inférieure ou égale à 1 % pour les vitesses plus élevées. Si la différence entre les vitesses moyennes est plus importante, on peut considérer que l'obturation n'est pas suffisante ou que de la poudre a été perdue. Dans ce cas, il faut identifier les causes des mesures non conformes et les refaire afin d'obtenir une série complète de mesures répondant aux critères de vitesse définis. L'ajout d'une couche supplémentaire de ruban adhésif peut être une solution.

6.3 Mesure de la pression du gaz

6.3.1 Mesure de la pression

L'incertitude totale/l'erreur totale pour la mesure de la pression doit être $\leq 3 \%$.

La mesure est effectuée à l'aide d'un canon manométrique placé horizontalement. Les cartouches à tester doivent être placées verticalement sur une planchette de déchargement avec la base de la cartouche en bas et la balle (si elle est présente) pointant vers le haut.

La cartouche est prélevée sur la planchette de déchargement de manière à ce que la poudre se trouve du côté de l'amorce, elle est placée dans la chambre du canon manométrique en l'inclinant lentement dans la position souhaitée de manière à ce que la poudre reste du côté de l'amorce. On s'assure que le trou percé dans la douille est concentrique et coaxial au canal de transmission de la pression du canon manométrique.

Après chaque nouvelle installation du capteur de pression, au moins deux tirs d'essai doivent être effectués pour s'assurer que l'étanchéité du capteur est correcte. Ces deux mesures ne sont pas prises en compte dans le calcul de la moyenne de pression.

Après chaque série de mesures, le capteur de pression doit être retiré et son état vérifié. Avant de commencer à prendre des mesures, l'intégrité de toutes les éventuelles protections (par exemple rondelle protectrice, protection thermique) doit être vérifiée.

6.3.2 Mesure de la vitesse

Parallèlement à la mesure de la pression des gaz, la vitesse doit être mesurée à une distance de $2,5 \text{ m} \pm 5 \text{ cm}$ de la bouche du canon.

Pour les barrières lumineuses, la longueur de la base doit être d'au moins 0,5 m et le point de mesure est le centre de la base.

L'incertitude totale/erreur totale pour la mesure de la vitesse doit être $\leq 0,5 \%$.

Les valeurs de vitesse sont utilisées pour calculer l'énergie cinétique (cartouches d'épreuve et munitions pour lesquelles l'énergie cinétique doit être mesurée au lieu de la pression du gaz) et la quantité de mouvement (cartouches sans plomb pour les armes à feu à canon lisse, Tableau VII).

Pour mesurer la vitesse des cartouches pour les armes à feu à canon lisse (Tableau VII), il est recommandé d'utiliser un filtre passe-bas de 2,5 kHz ou 5,0 kHz pour traiter les signaux de départ et d'arrêt.

Il n'existe aucune restriction concernant les moyens de mesure (lumière visible, IR, laser, radar, etc.).

6.4 Calcul de l'énergie cinétique

La mesure de l'énergie cinétique au lieu de la mesure de la pression des gaz se justifie dans les cas suivants :

- le volume de la chambre de combustion est si petit que l'installation d'un capteur de pression pourrait modifier l'évolution normale de la pression ;
- la charge d'amorçage constitue également la charge propulsive : la pression augmente si rapidement dans ce cas que la mesure de la pression obtenue par les procédures classiques n'est pas un indicateur pertinent de la sécurité ;
- la mesure de la pression de la cartouche avec un projectile non serti ;
- un capteur de pression approprié pour mesurer la pression n'est pas disponible (nouveau type de cartouche ou type de cartouche rarement utilisé).

Dans les "Tableaux des dimensions des cartouches et des chambres", ces types de cartouches sont reconnaissables à l'indication de leur énergie à la bouche au lieu de l'indication de la pression maximale.

6.4.1 Procédure de mesure

L'énergie cinétique E du projectile de masse m est obtenue par la formule :

$$E = \frac{mV^2}{2}$$

La vitesse V du projectile est obtenue en mesurant le temps écoulé entre le passage du projectile en deux points de sa trajectoire (voir section 6.3.2).

6.4.2 Cartouches avec projectile

Dimensions des canons de mesure :

Les dimensions intérieures des canons de mesure sont identiques à celles des canons manométriques.

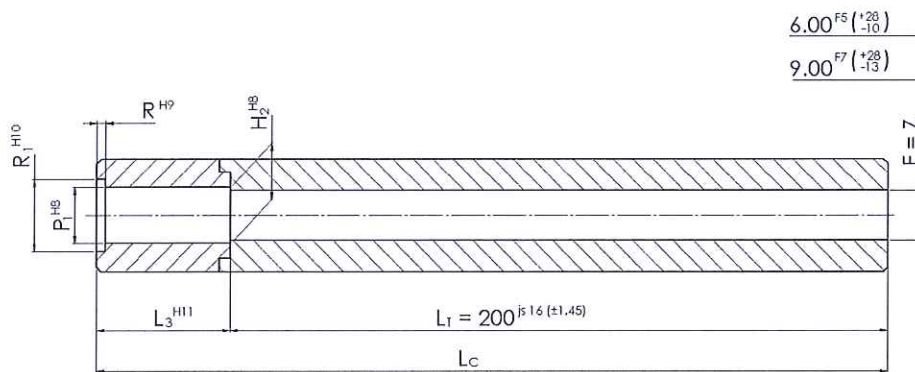
La longueur et le pas de rayure de ces canons doivent répondre aux valeurs fixées par la C.I.P.

