 <p>VPAM Association des laboratoires d'essais de résistance balistique des matériaux et constructions</p>	<p>Bases générales pour essais balistiques sur matériaux, constructions et produits</p> <p>- Exigences, niveaux d'essais et procédures d'essais -</p>	<p>VPAM APR 2006</p> <p>Version : 14.05.2009</p>
--	---	--

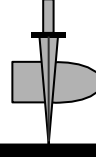
Bases générales pour essais balistiques sur matériaux, constructions et produits

Französische Übersetzung, es gilt immer die deutsche Originalfassung!
Traduction française. Seule la version originale allemande fait foi.

Editeur :

Association des laboratoires d'essais de résistance balistique des
matériaux et constructions (VPAM)

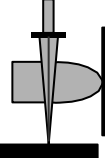
Version : 14.05.2009

 <p>VPAM Association des laboratoires d'essais de résistance balistique des matériaux et constructions</p>	<p>Bases générales pour essais balistiques sur matériaux, constructions et produits</p> <p>- Exigences, niveaux d'essais et procédures d'essais -</p>	<p>VPAM APR 2006</p> <p>Version : 14.05.2009</p>
--	---	--

Première édition du document VPAM APR 2006 : 13.10.2006

Liste des révisions

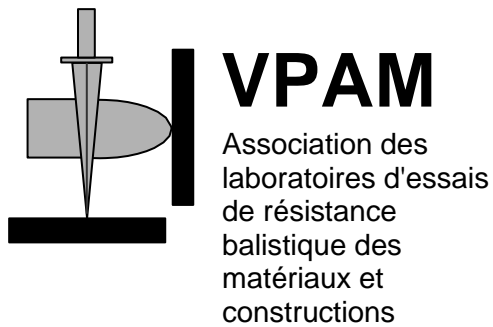
Révisions		Des révisions ont été effectuées dans les paragraphes suivants
N°	Date	
1	25.10.2007	4.1 (Passage à 14 niveaux donnant lieu à des modifications pour les niveaux 12 à 14)
2	08.05.2008	Couverture (modification de termes : modification des paragraphes 3.1.2, 4.1, 6.4.1 et 7.3), Introduction, 6.4.3, 6.5.1, 6.5.2, 6.6, Annexe 2 (méthode de calcul) et Annexe 3
3	14.05.2009	Introduction, 4.1 (niveau d'essai 9 et ajouts à la légende du Tableau 1), 6.2 (5ème point), 6.6 (valeur de l'énergie dans l'exemple) et Annexe 3 (supprimée)

 <p>VPAM Association des laboratoires d'essais de résistance balistique des matériaux et constructions</p>	<p>Bases générales pour essais balistiques sur matériaux, constructions et produits</p> <p>- Exigences, niveaux d'essais et procédures d'essais -</p>	<p>VPAM APR 2006</p> <p>Version : 14.05.2009</p>
--	---	---

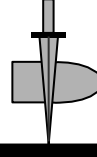
Avant-propos

Cette directive a été développée par l'Association des laboratoires d'essais de résistance balistique des matériaux et constructions (VPAM).

Source de référence du document VPAM - APR 2006 :



www.vpam.eu

 VPAM Association des laboratoires d'essais de résistance balistique des matériaux et constructions	Bases générales pour essais balistiques sur matériaux, constructions et produits - Exigences, niveaux d'essais et procédures d'essais -	VPAM APR 2006 Version : 14.05.2009
---	--	--

Objectifs de la VPAM

La VPAM a été fondée en 1999 par ses membres exécutifs dans l'objectif de promouvoir l'échange d'expérience et l'assistance mutuelle en matière de résistance balistique des matériaux et des constructions.

La coopération est soutenue par une position commune en matière de normes, directives et autres réglementations.

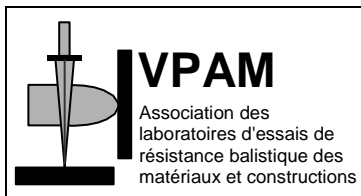
La publication de ses propres directives assure, d'une part, la reproductibilité des résultats et, d'autre part, davantage de transparence du marché pour les clients et utilisateurs. En effet, ces derniers peuvent évaluer de façon objective la reproductibilité des essais et les produits des fabricants.

Les membres de la VPAM sont indépendants et s'engagent à la neutralité. Les centres d'essais, qui sont membres de la VPAM, opèrent exclusivement selon les normes qualité EN ISO/CEI 17025 (Exigences générales sur les compétences des laboratoires d'essais) et EN 45011 (Exigences générales pour les organismes certificateurs de produits) concernées.

Les coordonnées de tous les membres de la VPAM sont disponibles en ligne sur le site : www.vpam.eu

Sommaire


	Page
1 Domaines d'application	7
2 Références normatives	7
3 Termes	8
3.1 Termes généraux	8
3.1.1 Résistance balistique	8
3.1.2 Niveau d'essai	8
3.1.3 Classification	8
3.1.4 Nom/identifiant du modèle ou numéro du modèle.....	8
3.2 Termes pour l'éprouvette.....	8
3.2.1 Côté d'impact.....	8
3.2.2 Echantillon	8
3.2.3 Eprouvette	9
3.3 Termes de la procédure d'essai.....	9
3.3.1 Vitesse d'impact	9
3.3.2 Point d'impact.....	9
3.3.3 Angle d'impact.....	9
3.3.4 Limite balistique V_{50}	9
3.3.5 Pénétration.....	9
3.3.6 Indicateur de pénétration/fragment	10
3.3.7 Matériau d'appui	10
3.3.8 Diamètre de l'enfoncement	10
3.3.9 Profondeur de l'enfoncement	10
3.3.10 Distance de tir.....	10
3.3.11 Distance entre impacts.....	10
3.3.12 Distance de l'impact au bord.....	10
3.4 Termes utilisés pour les projectiles	11
3.4.1 Projectiles massifs	11
3.4.1.1 Balle en plomb à tête ronde (L/RN = Lead / Round Nose)	11
3.4.1.2 Balles coniques en laiton massif (FM/CB = Full Ms / Coned Bullet)	11
3.4.2 Projectiles à noyau mou	11
3.4.2.1 Balles chemisées à tête ronde et noyau mou (FMJ/RN/SC = Full Metal Jacket / Round Nose / Soft Core)	11
3.4.2.2 Balles chemisées pointues à noyau mou (FMJ/PB/SC = Full Metal Jacket / Pointed Bullet / Soft Core)	11
3.4.2.3 Balles chemisées coniques à noyau mou (FMJ/CB/SC = Full Metal Jacket / Coned Bullet / Soft Core)	11
3.4.2.4 Balles chemisées à tête plate et noyau mou (FMJ/FN/SC = Full Metal Jacket / Flat Nose / Soft Core)	11
3.4.2.5 Balles chemisées à noyau de fer (non durci) (FMJ/FeC = Full Metal Jacket / Fe-Core (non hardened)).....	11
3.4.2.6 Balles chemisées, noyau mou et masse pénétrante en acier (FMJ/SCP = Full Metal Jacket / Soft Core Penetrator)	11
3.4.3 Balles chemisées à noyau dur (Full Metal Jacket/Hard core).....	12
3.4.3.1 Balles chemisées à noyau dur (FMJ/HC = Full Metal Jacket / Hard Core) (noyau en acier)	12
3.4.3.2 Balles chemisées pointues incendiaires à noyau dur (FMJ/PB/HCI = Full Metal Jacket /	12



