

Annexe 4 au CCAP des boucliers balistiques 2025-2029 :

Protocoles d'essais pour l'évaluation des capacités de protection

Référence :	CREL/ 2024-133
Version :	v2
Date :	20 septembre 2024

1.	Menaces de référence.....	3
1.1.	Protection contre les tirs d'armes de poing et de chasse, balles ordinaires.....	3
1.2.	Protection contre les tirs d'armes d'épaule, balles non perforantes.....	3
1.3.	Protection contre les tirs d'armes d'épaule, balles de chasse à haute énergie.....	3
1.4.	Protection contre les tirs d'armes d'épaule, balles perforantes.....	3
2.	Résistance aux chocs	4
2.1.	Procédure	4
2.2.	Contrôles et exigences	4
3.	Résistance à l'immersion.....	4
3.1.	Procédure	4
3.2.	Contrôles après immersion	4
4.	Modalités générales des tests balistiques.....	5
4.1.	Moyens d'essais	5
4.2.	Vitesse de projectile	5
4.3.	Obliquité du projectile.....	5
4.4.	Angle d'incidence	5
4.5.	Critères de validité des tirs.....	5
5.	Tests de résistance balistique des boucliers	6
5.1.	Maintien des échantillons	6
5.2.	Témoin de perforation et d'émission de projectiles secondaires.....	6
5.3.	Placement des impacts.....	6
5.3.1.	Principe général.....	6
5.3.2.	Distance au bord du bouclier	6
5.3.3.	Distances entre impacts	6
5.4.	Exigences de performances pour les tests balistiques des boucliers.....	6
6.	Tests de résistance balistique des bavettes	7
6.1.	Maintien des échantillons	7
6.2.	Témoin de perforation et d'émission de projectiles secondaires.....	7
6.3.	Placement des impacts.....	7
6.3.1.	Principe général.....	7
6.3.2.	Distance au bord de la bavette	7
6.3.3.	Distances entre impacts	7
6.4.	Exigences de performances pour les tests balistiques des bavettes	7

7.	Niveau de fiabilité statistique.....	7
7.1.	Méthode de calcul.....	7
7.2.	Exigences en phase d'évaluation.....	8
7.3.	Exigences en phase de vie produit	8

1. Menaces de référence

Dans les tableaux ci-dessous relatifs à la protection balistique, les vitesses indiquées correspondent aux valeurs à 2,5 m en amont de la cible. Les munitions employées lors des essais doivent être conformes aux prescriptions, l'emploi de productions émanant d'autres manufacturiers étant possible dans la mesure où les caractéristiques des projectiles et les vitesses sont identiques ou analogues.

1.1. Protection contre les tirs d'armes de poing et de chasse, balles ordinaires

Code	Calibre	Projectile	Vitesse
9 mm parabellum	9x19 mm	FMJ RN noyau plomb chemise acier (124 Gr / 8 g)	410 m/s ± 15 m/s
44 mag SJSP	.44 magnum	SJSP noyau plomb semi-chemisée soft point (240 Gr / 15,5 g)	440 m/s ± 15 m/s
Cal 12 Brenneke	Calibre 12	Brenneke (31,5 g ± 0,5 g)	400 m/s ± 20 m/s

1.2. Protection contre les tirs d'armes d'épaule, balles non perforantes

Code	Calibre	Projectile	Vitesse
7,62x39 M43	7,62x39 mm	MSC type M43 (7,9 g)	720 m/s ± 20 m/s
7,62x51 M80	7,62x51 mm	FMJ noyau plomb type M80 (146 Gr / 9.5 g)	850 m/s ± 20 m/s

1.3. Protection contre les tirs d'armes d'épaule, balles de chasse à haute énergie

Code	Calibre	Projectile	Vitesse
Cal 12 Sauvestre	Calibre 12	Sauvestre (26 g)	520 m/s ± 25 m/s
300 WM TUG	.300 Winchester magnum	RWS TUG Uni Classic (180 Gr / 11,7 g)	925 m/s ± 20 m/s