Pour la mesure de l'énergie cinétique des cartouches à percussion annulaire, les dimensions standard des canons d'essai sont décrites à l'Annexe III du Tableau V.

6.4.3 Cartouches sans projectile

Canon pour la mesure de l'énergie cinétique des cartouches à blanc

Fig. 12



Dimensions en mm

L3 = Longueur de la chambre à H2

LT = Longueur du canon au diamètre de l'âme F = Z

Lc = longueur du canon (L3 + LT)

Projectiles à utiliser lors de la mesure de l'énergie cinétique

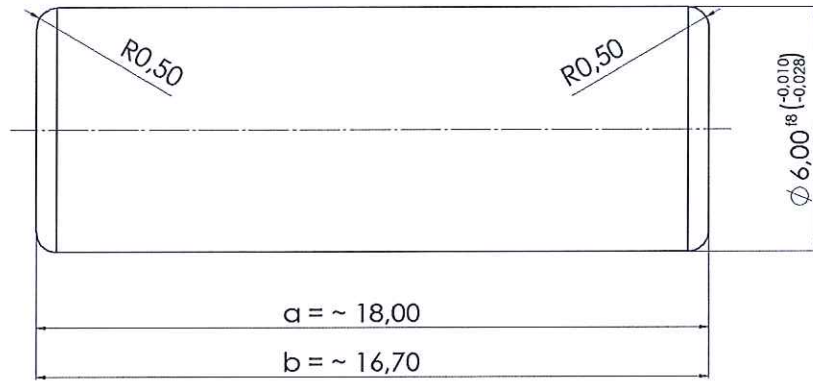
Masse du projectile : 4,0 g +/- 0,04 g

Matériaux :

a) acier (limite d'élasticité Rp0,2 = 550 MPa à 650 MPa), longueur A ~ 18 mm

b) laiton (58 % à 70 % Cu), longueur A ~ 16,7 mm

Fig. 13



Dimensions en mm

Note : La longueur du projectile est donnée à titre indicatif. Elle est définie par rapport à la masse du projectile.

7. Évaluation des résultats

7.1 Règles statistiques

L'analyse des résultats des mesures est effectuée en appliquant les règles statistiques :

- \bar{P}_n : moyenne arithmétique de la pression de n mesures
- $K_{i.n}$: coefficient de tolérance pour n mesures (voir § 7.2.)
- S_n : écart-type de la pression de n mesures

7.1.1 Pour les cartouches à percussion centrale, armes à feu à canon(s) lisse(s) (Tableau VII)

La pression moyenne de la cartouche commerciale doit être inférieure ou égale à la valeur PT_{max} autorisée. En outre, l'exigence selon laquelle une cartouche commerciale ne doit présenter aucune valeur de pression supérieure de 15 % à la valeur PT_{max} est satisfaite si, dans 95 % des cas, la valeur supérieure de la limite de tolérance ne dépasse pas $1,15 PT_{max}$, avec une certitude statistique de 95 %, c'est-à-dire si l'inégalité suivante est respectée :

$$\bar{P}_n + K_{2.n} \times S_n \leq 1,15 PT_{max}$$

La pression moyenne de la cartouche d'épreuve doit être supérieure d'au moins 25 % à la pression maximale autorisée pour les cartouches commerciales. En outre, pour que, dans 90 % des cas, la valeur inférieure de la limite de tolérance ne soit pas inférieure à $1,15 PT_{max}$, avec une certitude de 95 %, l'inégalité suivante doit être respectée :

$$\bar{P}_n - K_{3.n} \times S_n \geq 1,15 PT_{max}$$

Afin de ne pas trop solliciter l'arme soumise à l'épreuve, la cartouche d'épreuve ne doit pas dépasser une certaine valeur de pression fixée par l'inégalité suivante :

$$\bar{P}_n + K_{3.n} \times S_n \leq 1,60 PT_{max}$$

Pour l'influence des dimensions du canon sur les mesures de pression, voir les Recommandations dans l'Annexe A.2.2. dans le Procès-verbal XVI des Textes de la C.I.P.

7.1.2 Pour les cartouches à percussion centrale, armes à feu à canon(s) rayé(s) (Tableaux I, II, III et IV)

La pression moyenne de la cartouche commerciale doit être inférieure ou égale à la valeur PT_{max} autorisée. En outre, l'exigence selon laquelle une cartouche commerciale ne doit présenter aucune valeur de pression supérieure de 15 % à la valeur PT_{max} est satisfaite si, dans 99 % des cas, la valeur supérieure de la limite de tolérance ne dépasse pas 1,15 PT_{max} , avec une certitude statistique de 95 %, c'est-à-dire si l'inégalité suivante est respectée :

$$\bar{P}_n + K1.n \times S_n \leq 1.15 PT_{max}$$

La pression moyenne de la cartouche d'épreuve pour pistolets et revolvers doit être supérieure d'au moins 30 % à la pression maximale autorisée pour les cartouches commerciales.