**Bases générales pour essais
ballistiques sur matériaux,
constructions et produits**
**- Exigences, niveaux d'essais et
procédures d'essais -**

VPAM
APR 2006
Version : 14.05.2009

Pointed Bullet / Hard Core / Incendiary)	12
3.4.3.3 Balles chemisées à noyau de carbure de tungstène (FMJ/WC = Full Metal Jacket with tungsten carbide core).....	12
4 Conditions d'essai	13
4.1 Essais avec des types de munitions normalisées	13
5 Equipements de mesure et d'essai.....	15
5.1 Installation d'essai	15
5.2 Système d'arme	15
5.3 Précision de l'équipement de mesure.....	15
5.4 Indicateur de fragments	15
5.5 Indicateur de pénétration	15
5.6 Matériau d'appui	16
6 Procédures d'essai.....	17
6.1 Généralités	17
6.2 Paramètres pertinents pour l'essai	17
6.3 Répétition de l'essai	17
6.4 Calcul de la limite balistique V_{50}	18
6.4.1 Procédures d'essai.....	18
6.4.2 Méthode STANAG 2920.....	18
6.4.3 Méthode VPAM-KNB	18
6.5 Analyse du risque statistique	21
6.5.1 Détermination de la vitesse critique pour une probabilité de pénétration donnée.....	21
6.5.2 Détermination de la probabilité de pénétration pour une vitesse d'impact donnée	21
6.6 Matériaux de référence (mesure de l'énergie résiduelle).....	23
7 Evaluation et documentation de l'essai	25
7.1 Evaluation de l'essai	25
7.2 Rapport d'essai	25
7.3 Certificat d'essai/attestation d'essai	26
7.4 Validité du certificat d'essai/de la confirmation écrite	27
7.5 Traçabilité des résultats	27
7.6 Détails sur le matériau et son traitement	27
Annexe 1 : Installation d'essai	28
Annexe 2 : Formulaire pour la détermination de V_{50} et de l'écart-type s	29

	<p align="center">Bases générales pour essais balistiques sur matériaux, constructions et produits</p> <p align="center">- Exigences, niveaux d'essais et procédures d'essais -</p>	<p align="center">VPAM APR 2006</p> <p align="center">Version : 14.05.2009</p>
---	---	--

1 Domaines d'application

Cette directive décrit les bases des essais balistiques et/ou l'évaluation de conformité¹ de matériaux, constructions et produits offrant une protection contre les attaques par armes à feu.

Les bases techniques comprennent :

- Définitions
- Conditions d'essai
- Equipements d'essai et de mesure
- Procédures d'essai
- Evaluation et la documentation de l'essai

Cette directive est complétée par des directives VPAM spécifiques au produit dans lesquelles des conditions d'essai, des méthodes d'essai et des équipements d'essai et de mesure différents peuvent être mentionnés.


2 Références normatives

Les documents normatifs suivants comportent des modalités devant être considérées comme faisant partie de cette directive d'essai lorsqu'il y est fait référence.

Il convient de toujours appliquer les dernières versions des normes, références et dispositions légales.

- **EN 10204**, Produits métalliques – Types de documents de contrôle
- **EN 1063**, Verre dans la construction – Vitrage de sécurité – Mise à l'essai et classification de la résistance à l'attaque par balle
- **STANAG 2920**, Méthode d'essai balistique pour les matériaux pare-balles et les tenues de combat
- **STANAG 4569**, Niveaux de protection pour les occupants de véhicules blindés légers et logistiques
- **Directives VPAM**
- **TDCC**, Tableaux des dimensions de la Commission internationale permanente pour l'épreuve des armes à feu portatives (C.I.P.)

¹ Par souci de simplification, le terme "essai" sera utilisé dans la suite du document.

	<p align="center">Bases générales pour essais balistiques sur matériaux, constructions et produits</p> <p align="center">- Exigences, niveaux d'essais et procédures d'essais -</p>	<p align="center">VPAM APR 2006</p> <p align="center">Version : 14.05.2009</p>
---	---	--

3 Termes

Les termes suivants sont approuvés pour l'utilisation de cette directive générale :

3.1 Termes généraux

3.1.1 Résistance balistique

La résistance d'un matériau ou d'une construction à la pénétration d'un projectile dans des conditions définies.

Un matériau ou une construction sont résistants aux balles s'ils offrent une résistance définie contre les attaques à l'aide d'armes et de munitions spécifiques.

3.1.2 Niveau d'essai

Nom de la classification d'une résistance contre un potentiel d'attaque défini.

3.1.3 Classification

Affectation à une classe particulière en fonction du comportement de résistance balistique testé dans des conditions définies.

3.1.4 Nom/identifiant du modèle ou numéro du modèle

Nom ou code unique affecté une fois seulement et identifiant le modèle, le type et les matériaux d'un produit testé.

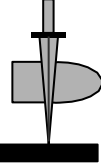
3.2 Termes pour l'éprouvette

3.2.1 Face d'impact

Côté de l'éprouvette faisant face à l'impact et devant être défini par le fabricant/client.

3.2.2 Echantillon

Une ou plusieurs éprouvettes nécessaire(s) pour l'essai.

 <p>VPAM Association des laboratoires d'essais de résistance balistique des matériaux et constructions</p>	<p>Bases générales pour essais balistiques sur matériaux, constructions et produits</p> <p>- Exigences, niveaux d'essais et procédures d'essais -</p>	<p>VPAM APR 2006</p> <p>Version : 14.05.2009</p>
--	---	--

3.2.3 Epreuve

Objet prévu pour l'essai et développé selon les directives d'essai.

Note : Le modèle, le type et les matériaux des échantillons doivent coïncider avec les informations fournies par les fabricants ou les clients et doivent être représentatifs du produit. En outre, l'éprouvette doit être accompagnée de certificats de contrôle (numéro de lot par exemple) ou d'une description précise de sa structure (notamment la composition du matériau) et de l'indication du procédé de fabrication.

3.3 Termes de la procédure d'essai

3.3.1 Vitesse d'impact

Vitesse du projectile en m/s à une distance maximum de 2,5 m face au point d'impact.

3.3.2 Point d'impact

Point défini sur l'éprouvette devant être atteint par le projectile. Il doit être marqué à l'emplacement approprié avant le tir.

3.3.3 Angle d'impact

Angle entre la direction du projectile et la ligne perpendiculaire (90° , correspondant à 0° OTAN) au plan tangent au point d'impact sur la face d'impact de l'éprouvette.