1.4. Protection contre les tirs d'armes d'épaule, balles perforantes

Code	Calibre	Projectile	Vitesse
7,62x39 AP 7,62x39 API BZ	7,62x39 mm	AP (7,9 g) et API BZ (7,7 g) noyau acier haute dureté	730 m/s ± 20 m/s
5,56x45 SS109	5,56x45 mm	SS 109 (62 Gr / 4 g)	950 m/s ± 20 m/s
7,62x51 AP	7,62x51 mm	AP noyau acier dureté 740 HV1 (147 Gr / 9.55 g)	870 m/s ± 20 m/s
7,62x54R API B32	7,62x54R	API B32 noyau acier dureté 860 HV1 (155 Gr / 10,1 g)	830 m/s ± 20 m/s

2. Résistance aux chocs

Ce test s'applique aux éléments de protection rigides (boucliers et plaques additionnelles).

2.1. Procédure

L'échantillon est soumis à deux chutes à plat (une sur la face externe et une sur la face interne) d'une hauteur de 1,22 m, et une chute sur chacun de ses bords d'une hauteur de 1 m, sur un sol en béton lisse.

2.2. Contrôles et exigences

Après les essais de choc décrits ci-dessus, l'échantillon doit être visuellement intact et ne doit pas présenter de détériorations en dehors de marques ponctuelles aux points d'impacts. Il doit également présenter une résistance balistique totalement conforme aux exigences énoncées dans le CCTP.

3. Résistance à l'immersion

Ce test est effectué sur tous les constituants (boucliers, plaques additionnelles et bavettes). Dans le cas des boucliers et des plaques additionnelles il est réalisé à la suite du test de résistance aux chocs.

3.1. Procédure

L'échantillon (bouclier, plaque additionnelle ou bavette) est pesé au moyen d'une balance régulièrement vérifiée dont l'incertitude de mesure est de 20 grammes au maximum.

Il est ensuite immergé pendant 30 minutes dans un bac d'eau propre, à une température comprise entre +10°C et +35°C. Il est maintenu totalement immergé, au besoin au moyen d'un poids. L'eau employée provient du système d'adduction urbain et est pure et propre.

3.2. Contrôles après immersion

A l'issue de l'immersion l'échantillon est égoutté en position verticale pendant 5 minutes puis essuyé avec un chiffon sec. Il est ensuite pesé et examiné, puis immédiatement soumis à un test de résistance balistique.

Exigences :

- La rétention d'eau, définie comme la différence entre les masses après et avant immersion, doit être inférieure ou égale à 10% de la masse initiale.
- L'échantillon ne doit pas présenter de modifications d'aspect ou de propriétés mécaniques ni de décohésions ou de décollements de ses constituants.
- Le système d'identification visuel (étiquette ou autre) doit rester solidement fixé à l'échantillon, parfaitement lisible et inaltérable.
- La résistance balistique doit être conforme aux exigences énoncées dans le CCTP.

4. Modalités générales des tests balistiques

4.1. Moyens d'essais

Les tests de résistance balistique sont effectués dans un laboratoire adapté permettant le contrôle des conditions ambiantes et équipé des moyens de mesure nécessaires.

Les tirs sont réalisés de préférence au moyen de canons montés sur affût, la visée étant guidée par un pointeur laser. Par dérogation ils peuvent être réalisés en armes, à condition que la vitesse puisse être mesurée et soit conforme aux exigences, et que la précision et la stabilité du projectile soient également assurées.

La distance de tir est de préférence de 5 mètres de la bouche du canon à la cible pour les calibres d'armes de poing et de 10 à 15 mètres pour le calibre 12 et pour les calibres d'armes d'épaule. Ces distances peuvent être adaptées en fonction des installations employées, en respectant toutefois les caractéristiques de vitesse et de stabilité.

4.2. Vitesse de projectile

La vitesse doit être mesurée par un moyen adapté (par exemple barrières de vitesses ou système doppler) avec une incertitude de ± 3 m/s au maximum.

La mesure est soit réalisée à 2,5 m de la cible dans le cas d'appareils de mesure de type barrières de vitesse, soit calculée à cette distance en fonction des mesures réalisées (système radar doppler).