La pression moyenne de la cartouche d'épreuve pour les cartouches d'armes à feu longement rayées doit être supérieure d'au moins 25 % à la pression maximale autorisée pour les cartouches commerciales.

En outre, l'énergie cinétique du projectile de la cartouche d'épreuve pour les armes à feu à canon long doit être égale ou supérieure aux valeurs d'énergie cinétique mentionnées dans le TDCC.

En outre, pour que, dans 90 % des cas, la valeur inférieure de la limite de tolérance ne soit pas inférieure à 1,15 PT_{max} , avec une certitude statistique de 95 %, l'inégalité suivante doit être respectée :

$$\bar{P}_n - K3.n \times S_n \geq 1,15 PT_{max}$$

Afin de ne pas trop solliciter l'arme soumise à l'épreuve, la cartouche d'épreuve ne doit pas dépasser une certaine valeur de pression fixée par l'inégalité suivante :

- pistolets et revolvers : $\bar{P}_n + K3.n \times S_n \leq 1.50 PT_{max}$

- armes à feu longues rayées : $\bar{P}_n + K3.n \times S_n \leq 1.40 PT_{max}$

7.1.3 Pour les cartouches à percussion annulaire (Tableau V)

La pression moyenne de la cartouche commerciale doit être inférieure ou égale à la valeur PT_{max} autorisée. En outre, l'exigence selon laquelle une cartouche commerciale ne doit présenter aucune valeur de pression supérieure de 15 % à la valeur PT_{max} est satisfaite si, dans 95 % des cas, la valeur supérieure de la limite de tolérance ne dépasse pas $1,15 PT_{max}$, avec une certitude statistique de 95 %, c'est-à-dire si l'inégalité suivante est respectée :

$$\bar{P}_n + K_{2,n} \times S_n \leq 1,15 PT_{max}$$

La pression moyenne de la cartouche d'épreuve doit être supérieure d'au moins 30 % à la pression maximale autorisée pour les cartouches commerciales. En outre, pour que, dans 90 % des cas, la valeur inférieure de la limite de tolérance ne soit pas inférieure à $1,15 PT_{max}$, avec une certitude de 95 %, l'inégalité suivante doit être respectée :

$$\bar{P}_n - K_{3,n} \times S_n \geq 1,15 PT_{max}$$

Afin de ne pas trop solliciter l'arme soumise à l'épreuve, la cartouche d'épreuve ne doit pas dépasser une certaine valeur de pression fixée par l'inégalité suivante :

$$\bar{P}_n + K_{3,n} \times S_n \leq 1,50 P_{tmax}$$

7.1.4 Pour les cartouches d'alarme et les cartouches à grenaille (Tableaux VIII et IX)

La pression moyenne de la cartouche commerciale doit être inférieure ou égale à la valeur PT_{max} autorisée. En outre, l'exigence selon laquelle une cartouche commerciale ne doit présenter aucune valeur de pression supérieure de 15 % à la valeur PT_{max} est satisfaite si, dans 90 % des cas, la valeur supérieure de la limite de tolérance ne dépasse pas $1,15 PT_{max}$, avec une certitude statistique de 95 %, c'est-à-dire si l'inégalité suivante est respectée :

$$\bar{P}_n + K_{3,n} \times S_n \leq 1,15 PT_{max}$$

La pression moyenne de la cartouche d'épreuve doit être supérieure d'au moins 30 % à la pression maximale autorisée pour les cartouches commerciales. En outre, pour que, dans 90 % des cas, la valeur inférieure de la limite de tolérance ne soit pas inférieure à $1,15 PT_{max}$, avec une certitude de 95 %, l'inégalité suivante doit être respectée :

$$\bar{P}_n - K_{3,n} \times S_n \geq 1,15 PT_{max}$$

Afin de ne pas trop solliciter l'arme soumise à l'épreuve, la cartouche d'épreuve ne doit pas dépasser une certaine valeur de pression fixée par l'inégalité suivante :

$$\bar{P}_n + K_{3,n} \times S_n \leq 1,50 PT_{max}$$

7.1.5 Pour les cartouches pour lesquelles la mesure de l'énergie cinétique est requise au lieu de la mesure de la pression du gaz

L'analyse des résultats des mesures est effectuée en appliquant les règles statistiques :

- Emax : valeur maximale de l'énergie cinétique du projectile autorisée par le C.I.P.
- En : moyenne arithmétique de l'énergie cinétique du projectile obtenue pour n mesures
- Sn : écart-type de l'énergie cinétique du projectile sur n mesures.
- K3.n : coefficient de tolérance pour n mesures afin d'obtenir une certitude statistique de 95% dans 90% des cas.