3.3.4 Limite balistique V50

Vitesse du projectile correspondant à une probabilité de 0,5 (50 %) que le projectile défini pénètre l'éprouvette.

3.3.5 Pénétration

La pénétration est établie si

1. un projectile ou fragment de projectile pénètre complètement l'éprouvette
2. la surface arrière de l'éprouvette est pénétrée par le projectile stoppé ou le fragment de projectile stoppé
3. l'éprouvette présente une ouverture à l'arrière laissant passer la lumière, sans que les points 1 et/ou 2 doivent être démontrés
4. un indicateur spécifique de pénétration est pénétré.

	<p align="center">Bases générales pour essais balistiques sur matériaux, constructions et produits</p> <p align="center">- Exigences, niveaux d'essais et procédures d'essais -</p>	<p align="center">VPAM APR 2006</p> <p align="center">Version : 14.05.2009</p>
---	---	--

3.3.6 Indicateur de pénétration/fragment

Est positionné derrière l'éprouvette pendant la durée de l'essai en fonction des exigences spécifiques du produit. Il montre la pénétration de l'éprouvette par le projectile et/ou les fragments de projectile, ou les éclats de l'éprouvette.

3.3.7 Matériau d'appui

Selon les exigences spécifiques du produit, il est disposé derrière une éprouvette pendant la durée de l'essai. Le matériau montre la déformation engendrée par le projectile à l'arrière de l'éprouvette.

3.3.8 Diamètre de l'enfoncement

Diamètre maximum de l'enfoncement dans le matériau d'appui après l'arrivée du projectile sur l'éprouvette.

3.3.9 Profondeur de l'enfoncement

Profondeur maximale de l'enfoncement dans le matériau d'appui après l'arrivée du projectile sur l'éprouvette. La profondeur est mesurée par rapport à la surface d'origine du matériau d'appui, qui est indiquée par la surface du matériau environnant non affectée.

3.3.10 Distance de tir

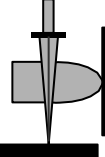
Distance entre la bouche du canon d'une arme et le point d'impact du projectile sur l'éprouvette.

3.3.11 Distance entre impacts

Distance entre les centres de deux impacts sur l'éprouvette.

3.3.12 Distance de l'impact au bord

Distance entre le point d'impact et la ligne la plus proche marquant le bord de la zone de protection.

 <p>VPAM Association des laboratoires d'essais de résistance balistique des matériaux et constructions</p>	<p>Bases générales pour essais balistiques sur matériaux, constructions et produits</p> <p>- Exigences, niveaux d'essais et procédures d'essais -</p>	<p>VPAM APR 2006</p> <p>Version : 14.05.2009</p>
--	---	--

3.4 Termes utilisés pour les projectiles

3.4.1 Projectiles massifs

Les **projectiles massifs** sont constitués d'un matériau homogène tel que du plomb, du laiton ou du tombac, et ne sont pas chemisés.

3.4.1.1 Balle en plomb à tête ronde (L/RN = Lead / Round Nose)

3.4.1.2 Balles coniques en laiton massif (FMs/CB = Full Ms / Coned Bullet)

3.4.2 Projectiles à noyau mou

Les **projectiles** à noyau mou sont constitués d'un noyau déformable en plomb ou en fer et d'une chemise.

3.4.2.1 Balles chemisées à tête ronde et noyau mou (FMJ/RN/SC = Full Metal Jacket / Round Nose / Soft Core)

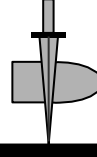
3.4.2.2 Balles chemisées pointues à noyau mou (FMJ/PB/SC = Full Metal Jacket / Pointed Bullet / Soft Core)

3.4.2.3 Balles chemisées coniques à noyau mou (FMJ/CB/SC = Full Metal Jacket / Coned Bullet / Soft Core)

3.4.2.4 Balles chemisées à tête plate et noyau mou (FMJ/FN/SC = Full Metal Jacket / Flat Nose / Soft Core)

3.4.2.5 Balles chemisées à noyau de fer (non durci) (FMJ/FeC = Full Metal Jacket / Fe-Core (non hardened))

3.4.2.6 Balles chemisées, noyau mou et masse pénétrante en acier (FMJ/SCP = Full Metal Jacket / Soft Core Penetrator)

 <p>VPAM Association des laboratoires d'essais de résistance balistique des matériaux et constructions</p>	<p>Bases générales pour essais balistiques sur matériaux, constructions et produits</p> <p>- Exigences, niveaux d'essais et procédures d'essais -</p>	<p>VPAM APR 2006</p> <p>Version : 14.05.2009</p>
--	---	---

3.4.3 Balles chemisées à noyau dur (Full Metal Jacket/Hard core)

Les balles chemisées à noyau dur sont constituées d'un noyau ou constituant de noyau non déformable et d'une chemise.

Note : Ces balles sont également connues sous le nom de "balles perforantes".

3.4.3.1 Balles chemisées à noyau dur (FMJ/HC = Full Metal Jacket / Hard Core) (noyau en acier)

3.4.3.2 Balles chemisées pointues incendiaires à noyau dur (FMJ/PB/HCI = Full Metal Jacket / Pointed Bullet / Hard Core / Incendiary)

3.4.3.3 Balles chemisées à noyau de carbure de tungstène (FMJ/WC = Full Metal Jacket with tungsten carbide core)

4 Conditions d'essai

4.1 Essais avec des types de munitions normalisées

Tableau 1 : Classification des niveaux d'essais

Niveau d'essai	Type d'arme	Calibre	Munition et projectile			Conditions d'essai	
			Type	Masse [g]	Fabricant Type	Distance de tir [m]	Vitesse de la balle [m/s]
1	K/L	22 Long Rifle	L/RN	2,6 ± 0,1	Winchester	10 + 0,5	360 ± 10
2	K	9 mm Luger ⁵⁾	FMJ/RN/SC, étamée	8,0 ± 0,1	DAG, DM 41	5 + 0,5	360 ± 10
3	K	9 mm Luger ⁵⁾	FMJ/RN/SC, étamée	8,0 ± 0,1	DAG, DM 41	5 + 0,5	415 ± 10
4 ¹⁾	K	357 Magnum	FMJ/CB/SC	10,2 ± 0,1	Geco	5 + 0,5	430 ± 10
		44 Rem. Mag.	FMJ ^{*)} /FN/SC	15,6 ± 0,1	Speer	5 + 0,5	440 ± 10
5	K	357 Magnum	FMs/CB	7,1 ± 0,1	DAG, spécial	5 + 0,5	580 ± 10
6	L	7,62 x 39	FMJ/PB/FeC	8,0 ± 0,1 noyau 3,6	PS durcie à froid	10 + 0,5	720 ± 10
7 ¹⁾	L	223 Rem. ²⁾	FMJ/PB/SCP	4,0 ± 0,1	MEN, SS 109	10 + 0,5	950 ± 10
		308 Win.	FMJ/PB/SC	9,55 ± 0,1	MEN, DM 111	10 + 0,5	830 ± 10
8	L	7,62 x 39	FMJ/PB/HCI	7,7 ± 0,1 noyau 4,1 dureté 65 HRC	BZ	10 + 0,5	740 ± 10
9	L	308 Win. ³⁾	FMJ/PB/HC	9,70 ± 0,2 noyau 4,0 ± 0,1 dureté 62 ± 2 HRC	MEN/CBC, FNB, P 80	10 + 0,5	820 ± 10
10	L	7,62 x 54 R	FMJ/PB/HCI	10,4 ± 0,1 noyau 5,3 dureté 63 HRC	B32	10 + 0,5	860 ± 10
11	L	308 Win. ³⁾	FMJ/PB/WC	8,4 ± 0,1 noyau 5,9	Nammo, AP 8	10 + 0,5	930 ± 10
12	L	308 Win. ³⁾	FMJ/PB/WC	12,7 ± 0,1 noyau 5,58 dureté 1330 HV 10	SWISS P AP	10 + 0,5	810 ± 10
13	L	50 Browning	FMJ/PB/HC	43,0 ± 0,5 noyau 35,0 dureté 55 ± 2 HRC	SWISS P Penetrator	⁶⁾	930 ± 20
14	L	14,5 x 114 ⁴⁾	FMJ/PB/HCI	63,4 ± 0,5	B32	⁶⁾	911 ± 20