4.3. Obliquité du projectile

L'obliquité (ou angle de lacet ou "yaw") est définie comme l'angle entre l'axe du projectile et sa trajectoire. Cet angle doit être, au niveau de l'impact et à partir de 2,5 mètres en amont, de 5° maximum pour les munitions d'armes de poing et de 3° maximum pour les munitions d'armes d'épaule à canon rayé.

4.4. Angle d'incidence

L'angle d'incidence est défini comme l'angle mesuré entre la trajectoire du projectile et la perpendiculaire à la surface frontale de l'échantillon au niveau de l'impact (cf. incidence OTAN).

4.5. Critères de validité des tirs

Un tir n'est pris en compte que s'il est conforme aux prescriptions du cahier des charges. Toute anomalie ou irrégularité technique invalide le tir considéré. Cela porte notamment sur les points suivants :

- munition non-conforme aux prescriptions,
- vitesse mesurée inférieure à la spécification (sauf en cas de perforation ou de résultat non conforme),
- vitesse mesurée supérieure à la spécification (sauf en cas de résultat conforme),
- absence de mesure de la vitesse,
- incidence non conforme à la valeur demandée,
- obliquité non conforme,
- placement de l'impact non conforme,
- conditionnement de l'échantillon ne respectant pas les prescriptions définies,
- impossibilité d'enregistrer les mesures obligatoires.

Dans le cas d'un tir non conforme, un nouveau tir conforme aux prescriptions doit être réalisé, dans la mesure du possible.

5. Tests de résistance balistique des boucliers

Les éléments concernés sont les boucliers souples ou rigides, équipés le cas échéant de leurs plaques additionnelles.

5.1. Maintien des échantillons

Le bouclier est fixé contre un châssis par l'intermédiaire de ses poignées de portage. Il peut au besoin être calé au niveau de des bords supérieur et inférieur.

5.2. Témoin de perforation et d'émission de projectiles secondaires

Une feuille témoin en aluminium de masse surfacique $54 \text{ g/m}^2 \pm 5 \text{ g/m}^2$ est placée à 25 centimètres environ en arrière du bouclier.

5.3. Placement des impacts

5.3.1. Principe général

Les points d'impact sont possibles sur toute la surface d'un élément de protection, dans le respect des prescriptions d'espacement et de placement, de manière à s'assurer que la construction ne privilégie pas les zones d'impact pré-désignées, mais offre bien une protection homogène contre la perforation.

5.3.2. Distance au bord du bouclier

Pour être considérés valides, les impacts doivent être situés à une distance minimale du bord du bouclier de :

- 25 mm pour les tirs de calibre 9 mm parabellum,
- 40 mm pour les tirs de calibres .44 magnum, 7,62x39 mm ou 5,56x45 mm,
- 60 mm pour les autres calibres.

5.3.3. Distances entre impacts

La distance minimale entre deux impacts doit être de :

- 30 mm si les deux impacts correspondent à des tirs de calibre 9 mm parabellum,
- 50 mm si au moins un des deux impacts correspond à des tirs de calibres .44 magnum, 7,62x39 mm ou 5,56x45 mm,
- 75 mm si au moins un des deux impacts correspond à un tir de calibre 7,62x51 mm,
- 100 mm si au moins un des deux impacts correspond à un tir de calibre 7,62x54R, de 300 Winchester magnum ou de calibre 12.

5.4. Exigences de performances pour les tests balistiques des boucliers

- Les tirs doivent être systématiquement arrêtés par les boucliers.
- La feuille témoin ne doit pas comporter de perforations consécutives au passage de tout ou partie du projectile ou générées par l'éjection de projectiles secondaires.
- Pour les tirs sous incidence de 60° maximum, les projectiles impactant l'échantillon à au moins 10 cm du bord dans la direction de la trajectoire doivent être capturés obligatoirement par l'échantillon ou tomber au sol sans vitesse résiduelle.

6. Tests de résistance balistique des bavettes

6.1. Maintien des échantillons

La bavette balistique est montée sur le bouclier conformément aux conditions normales d'utilisation. Le bouclier est fixé contre un châssis et la bavette pend librement ; aucun calage n'est permis sur la surface de la bavette.

6.2. Témoin de perforation et d'émission de projectiles secondaires

Une feuille témoin en aluminium de masse surfacique $54 \text{ g/m}^2 \pm 5 \text{ g/m}^2$ est placée à 25 centimètres environ en arrière de la bavette.