L'énergie cinétique moyenne de la cartouche commerciale doit être inférieure ou égale à la valeur Emax autorisée. En outre, l'exigence selon laquelle une cartouche commerciale ne doit pas avoir une valeur d'énergie cinétique individuelle supérieure à 1,07 Emax, avec la certitude mentionnée ci-dessus, est satisfaite si l'inégalité suivante est respectée :

$$\bar{E}_n + K_{3.n} \times S_n \leq 1.07 E_{max}$$

L'énergie cinétique moyenne de la cartouche d'épreuve doit être supérieure d'au moins 10 % à l'énergie cinétique moyenne maximale autorisée pour les cartouches commerciales. En outre, aucune valeur d'énergie cinétique individuelle ne peut être inférieure à 1,07 Emax avec la certitude mentionnée ci-dessus. Cette exigence est satisfaite lorsque l'inégalité suivante est respectée :

$$\bar{E}_n - K_{3.n} \times S_n \geq 1.07 E_{max}$$

Pour que l'énergie cinétique ne dépasse pas une certaine valeur avec la certitude mentionnée ci-dessus, l'inégalité suivante doit être respectée :

$$\bar{E}_n + K_{3.n} \times S_n \leq 1.25 E_{max}$$

7.2 Coefficients de tolérance

Coefficients de tolérance pour n mesures afin d'obtenir une certitude statistique de 95% dans

- K1.n 99% des cas
- K2.n 95% des cas
- K3.n 90% des cas

Tableau 6

n	K1.n	K2.n	K3.n
5	5.75	4.21	3.41
6	5.07	3.71	3.01
7	4.64	3.40	2.76
8	4.36	3.19	2.58
9	4.14	3.03	2.45
10	3.98	2.91	2.36
11	3.85	2.82	2.28
12	3.75	2.74	2.21
13	3.66	2.67	2.16
14	3.59	2.61	2.11
15	3.52	2.57	2.07
16	3.46	2.52	2.03
17	3.41	2.49	2.00
18	3.37	2.45	1.97
19	3.33	2.42	1.95
20	3.30	2.40	1.93
25	3.15	2.29	1.83
30	3.06	2.22	1.78
35	2.99	2.17	1.73
40	2.94	2.13	1.70
45	2.90	2.09	1.67
50	2.86	2.07	1.65
60	2.81	2.02	1.61
70	2.77	1.99	1.58
80	2.73	1.97	1.56
90	2.71	1.94	1.54
100	2.68	1.93	1.53

Pour les valeurs intermédiaires, interpoler linéairement.

8. Rapport de mesures

Le rapport de mesures doit comprendre, au minimum, les éléments suivants :

- a. nom et adresse du laboratoire d'essai
- b. nom du demandeur
- c. numéro d'ordre du rapport de mesures
- d. date des mesures
- e. nom de l'opérateur
- f. nom et signature de la personne responsable
- g. caractéristiques techniques des cartouches (calibre, type et masse du projectile, numéro de Lot, fabricant)
- h. caractéristiques techniques du canon : numéro d'identification, calibre, nombre de tirs avant la vérification
- i. caractéristiques techniques du système de mesure : numéros d'identification des équipements (par exemple : capteur, amplificateur de charge, ...), sensibilité du capteur de pression à la pression prévue, type de protection de la membrane, type de filtre, indications concernant le système de mesure de la vitesse
- j. conditions météorologiques : température, humidité relative
- k. pressions et vitesses individuelles
- l. moyennes et écarts types des pressions des gaz et des vitesses
- m. analyse statistique des mesures
- n. observations concernant d'éventuelles anomalies dans les conditions d'essai ou les résultats des mesures.

XXXVII – 11 Procédure d'étalonnage

Décisions prises en application du paragraphe 1 de l'article 5 du Règlement.

Cette Décision remplace la Décision XXXIII - 34

PROCEDURES D'ETALONNAGE

1. Généralités

Une évaluation satisfaisante des munitions implique, au niveau de la mesure, une dispersion des résultats aussi faible que possible. Le ou les capteurs, le canon manométrique lui-même, le système d'acquisition et de traitement des données, le mode opératoire, le personnel impliqué, constituent autant de sources d'erreurs.

L'équipement d'essai (canons exclus) est régulièrement soumis à une procédure d'étalonnage en vue de maintenir une incertitude totale inférieure à 3% pour les mesures qu'il fournit (essentiellement des pressions maximales).

2. Procédures d'étalonnage des capteurs

2.1 Introduction

La sensibilité des capteurs électromécaniques change avec leur utilisation et avec les contraintes des matériaux qui les composent. L'étalonnage des capteurs électromécaniques pendant leur durée d'utilisation est donc nécessaire.

L'objectif de l'étalonnage est de déterminer les principales caractéristiques mesurables des capteurs et d'identifier les variations de ces caractéristiques au cours de leur utilisation :

- sensibilité sur toute la plage de mesure,
- linéarité,
- répétabilité.

Les capteurs de pression électromécaniques font l'objet de procédures d'enregistrement régulières (nombre de tirs, pression maximale mesurée, incidents éventuels).

Un étalonnage complet de la sensibilité S et de la linéarité L du capteur doit être effectué après 1500 à 2000 tirs.

Si S varie de plus de 2% par rapport à l'étalonnage précédent ou,
si S varie de plus de 5% par rapport à l'étalonnage initial ou,
si L dépasse 1,0%,

le capteur doit être exclu de toute utilisation ultérieure pour la mesure de pression.

Ce document définit la procédure à suivre pour étalonner les capteurs de ce type.