Les pas de rayure peuvent être obtenus à partir des tableaux des dimensions (TDCC) de la C.I.P.

Signification des abréviations utilisées dans le Tableau 1

FMJ	balle chemisée (acier)	C.I.P.	Commission internationale permanente pour l'épreuve des armes à feu portatives
FMJ*)	balle chemisée (cuivre)	TDCC	Tableaux des dimensions de la C.I.P.
CB	balle conique	DAG	RUAG Ammotec, Allemagne
RN	tête ronde	Geco	RUAG Ammotec, Allemagne
PB	balle pointue	MEN	Metallwerk Elisenhuette Nassau, Allemagne
FN	tête plate	Nammo	Nammo AS, Norvège
L	plomb	FNB	FN Herstal, Belgique
SC	noyau mou en plomb	Speer	Federal Cartridge Company, USA
FeC	noyau en acier doux	1)	Pour ces niveaux, les deux calibres doivent être utilisés.
SCP	noyau mou en plomb et masse pénétrante en acier	2)	pas de rayure : 178 mm \pm 5 %
HC	noyau dur	3)	pas de rayure : 254 mm \pm 5 %
WC	carbure de tungstène	4)	pas de rayure arbitraire
FMs	laiton massif	5)	canon d'essai avec une transition de 7,5 mm
I	Incendiaire	6)	distance de tir arbitraire. Il convient de garantir des coups appropriés en termes de vitesse, oscillation et point d'impact.
		K	arme de poing
		L	fusil


Les niveaux d'essai 1 à 14 mentionnés dans le Tableau 1 sont classés par ordre croissant de résistance balistique. Le niveau d'essai 1 offre la plus basse et le niveau 14 la plus forte résistance à la pénétration. Si une éprouvette atteint un niveau particulier de résistance, tous les niveaux inférieurs sont également atteints.

Pour des constructions et véhicules à tester avec une munition à noyau dur ou à noyau en acier doux, les séparations, jointures et chevauchements seront également testés avec des munitions à noyau mou.

Les niveaux 6 et 8 doivent être également testés avec un projectile FMJ/PB/SC, calibre 7,62 x 39.

Le niveau 9 doit être également testé avec le projectile du niveau d'essai 7, calibre 308 Win.

Le niveau 10 doit être également testé avec un projectile de type D (FMJ/PB/SC), 11,8 \pm 0,1 g, v_0 : 810 \pm 10 m/s, calibre 7,62 x 54R.

	<p align="center">Bases générales pour essais balistiques sur matériaux, constructions et produits</p> <p align="center">- Exigences, niveaux d'essais et procédures d'essais -</p>	<p align="center">VPAM APR 2006</p> <p align="center">Version : 14.05.2009</p>
---	---	--

5 Equipements de mesure et d'essai

5.1 Installation d'essai

L'installation d'essai est montrée en Annexe 1. Les distances de tir sont celles du Tableau 1 du paragraphe 4.1. Des exigences supplémentaires ou différentes sont décrites dans les directives d'essai et/ou normes spécifiques au produit.

5.2 Système d'arme

Il est nécessaire de s'assurer que les paramètres définis dans le tableau 1 du paragraphe 4.1 correspondent bien aux paramètres de l'arme et de la munition utilisées. La conformité par rapport aux demandes définies (point d'impact ou vitesse de la balle par ex.) peut nécessiter l'utilisation d'outils et de canons particuliers, ainsi que de munitions spéciales.

5.3 Précision de l'équipement de mesure

La détermination des grandeurs pertinentes mesurées doit respecter les précisions suivantes :

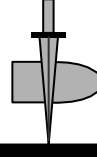
- Vitesse - système de mesure : $\leq 1 \%$
- Thermomètre : $\pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$
- Hygromètre : $\pm 1 \%$ d'humidité relative
- Equipement de mesure de longueurs : 1% de la valeur mesurée
- Rapporteur : $\pm 0,5^\circ$
- Balance : $1 \text{ }_\text{‰}$ de la valeur mesurée.

5.4 Indicateur de fragments

Si aucune règle n'est stipulée dans les directives spécifiques au produit, il convient d'utiliser comme indicateur de fragments une feuille d'aluminium d'une épaisseur de 0,02 mm et d'une masse surfacique de 54 g/m² selon le paragraphe n° 7.1.3 de la norme EN 1063. Il doit être placé à 500 mm \pm 10 mm derrière l'éprouvette, de façon à ce qu'une surface d'au minimum 440 x 440 mm reste libre.

5.5 Indicateur de pénétration

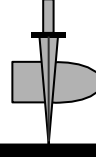
Si aucune règle n'est stipulée dans les directives spécifiques au produit, il convient d'utiliser comme indicateur de pénétration une feuille d'aluminium d'une épaisseur de 0,5 mm (AlCuMg1, F 40). Il doit être placé à 150 mm \pm 5 mm derrière l'éprouvette.

 <p>VPAM Association des laboratoires d'essais de résistance balistique des matériaux et constructions</p>	<p>Bases générales pour essais balistiques sur matériaux, constructions et produits</p> <p>- Exigences, niveaux d'essais et procédures d'essais -</p>	<p>VPAM APR 2006</p> <p>Version : 14.05.2009</p>
--	---	--

Si l'indicateur de fragments doit être utilisé conjointement à l'indicateur de pénétration, ce dernier doit être placé à une distance de 150 mm \pm 5 mm à l'arrière de l'indicateur de fragments.

5.6 Matériau d'appui

Le matériau d'appui - s'il existe - est décrit dans les directives spécifiques au produit.