6.3. Placement des impacts

6.3.1. Principe général

Les points d'impact sont possibles sur toute la surface d'un élément de protection, dans le respect des prescriptions d'espacement et de placement, de manière à s'assurer que la construction ne privilégie pas les zones d'impact pré-désignées, mais offre bien une protection homogène contre la perforation.

6.3.2. Distance au bord de la bavette

Les centres des impacts doivent être situés à une distance minimale du bord de la bavette :

- 25 mm du bord pour le calibre 9 mm parabellum,
- 50 mm du bord pour le calibre .44 magnum.

6.3.3. Distances entre impacts

La distance minimale entre deux impacts doit être de :

- 30 mm si les deux impacts correspondent à des tirs de calibres 9 mm parabellum,
- 50 mm si au moins un des deux impacts correspond à un tir de calibre .44 magnum.
-

6.4. Exigences de performances pour les tests balistiques des bavettes

- Les tirs doivent être systématiquement arrêtés par les bavettes.
- La feuille témoin ne doit pas comporter de perforations consécutives au passage de tout ou partie du projectile ou générées par l'éjection de projectiles secondaires.
- Pour les tirs sous incidence de 60° maximum, les projectiles impactant l'échantillon à au moins 10 cm du bord dans la direction de la trajectoire doivent être capturés obligatoirement par l'échantillon ou tomber au sol sans vitesse résiduelle.

7. Niveau de fiabilité statistique

7.1. Méthode de calcul

La fiabilité statistique démontrée à la suite d'un essai ou d'une série d'essais, sur une composition donnée et dans des conditions données (notamment type de menace et vitesse), est obtenue à partir de la loi binomiale cumulative $B(x, n, p)$, où x est le nombre d'échecs (perforations ou profils digitalisés) lors des essais, n le nombre total de tirs, et p la probabilité réelle

d'échec dans les conditions considérées.

Pour un niveau de confiance de 95%, le risque maximum d'échec estimé à la suite d'une campagne de n tirs avec x échecs correspond à la valeur de p pour laquelle $B(x, n, p) = 0.05$, et la fiabilité statistique minimum correspond à son inverse $(1-p)$.

7.2. Exigences en phase d'évaluation

En phase d'évaluation les essais sur les boucliers doivent démontrer, pour la menace 7.62x39 mm (munition M43 ou AP suivant le niveau de protection du bouclier), un niveau de fiabilité statistique minimum de 90% (à 95% de confiance). Ce résultat est obtenu avec un programme de 30 tirs sans échec, ou 47 tirs avec un échec, ou encore 63 tirs avec deux échecs. Pour des raisons de coût il est acceptable à ce stade de limiter le nombre de tirs avec les autres menaces, bien que cette approche ne puisse donner que des résultats indicatifs sans validité statistique.

Concernant les bavettes balistiques, les essais avec la menace 9 mm parabellum doivent démontrer un niveau de fiabilité statistique minimum de 90% (à 95% de confiance), résultat obtenu avec un programme de 30 tirs sans échec, ou 47 tirs avec un échec, ou encore 63 tirs avec deux échecs.

7.3. Exigences en phase de vie produit

Les résultats des essais de recette (ainsi que des tests supplémentaires éventuellement effectués sur des prélèvements supplémentaires) sont enregistrés et consolidés au fil des livraisons, ce qui permet d'affiner l'évaluation des niveaux de fiabilité statistique face aux différentes menaces.

La valeur cible de fiabilité statistique pour un équipement de protection balistique est de 99,5% au minimum et doit normalement être atteinte après un nombre suffisant de tests (600 tirs sans échec, 950 tirs avec un échec, etc.).

Dans l'éventualité d'un échec lors d'un essai de recette, si l'analyse confirme la validité du tir et ne met pas en évidence de non-conformité manifeste du produit justifiant le rejet direct du lot de fabrication, l'acceptation du lot peut être prononcée après la réalisation de 35 tirs supplémentaires sur des échantillons du même lot, dans des conditions identiques au tir incriminé et ne générant aucun nouvel échec.