2.2 Opérations préliminaires

2.2.1 Détermination du gain de l'amplificateur de charge

Avant chaque cycle d'étalonnage, un étalonnage électrique, en utilisant une source de tension étalon et une capacité étalon, permet de déterminer le gain de l'amplificateur de charge.

2.2.2 Mesure de la résistance d'isolement du capteur

Avant l'installation, la résistance d'isolement (RI) du capteur et des câbles doit être mesurée à l'aide d'un électromètre (AVO meter).

Si RI est $\geq 1.10^{12} \Omega$, l'étalonnage peut être réalisé.

Si RI est $< 1.10^{12} \Omega$, le connecteur doit être nettoyé à l'aide de fréon ou d'éther ou le capteur doit être conditionné à une température $\geq 80^{\circ}\text{C}$ pendant plusieurs heures et la résistance d'isolement vérifiée à nouveau.

Si la résistance d'isolement reste inférieure à $1.10^{12} \Omega$, le capteur est inutilisable.

2.2.3 Montage des capteurs

Dans tous les cas, les adaptateurs et les joints recommandés et fournis par le fabricant du capteur doivent être utilisés avec le système d'étalonnage. Il est particulièrement important d'éviter les bulles d'air dans le système hydraulique (il est nécessaire de purger le circuit et de s'assurer que l'huile est visible dans le logement du capteur).

2.2.4 Gymnastiquage du capteur

Avant l'étalonnage, le capteur doit être mis en condition en le soumettant, à l'aide du dispositif d'étalonnage, à une charge du niveau de pression maximum attendu pour les essais futurs.

2.3 Etalonnage statique

2.3.1 Equipement utilisé : balance manométrique

Les caractéristiques de la chaîne de mesure sont les suivantes :

- Pression de référence : $\pm 0,01 \%$ max
- Amplificateur de charge étalonné
- Linéarité : $\leq 0,1 \%$ de la valeur finale
- Dérive : $\leq 0,05 \text{ pC/s}$ à $25 \pm 1^{\circ}\text{C}$ et $< 60\% \text{ HR}$
- Erreur : $\leq 0,5\%$
- Système d'acquisition : $\pm 0,1 \%$ max

Ou une incertitude totale : $\leq \pm 1\%$

2.3.2 Procédure d'étalonnage des capteurs électromécaniques

L'étalonnage doit être effectué :

- en utilisant un minimum de 100 bars pour les pressions jusqu'à 2000 bars et 500 bars pour les pressions supérieures,
- jusqu'à 1,1 fois la pression des cartouches à tester,
- en passant par au moins cinq points de mesure intermédiaires, soit au total au moins sept points de mesure.

Au moins trois mesures doivent être réalisées pour chaque point afin de déterminer la charge moyenne.

La sensibilité est définie comme la relation entre la charge électrique et la pression d'étalonnage

Au cours d'un cycle, les cinq paliers de pression sont réalisés successivement, en valeur croissante, en revenant à la pression atmosphérique entre chaque point (en quelques secondes).

Toutes les tensions correspondantes aux pressions résiduelles et aux paliers de pression sont enregistrées et déterminent la courbe d'étalonnage, l'écart de linéarité, la répétabilité pendant l'étalonnage et la sensibilité de chacun des capteurs.

Pour chaque point de mesure et chaque voie, on détermine la charge électrique Q, issue du capteur, en fonction de la tension V1 lue au palier, de la tension résiduelle V0 relevée lorsque la pression est nulle et du gain G de l'amplificateur de charge (défini par le tarage initial) de la façon suivante :

$$Q = (V1 - V0) \times G$$

2.4 Étalonnage continu :

2.4.1 Description générale :

L'étalonnage continu est une alternative à l'étalonnage statique (par paliers) et fait appel à un capteur de référence. L'augmentation continue de la pression peut être réalisée automatiquement (à l'aide d'un moteur) ou manuellement (presse à vis).

2.4.2 Fonctionnement

La montée en pression se fait de manière continue jusqu'au niveau maximal prédéfini puis la pression est ramenée à zéro (pression atmosphérique).

La charge électrique générée par le capteur de référence est enregistrée en continu et la pression est calculée. Ainsi, la pression en chaque point de la courbe est connue. La charge du capteur à étalonner est également mesurée en permanence et, en connaissant la pression mesurée par le capteur de référence, la sensibilité du capteur à étalonner est calculée.

2.4.3 Équipement utilisé et ses caractéristiques

Générateur de pression continue :

- Plage de pression : plage de mesure du capteur à tester +10%

Capteur de référence avec certificat d'étalonnage délivré selon les règles de l'ISO 17025 :

- Plage de mesure adaptée au maximum de la plage du capteur à tester,
- Linéarité $\leq 0.3\%$ de la pleine échelle,
- Fréquence propre ≥ 1 kHz

Amplificateur de charge (deux canaux ou deux appareils) ou chaîne de mesure complète avec certificat d'étalonnage délivré selon les règles de l'ISO 17025.