 <p>VPAM Association des laboratoires d'essais de résistance balistique des matériaux et constructions</p>	<p>Bases générales pour essais balistiques sur matériaux, constructions et produits</p> <p>- Exigences, niveaux d'essais et procédures d'essais -</p>	<p>VPAM APR 2006</p> <p>Version : 14.05.2009</p>
--	---	--

6 Procédures d'essai

6.1 Généralités

Si les paramètres et procédures d'essai ne sont pas définis ici, il convient de se référer aux directives spécifiques au produit.

6.2 Paramètres pertinents pour l'essai


- Vitesse d'impact : selon Tableau 1, n° 4.1
- La vitesse balistique 2,5 m face au point d'impact correspond à la vitesse de l'impact. Les systèmes de mesure capables de déterminer la vitesse réelle d'impact sont autorisés.
- Température ambiante : $+20 \pm 3$ °C
- Humidité relative : 65 ± 10 %
- Température de l'éprouvette : $+20 \pm 3$ °C
- Tolérance de localisation du point d'impact et des distances entre impacts : ± 10 mm
- Distance de tir : $5 + 0,5$ m ou $10 + 0,5$ m
- Angle d'impact : 90° (0° OTAN) et, si cela est indiqué, d'autres angles définis dans les directives spécifiques au produit
- Configuration et taille de l'éprouvette, et méthodes de construction et de fabrication
- Les spécifications du matériau doivent être présentées par le demandeur et, si cela est demandé dans les directives spécifiques au produit, doivent également être démontrées ; pour les aciers par exemple, l'analyse de fusion correspondant à la norme EN 10204 - 3.1B, ainsi que l'identification correspondante.

6.3 Répétition de l'essai

Si les résultats ne permettent pas une évaluation formelle, l'essai peut être répété à un point analogue. Cet emplacement ne doit pas être influencé par le précédent impact.

Si, dans des cas isolés, la vitesse de la balle se trouve en dehors de la plage autorisée, le tir ne doit être répété que dans les cas suivants :

- si, à une vitesse inférieure à la limite de vitesse inférieure, aucune pénétration n'a eu lieu
- si, à une vitesse supérieure à la limite supérieure, une pénétration a eu lieu.

	<p align="center">Bases générales pour essais balistiques sur matériaux, constructions et produits</p> <p align="center">- Exigences, niveaux d'essais et procédures d'essais -</p>	<p align="center">VPAM APR 2006</p> <p align="center">Version : 14.05.2009</p>
---	---	--

6.4 Calcul de la limite balistique V_{50}

6.4.1 Procédures d'essai

La vitesse de la balle doit être déterminée comme la vitesse d'impact selon le paragraphe 3.3.1.

Les impacts sur l'éprouvette doivent être choisis de telle sorte qu'il n'y ait pas de dommages antérieurs résultants de précédents tirs autour du point d'impact, qui pourraient influencer le résultat.

Si l'endommagement de l'éprouvette est trop important en raison d'un trop grand nombre de tirs, l'essai doit être poursuivi à l'aide d'une autre éprouvette.

Les essais doivent être effectués avec un angle d'impact de $90 \pm 2^\circ$ ($0^\circ \pm 2^\circ$ OTAN), ainsi que selon la disposition indiquée en Annexe 1.

En cas d'utilisation de plastiline comme matériau d'appui, celle-ci doit être remise à plat et arasée à l'aide d'une lame après chaque tir, et l'éprouvette fixée doit être également remise à plat.

Les normes pour les balles, les distances de tir et les pas de rayure doivent être appliquées selon le Tableau 1, paragraphe 4.1.

Si la vitesse des balles ne peut être atteinte avec le canon d'essai déterminé pour le niveau d'essai, de plus grandes chambres de combustion de taille définie (cône et longueur) peuvent être utilisées. Il convient de veiller à éviter autant que possible une déformation des balles par l'utilisation de poudre progressive.

6.4.2 Méthode STANAG 2920

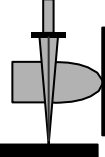
Si l'utilisation de la méthode STANAG 2920 est requise pour la détermination de V_{50} , il convient d'utiliser la version la plus récente de cette norme.

Cette méthode n'est cependant pas capable de fournir une variance pour la détermination de toute probabilité de pénétration.

6.4.3 Méthode VPAM-KNB

L'avantage de la méthode VPAM-KNB est que tout tir d'essai peut être analysé indépendamment de la plage de vitesses et qu'outre V_{50} (valeur moyenne), une estimation de l'écart-type peut être calculée. Ainsi, on suppose que la probabilité de pénétration est une fonction continue (loi normale) de la vitesse d'impact. Outre V_{50} , d'autres niveaux de sécurité (tels que V_{95}) peuvent être indiqués.

Les échantillons n'englobant toujours qu'un nombre fini d'événements, la fonction de probabilité doit être remplacée par la fréquence relative. Les fréquences relatives de variables continues aléatoires ne peuvent cependant être estimées que si une classification des vitesses dans des intervalles de classe spécifiques est effectuée (5 ou 10 m/s par exemple).

 <p>VPAM Association des laboratoires d'essais de résistance balistique des matériaux et constructions</p>	<p>Bases générales pour essais balistiques sur matériaux, constructions et produits</p> <p>- Exigences, niveaux d'essais et procédures d'essais -</p>	<p>VPAM APR 2006</p> <p>Version : 14.05.2009</p>
--	---	--

Le changement de la fréquence de classe relative f_k et de la valeur centrale de l'intervalle de classe v_k^* d'une classe k spécifique donne :

$$V_{50} = \sum v_k \cdot f_k \quad \text{valeur moyenne } V_{50}$$

$$s^2 = \sum (v_k - V_{50})^2 \cdot f_k \quad \text{écart-type}$$

$$f_k = \Delta F_k = F_{k+1} - F_k \quad \text{changement de la fréquence de classe relative}$$

$$v_k = \frac{1}{2} \cdot (v_{k+1}^* + v_k^*) \quad \text{vitesse de classe correspondante}$$

A partir des résultats d'un tir d'essai, trois domaines peuvent être identifiés (F_k étant la pénétration relative) :

- *Domaine 1* : seulement les tirs stoppés ($F_k = 0$)
- *Domaine 2* : pénétrations et tirs stoppés ($0 \leq F_k \leq 1$)
- *Domaine 3* : seulement les pénétrations ($F_k = 1$).

Pour une analyse correcte, les conditions suivantes doivent être remplies :

- Le nombre minimum de tirs devrait être de 16 (mieux : 20 à 30).
- Chaque domaine doit comprendre au minimum 2 tirs.

Ceci signifie que le tir à la vitesse la plus basse ne peut pas se traduire par une pénétration et que le tir à la vitesse la plus élevée doit se traduire par une pénétration. Cette condition est liée à la forme élémentaire de la fonction de probabilité de pénétration, qui tend vers 0 pour les valeurs faibles et vers 1 pour les valeurs fortes.

Si la section centrale est vide, aucune détermination de la variance n'est possible car dans ce cas, $s = 0$.

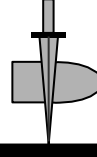
- Entre deux domaines voisins, il ne peut y avoir plus d'une classe vide de vitesse.

L'utilisation des formules indiquées ci-dessus engendre systématiquement un trop petit écart-type pour les nombres de tirs peu élevés (< 100) ; ainsi, une correction dépendant du nombre de tirs est nécessaire :

$$s_{corr} = s \cdot [1.71 - 0.151 \cdot \ln(n)]$$

Où n se rapporte au nombre de tirs et \ln au logarithme naturel. Un formulaire pour le calcul de V_{50} et de l'écart-type s_{corr} est disponible en Annexe 2. Les résultats (pénétration "DS" ou non-pénétration "KD") doivent être inscrits dans les colonnes correspondantes.

L'analyse s'effectue selon les formules indiquées ci-dessus.

 <p>VPAM Association des laboratoires d'essais de résistance balistique des matériaux et constructions</p>	<p>Bases générales pour essais balistiques sur matériaux, constructions et produits</p> <p>- Exigences, niveaux d'essais et procédures d'essais -</p>	<p>VPAM APR 2006</p> <p>Version : 14.05.2009</p>
--	---	--

Des niveaux de sécurité autres que 50 % peuvent également être déterminés grâce à la relation suivante (k_p selon le Tableau 2):

$$v_p = V_{50} + k_p \cdot s_{corr}$$

Tableau 2 : Coefficients pour les niveaux de sécurité

p [%]	k_p
75	0,674
90	1,282
95	1,645
99	2,326
99,5	2,576
99,9	

6.5 Analyse du risque statistique

Si, pour une protection balistique, la vitesse moyenne de pénétration (V_{50}) et l'écart-type correspondant s selon le point 6.4.3 sont déterminés, l'analyse du risque peut être effectuée par des méthodes statistiques.

6.5.1 Détermination de la vitesse critique pour une probabilité de pénétration donnée

Pour une probabilité de pénétration donnée p , la vitesse critique correspondante v_p de la protection balistique se calcule à l'aide de la relation suivante. Ceci permet la comparaison directe de cette vitesse critique à la vitesse maximale de combat indiquée par l'utilisateur :

$$v_p = V_{50} + \alpha_p \cdot s_{corr} \quad [\text{m/s}]$$

Les valeurs du nombre α_p sont compilées dans le Tableau 3 en fonction de la probabilité de pénétration. Elles proviennent de la loi normale standard.

Tableau 3 : Valeurs pour le calcul de la vitesse critique pour une probabilité de pénétration donnée

p	10^{-6}	10^{-5}	10^{-4}	10^{-3}	0,01	0,02	0,05	0,1
α_p	-4,753	-4,265	-3,719	-3,090	-2,326	-2,054	-1,645	-1,282

Exemple :

$$V_{50} = 465 \text{ m/s}$$

$$s_{corr} = 12.5 \text{ m/s}$$

La formule $v_p = V_{50} + \alpha_p \cdot s_{corr}$ donne comme vitesse critique pour la probabilité de pénétration $p = 10^{-3}$ (1 pénétration tous les 1000 tirs) :

$$v_p = 465 - 3.090 \cdot 12.5 = 426.4 \text{ m/s}$$

6.5.2 Détermination de la probabilité de pénétration pour une vitesse d'impact donnée

La détermination de la probabilité de pénétration p_v à une vitesse d'impact maximale donnée v_p permet l'estimation du risque résiduel.

Pour une valeur V_{50} et un écart-type s_{corr} connus, la probabilité de pénétration pour une vitesse d'impact v_p peut être calculée de la façon suivante :

Détermination de α_p avec :

$$\alpha_p = \frac{V_p - V_{50}}{S_{\text{kor}}}$$
 [-]

Lorsqu'on connaît α_p , la probabilité p_v peut être calculée selon la formule suivante :

$$p_v = P(\alpha_p) = \frac{1}{\sqrt{2 \cdot \pi}} \int_{-\infty}^{\alpha_p} e^{-\frac{x^2}{2}} dx$$
 [-]

ou à l'aide du tableau suivant :

Tableau 4 : Probabilité de pénétration $p_v = P(v_p)$ en fonction de α_p

	0,0	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9
-5	2,87e-07	1,70e-07	9,98e-08	5,80e-08	3,34e-08	1,90e-08	1,07e-08	6,01e-09	3,33e-09	1,82e-09
-4	3,17e-05	2,07e-05	1,34e-05	8,55e-06	5,42e-06	3,40e-06	2,11e-06	1,30e-06	7,94e-07	4,80e-07
-3	1,35e-03	9,68e-04	6,87e-04	4,83e-04	3,37e-04	2,33e-04	1,59e-04	1,08e-04	7,24e-05	4,81e-05
-2	2,28e-02	1,79e-02	1,39e-02	1,07e-02	8,20e-03	6,21e-03	4,66e-03	3,47e-03	2,56e-03	1,87e-03
-1	1,59e-01	1,36e-01	1,15e-01	9,68e-02	8,08e-02	6,68e-02	5,48e-02	4,46e-02	3,59e-02	2,87e-02
-0	5,00e-01	4,60e-01	4,21e-01	3,82e-01	3,45e-01	3,09e-01	2,74e-01	2,42e-01	2,12e-01	1,84e-01
0	5,00e-01	5,40e-01	5,79e-01	6,18e-01	6,55e-01	6,91e-01	7,26e-01	7,58e-01	7,88e-01	8,16e-01
1	8,41e-01	8,64e-01	8,85e-01	9,03e-01	9,19e-01	9,33e-01	9,45e-01	9,55e-01	9,64e-01	9,71e-01
2	9,77e-01	9,82e-01	9,86e-01	9,89e-01	9,92e-01	9,94e-01	9,95e-01	9,97e-01	9,97e-01	9,98e-01
3	9,99e-01	9,99e-01	9,99e-01	1,00e+00	1,00e+00	1,00e+00	1,00e+00	1,00e+00	1,00e+00	1,00e+00

Exemple :

$$V_{50} = 465 \text{ m/s}$$

$$S_{\text{kor}} = 12.5 \text{ m/s}$$

La formule $\alpha_p = \frac{V_p - V_{50}}{S_{\text{kor}}}$ donne, pour une vitesse d'impact de 420 m/s :

$$\alpha_p = -3.6$$

Selon le Tableau 4, la probabilité de pénétration à 420 m/s est la suivante :

$$1,59 \times 10^{-4}$$

Il faut donc s'attendre à une moyenne d'environ 1,6 pénétration tous les 10 000 tirs.

6.6 Matériaux de référence (mesure de l'énergie résiduelle)

Pour la détermination de l'énergie résiduelle transférée au corps derrière une protection balistique en cas de non-pénétration, on utilise des matériaux malléables (plastiline), dans lesquels le volume de l'enfoncement formé à l'impact est proportionnel à l'énergie transmise.