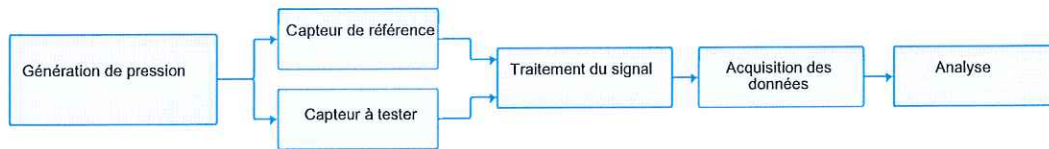
Les signaux de sortie du capteur de référence et du capteur à l'essai sont habituellement traités avec des amplificateurs de charge de précision. Les paramètres suivants sont généralement utilisés :

- Filtre passe haut : Off (i.e., constante de temps = Long, $\tau > 100\ 000$ s)
- Filtre passe bas : Off
- Plage : plage à étalonner + environ 10%
- Sensibilité (capteur de référence) : indiquée sur le certificat d'étalonnage ISO 17025 du capteur de référence
- Sensibilité (capteur à tester) : sensibilité nominale indiquée dans les spécifications techniques du capteur à tester
- Dérive : $\leq 0,05$ pC/s à $25 \pm 1^\circ\text{C}$ et $< 60\%$ HR.

Systeme d'acquisition et d'analyse :

Les signaux analogiques de sortie de l'amplificateur de charge sont, lorsque c'est applicable, enregistrés à l'aide de composants d'acquisition de données conformes aux règles de l'art. L'incertitude totale du système d'acquisition et d'évaluation doit être $\leq \pm 0,1\%$.

2.4.4 Schéma fonctionnel de la chaîne :



2.4.5 Procédure d'étalonnage continu :

L'étalonnage continu utilise des capteurs de pression piézoélectriques pour l'étalonnage et est résumé dans le tableau ci-dessous.

Génération de pression	Profil de charge:	Demi-sinus (approximativement) ou rampe. Remarque : il n'est pas nécessaire de définir le profil de charge. L'important est d'obtenir une montée continue et constante.
	Temps de montée:	Jusqu'au point d'étalonnage le plus haut ≈ 15 secondes
	Cycle de précontrainte (0... PE... 0):	Au moins 2.
	Cycle d'étalonnage (0... PE... 0):	1
Référence	Capteur piézoélectrique de précision. La référence est étalonnée selon les règles de l'ISO 17025.	
Traitement du signal	Amplificateur de charge de précision pour le capteur de référence et le capteur à tester. Le dispositif de traitement du signal est étalonné conformément aux règles de l'ISO 17025 (Le système peut aussi être étalonné en utilisant un générateur de charge de précision muni d'un certificat d'étalonnage délivré conformément aux règles de l'ISO 17025).	
Acquisition de données	Convertisseur analogique/numérique conforme aux règles de l'art.	
Analyse	Le traitement et l'analyse des données peuvent être résumés ainsi : <ul style="list-style-type: none"> Filtrage et quantification des données mesurées 	

-
- Calcul des paramètres d'étalonnage conformément au paragraphe 2.6.
 - Vérification des résultats d'étalonnage par rapport aux spécifications indiquées dans les spécifications techniques du capteur à tester.
 - Enregistrement de la sensibilité et de la linéarité pour la plage étalonnée.
-

2.5 Étalonnage dynamique

2.5.1 Description générale

L'étalonnage dynamique est une méthode facultative/optionnelle et complémentaire aux méthodes statique et continu. Elle utilise également un capteur de référence.

2.5.2 Fonctionnement

La montée dynamique en pression est réalisée dans une tête de mesure dans laquelle sont montés à la fois le capteur de référence et le capteur à tester.

La charge électrique générée par le capteur de référence est enregistrée en continu et la pression est calculée. Ainsi, la pression en chaque point de la courbe est connue. La charge du capteur à étalonner est aussi mesurée en permanence et, en connaissant la pression mesurée par le capteur de référence, la sensibilité du capteur à étalonner est calculée.

2.5.3 Équipement utilisé et ses caractéristiques

Générateur de pression dynamique :

- Plage de pression : plage de mesure du capteur +10%

Capteur de référence avec certificat d'étalonnage délivré selon les règles de l'ISO 17025 :

- Plage de mesure adaptée au maximum de la plage du capteur à tester
- Linéarité $\leq 0.3\%$ de la pleine échelle
- Fréquence propre ≥ 150 kHz

Le système peut également être étalonné à l'aide d'un amplificateur de charge de précision muni d'un certificat d'étalonnage délivré selon les règles de l'ISO 17025.

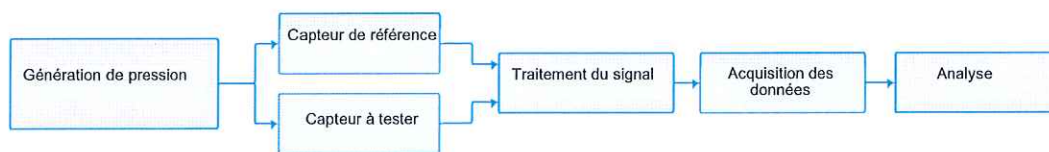
Les signaux de sortie du capteur de référence et du capteur à tester sont habituellement traités avec des amplificateurs de charge de précision. Les paramètres suivants sont généralement utilisés :

- Filtre passe-haut : Off ou On, selon les spécifications du fabricant
- Filtre passe-bas : Off ou On, selon les spécifications du fabricant
- Plage : plage à étalonner + environ 10%
- Sensibilité (capteur de référence) : indiqué sur le certificat d'étalonnage ISO 17025 du capteur de référence
- Sensibilité (capteur à tester) : sensibilité nominale indiquée dans les spécifications techniques du capteur à tester.
- Dérive : $\leq 0,05$ pC/s à $25 \pm 1^\circ\text{C}$ et $< 60\%$ HR.