La détermination de ce volume permet d'obtenir une approximation de l'énergie résiduelle derrière une protection balistique. Le facteur de proportionnalité liant le volume à l'énergie est déterminé en même temps que la plasticité de la plastiline par la méthode de la chute de balle.

Procédure

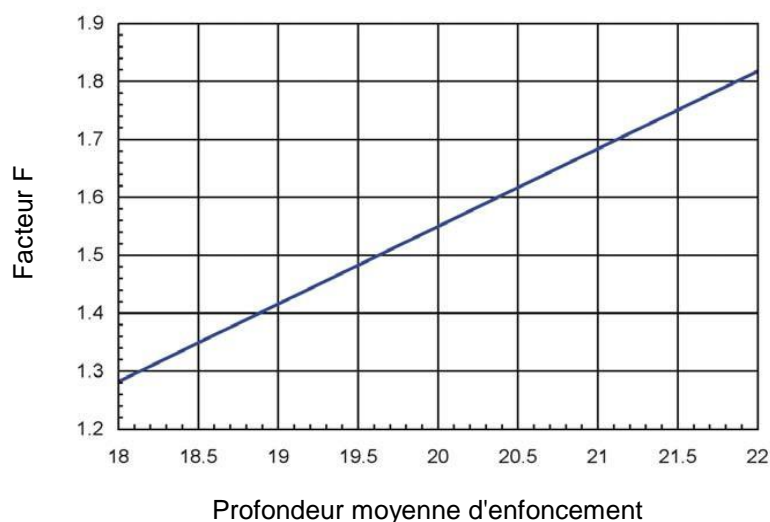
Pour l'étalonnage de la plastiline, on détermine la moyenne des profondeurs d'enfoncement obtenues après cinq essais de chute de poids. Avec cette valeur moyenne d_m s'élevant à 20 ± 2 mm, le volume maximum V_{zul} autorisé de l'enfoncement peut être déterminé à l'aide de la formule suivante :

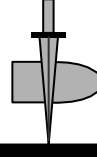
$$V_{zul} = F \cdot E_{mf} = (0.134 \cdot d_m - 1.13) \cdot E_{mf} \quad (d_m \text{ en mm}) \quad [\text{cm}^3]$$

Exemple : Si une valeur de 70 J s'applique pour une valeur autorisée d_m d'énergie transférée au corps autorisée de 70 J et qu'une profondeur d'enfoncement moyenne de 20,5 mm a été déterminée lors de la mesure de plasticité, le volume maximum autorisé de l'enfoncement formé derrière la protection balistique est le suivant (arrondir au cm^3 supérieur) :

$$V_{zul} = (0.134 \cdot 20.5 - 1.13) \cdot 70 = 1.62 \cdot 70 = 113.4 \text{ cm}^3$$

Le graphique suivant permet également, comme cette formule, de déterminer le facteur F :



 <p>VPAM Association des laboratoires d'essais de résistance balistique des matériaux et constructions</p>	<p>Bases générales pour essais balistiques sur matériaux, constructions et produits</p> <p>- Exigences, niveaux d'essais et procédures d'essais -</p>	<p>VPAM APR 2006</p> <p>Version : 14.05.2009</p>
--	---	--

Après l'impact, les bourrelets qui se sont formés autour de l'enfoncement doivent être éliminés pour aplanir la surface. La cavité est ensuite remplie d'eau, puis le volume d'eau est mesuré et comparé à la valeur autorisée déterminée ci-dessus.

7 Evaluation et documentation de l'essai

7.1 Evaluation de l'essai

Selon cette directive, un essai est considéré comme réussi s'il satisfait aux exigences du paragraphe 4.1.

L'essai de résistance balistique est considéré comme un échec si une pénétration selon la définition donnée au paragraphe 3.3.5 a lieu.


Selon les résultats enregistrés, les définitions et/ou abréviations suivantes doivent être utilisées dans le rapport d'essai :

oM	=	Sans marques
BmRmL	=	Bosse avec fissure laissant passer la lumière (pénétration si éclat dans la plastiline)
BmRoL	=	Bosse avec fissure ne laissant pas passer la lumière (absence de pénétration)
BoR	=	Bosse sans fissure (absence de pénétration)
Ds	=	Pénétration
Ss	=	Balle stoppée dans l'éprouvette
Apr	=	Ricochet
GaO	=	Sortie de la balle de l'éprouvette du côté de l'impact
GaS	=	Sortie de la balle de l'éprouvette sur le côté
NS	=	Absence d'éclat
S	=	Eclat
KP	=	Absence de pénétration

7.2 Rapport d'essai

L'essai et les résultats d'essai doivent être documentés dans le rapport d'essai. Ce rapport doit inclure au minimum les déclarations et détails suivants :

- Nom et adresse du centre d'essai
- Nom et adresse du demandeur
- Fabricant et lieu de fabrication de l'éprouvette
- Nom de marque et/ou désignation du type d'éprouvette
- Numéro et date du rapport d'essai
- Date de réception de l'éprouvette
- Date d'essai
- Structure, taille et nombre des éprouvettes, ainsi que d'autres détails utiles (masse surfacique, épaisseur de l'éprouvette, etc.)
- Détails du matériau, du traitement et du numéro de lot
- Détails des exigences de l'essai
- Détails des spécifications d'essai

	Bases générales pour essais balistiques sur matériaux, constructions et produits - Exigences, niveaux d'essais et procédures d'essais -	VPAM APR 2006 Version : 14.05.2009
---	--	--

- Ecart et restrictions par rapport aux exigences/spécifications de l'essai
- Détails sur les inexactitudes de mesure (si nécessaire) et défauts décelés
- Mesures, analyses, résultats déduits, tableaux, graphiques, croquis et/ou photos
- Constatations sur la pénétration et/ou d'autres dommages
- Remarques sur des observations et constatations spéciales lors de l'essai
- Déclaration que les résultats d'essai concernent exclusivement l'éprouvette
- Remarques sur un certificat ou un rapport d'essai délivré
- Déclaration que sans l'accord du centre d'essais, la duplication d'extraits du rapport d'essai est interdite
- Nom et signature du responsable de l'essai

7.3 Certificat d'essai/attestation d'essai

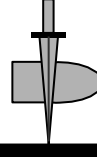
Si le résultat de l'essai est positif, un certificat d'essai est délivré. Seuls les membres de la VPAM sont habilités à délivrer un certificat d'essai selon cette directive.

Dans ce certificat d'essai, les niveaux d'essai selon cette directive et les autres exigences allant au-delà de cette directive doivent être documentés. Si l'essai a échoué, aucun certificat d'essai n'est délivré. Le client reçoit un rapport d'essai.

Si l'essai demandé, pour les besoins du client, est effectué avec un type de munition non classé selon le Tableau 1 (paragraphe 4.1) de cette directive, le client reçoit, si l'essai est positif, un rapport d'essai et une confirmation écrite.