Système d'acquisition et d'analyse

Les signaux analogiques de sortie des amplificateurs de charge sont, lorsque c'est applicable, enregistrés à l'aide de composants d'acquisition de données conformes aux règles de l'art. L'incertitude totale du système d'acquisition et d'évaluation doit être $\leq \pm 0,1\%$.

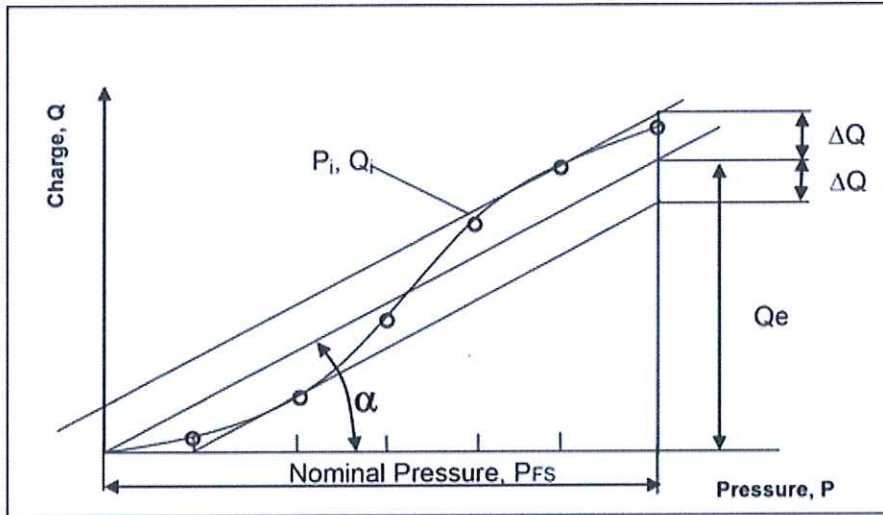
2.5.4 Schéma fonctionnel de la chaîne :



2.6 Détermination de la sensibilité et de la linéarité

Le graphique ci-dessous montre les termes et définitions utilisés pour calculer les paramètres spécifiques d'un capteur piézoélectrique :

- Sensibilité
- Linéarité



Calcul de la Sensibilité moyenne et de la Linéarité par régression linéaire :

$$S_i \quad \text{Sensibilité individuelle : } S_i = \frac{Q_i}{P_i}$$

S_i Sensibilité en un point défini i , [pC/bar]

p_i Pression en un point défini i , [bar]

Q_i Charge en un point défini i , [pC]

$$S_q \quad \text{Sensibilité moyenne : } S_q = \frac{\sum_{i=1}^n p_i \times Q_i}{\sum_{i=1}^n (p_i)^2}$$

S_q Sensibilité moyenne, [pC/bar]

n Nombre de points

$$L \quad \text{Linearity : } L = \frac{\Delta Q_{\max}}{Q_{FS}} \times 100\%$$

L Linéarité, %

$$\Delta Q_{max} = \max_{i=1\dots n} (Q_i - S_q \times p_i)$$

$$\bar{Q}_{FS} = S_q \times P_{FS}$$

P_{FS} Pression nominale, [bar]

2.7 Anomalies éventuelles

- Fluctuation des mesures lors de tests réalisés au même niveau de pression > 2%
- Linéarité du capteur > 1%
- Dérive du capteur pendant l'étalonnage, si elle est effectivement causée par le capteur.

Toutes les anomalies citées ci-dessus entraînent l'élimination du capteur. Cependant, avant de procéder à cette élimination, il convient de refaire les essais au moins deux fois après avoir nettoyer et sécher à 65° le capteur électromécanique. Après ces opérations, il faut s'assurer que la chaîne de mesure se trouve toujours dans les limites de précision souhaitées. Si les défauts sont encore constatés, le capteur électromécanique doit être éliminé.

3. Procédure d'étalonnage de la chaîne de mesure

Toute l'instrumentation utilisée pour mesurer la réponse du capteur de pression piézoélectrique doit être régulièrement étalonnée. Ceci est réalisé en injectant une tension définie dans un condensateur connu, ce qui génère une charge électrique de référence. Cette charge correspond à un niveau de pression connu.

La chaîne de mesure doit être étalonnée chaque fois que le logiciel est mis à jour ou que le système d'acquisition est modifié. (par ex : changement de la plage de mesure et/ou d'amplificateur de charge).

Définition du signal d'entrée pour l'étalonnage :

Pour obtenir des résultats de mesure précis, il est nécessaire de réaliser un étalonnage correct de la chaîne de mesure incluant le filtre (Bessel ou Butterworth).

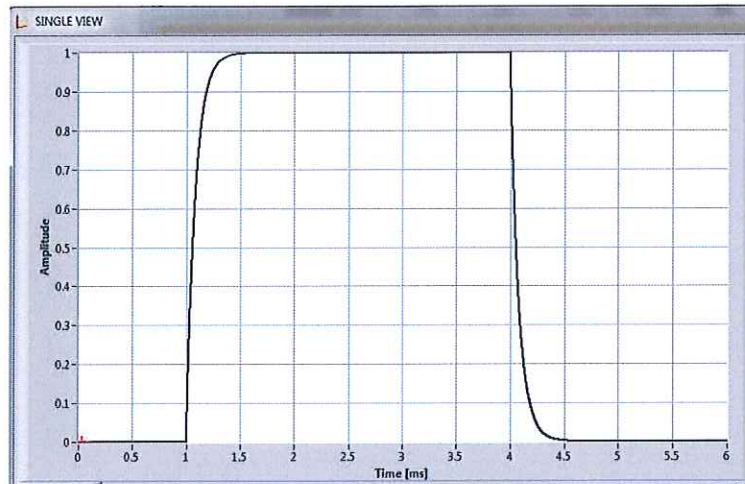
Il faut appliquer à la chaîne de mesure un signal connu d'une durée de (1 à 10 ms) et d'un niveau de charge correspondant au signal à mesurer et avec un temps de montée rendant négligeable le dépassement causé par le filtre (0,2 à 1,0 ms).

Il faut vérifier que la chaîne et le logiciel de mesure sont les mêmes que ceux utilisés pour les essais de routine.

La valeur absolue de la différence entre le signal d'entrée et la valeur de sortie maximale ne doit pas dépasser 0,5 %.

A titre d'exemple, les illustrations suivantes offrent les meilleures conditions pour un étalonnage précis.

Un signal carré :



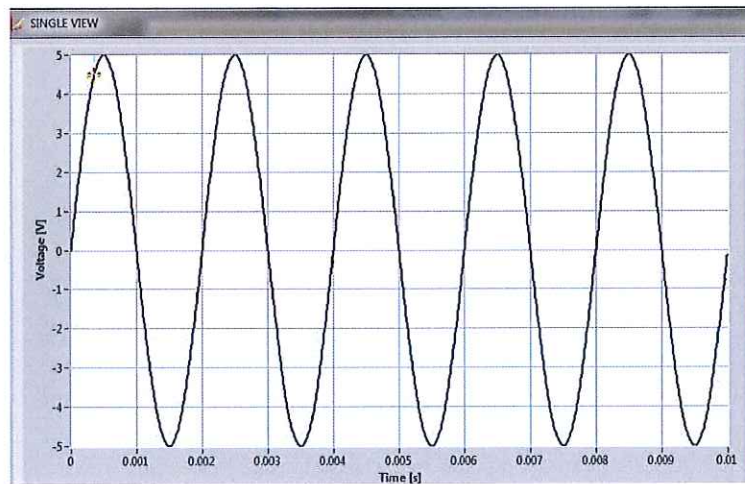
t montée (0-100%): 0.2 ms to 1 ms

t On (100%): 1 ms to 10 ms

t chute (100-0%): $\sim t$ montée

τ (0-63%): 0.02 ms to 0.1 ms

Un signal sinusoïdal :



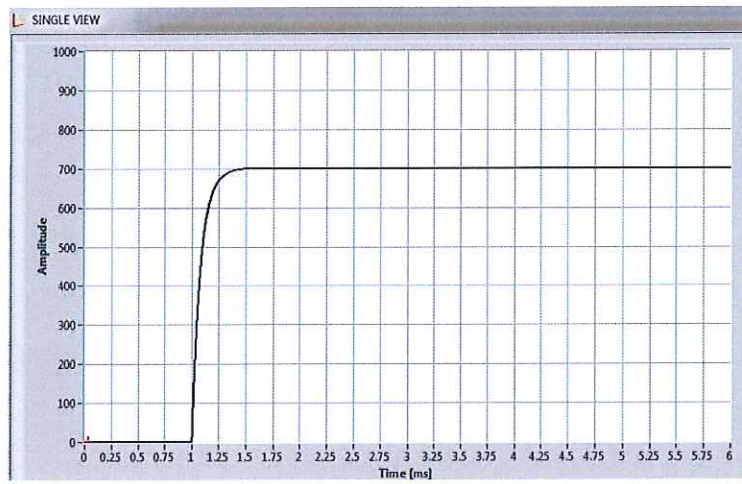
Tension nominale A : 5V (10 V crête à crête)

Fréquence nominale f : 500 Hz

Nombre entier de périodes échantillonnées :

$$f(t) = A \sin(2\pi f t)$$

Un signal de niveau :



XXXVII – 12 Frais d'adhésion

Décisions prises en application du paragraphe 1 de l'article 5 du Règlement.

Ajout d'un paragraphe (nouveau §4) à la procédure d'adhésion

Pour mener à bien les actions décrites ci-dessous (voir §5), le Bureau Permanent de la C.I.P. invite le pays candidat à payer une "cotisation unique". Le montant est fixé en fonction de la situation particulière du pays candidat (distance, coût de la vie, nombre de visites nécessaires, ...). Si les conditions réelles diffèrent de l'estimation initiale, un paiement supplémentaire sera demandé.