Le certificat d'essai ou la confirmation écrite doivent mentionner qu'ils ne s'appliquent qu'à l'échantillon testé. Ils contiennent au minimum les détails suivants :

- Nom et adresse du centre d'essai
- Nom et adresse du client
- Fabricant et lieu de fabrication de l'éprouvette
- Objet et désignation du type d'éprouvette
- Détails des exigences de l'essai
- Classification selon le Tableau 1 (paragraphe 4.1)
- Numéro et date de publication du certificat d'essai/de la confirmation écrite
- Numéro du rapport d'essai
- Date et lieu de l'essai
- Détails sur la validité et la distribution du certificat d'essai ou de la confirmation écrite

 <p>VPAM Association des laboratoires d'essais de résistance balistique des matériaux et constructions</p>	<p>Bases générales pour essais balistiques sur matériaux, constructions et produits</p> <p>- Exigences, niveaux d'essais et procédures d'essais -</p>	<p>VPAM APR 2006</p> <p>Version : 14.05.2009</p>
--	---	--

7.4 Validité du certificat d'essai/de la confirmation écrite

Le certificat d'essai ou la confirmation écrite ne sont valables que si les produits fabriqués ensuite sont identiques à l'échantillon testé.

La validité expire si

- des changements ou modifications du processus de production, des matériaux ou du système de management de la qualité pouvant influencer sur la conformité du produit sont effectués ou
- un essai subséquent donne un résultat négatif.

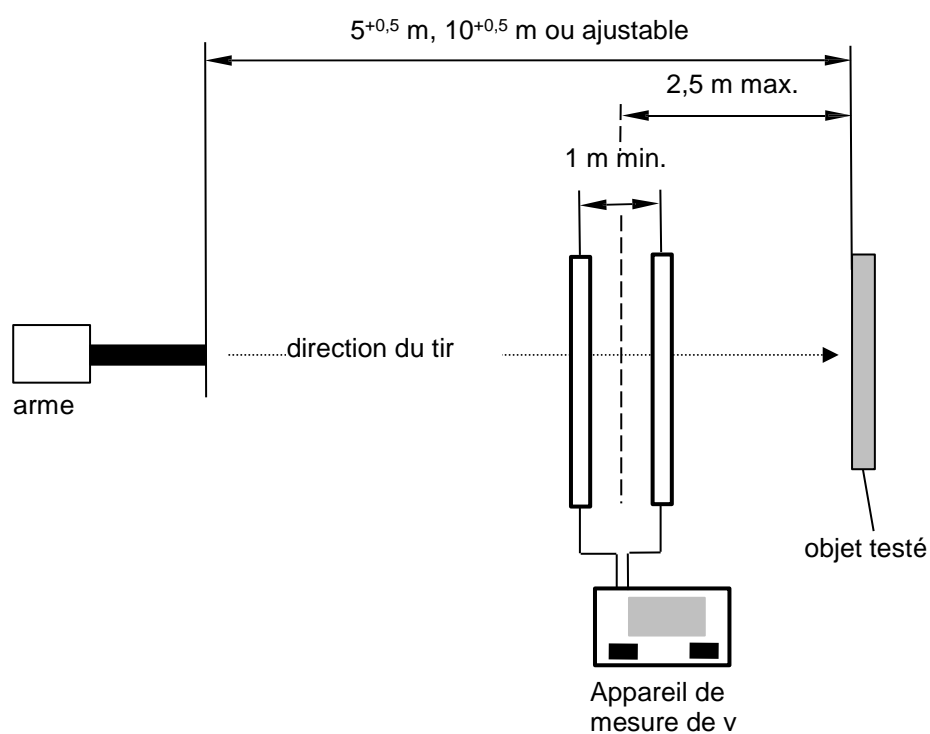
7.5 Traçabilité des résultats

Le client doit assurer le stockage des échantillons d'essai afin d'établir la traçabilité des résultats d'essais.

7.6 Détails sur le matériau et son traitement

Les détails sur le matériau, la structure, la méthode de fabrication et, pour les métaux, l'analyse de fusion selon la norme EN 10204, doivent être déposés à l'institut d'essai.

Annexe 1 : Installation d'essai



Annexe 2 : Formulaire pour la détermination de V_{50} et de l'écart-type s

Vitesse de pénétration des matériaux de protection

Détermination de la valeur moyenne et de l'écart-type

Objet testé :

Date :

Seuil de test : 0,01 %
Limite de classe : 450 m/s
Intervalle de classe : 5 m/s

V_u [m/s]	V_o [m/s]	KD	DS	F_k	$f_k = \Delta F_k$	V_k [m/s]	V_{50} [m/s]	S [m/s]
450	455	0	0	0,00	0,00	0,0	0,0	0,00
455	460	0	0	0,00	0,00	0,0	0,0	0,00
460	465	0	0	0,00	0,00	0,0	0,0	0,00
465	470	0	0	0,00	0,00	0,0	0,0	0,00
470	475	0	0	0,00	0,00	0,0	0,0	0,00
475	480	0	0	0,00	0,00	0,0	0,0	0,00
480	485	0	0	0,00	0,00	0,0	0,0	0,00
485	490	0	0	0,00	0,00	0,0	0,0	0,00
490	495	0	0	0,00	0,00	0,0	0,0	0,00
495	500	0	0	0,00	0,00	0,0	0,0	0,00
500	505	0	0	0,00	0,00	0,0	0,0	0,00
505	510	0	0	0,00	0,00	0,0	0,0	0,00
510	515	0	0	0,00	0,00	0,0	0,0	0,00
515	520	0	0	0,00	0,00	0,0	0,0	0,00
520	525	0	0	0,00	0,00	0,0	0,0	0,00
525	530	0	0	0,00	0,00	0,0	0,0	0,00
530	535	0	0	0,00	0,00	0,0	0,0	0,00
535	540	0	0	0,00	0,00	0,0	0,0	0,00
540	545	0	0	0,00	0,00	0,0	0,0	0,00
545	550	0	0	0,00	0,00	0,0	0,0	0,00
550	555	0	0	0,00	0,00	0,0	0,0	0,00
555	560	0	0	0,00	0,00	0,0	0,0	0,00
560	565	0	0	0,00	0,00	0,0	0,0	0,00
565	570	0	0	0,00	0,00	0,0	0,0	0,00
570	575	0	0	0,00	0,00	0,0	0,0	0,00
575	580	0	0	0,00	0,00	0,0	0,0	0,00
580	585	0	0	0,00	0,00	0,0	0,0	0,00
585	590	0	0	0,00	0,00	0,0	0,0	0,00
590	595	0	0	0,00	0,00	0,0	0,0	0,00
595	600	0	0	0,00	0,00	0,0	0,0	0,00
	Total	0	0				0,0	0,00

Vitesse de pénétration moyenne (V_{50}) : 0,0 m/s

Ecart-type (S_{corr}) : 0,0 m/s

0,0100 % - vitesse critique : 0,0 m/s

Probabilité de pénétration entre 0

0 m/s

0,0E+00