 <p>VPAM Vereinigung der Prüfstellen für angriffs- hemmende Materialien und Konstruktionen</p>	<p>Principes généraux des tests balistiques sur des produits, des constructions et des matériaux</p> <p>- Prescriptions, niveaux d'essai et méthodes d'essai -</p>	<p>VPAM APR 2006 Version établie le 30.11.2014</p>
--	--	--

Principes généraux des tests balistiques sur des produits, des constructions et des matériaux

Éditeur :

Association des laboratoires d'essai de matériaux et
de constructions résistants aux balles
(Vereinigung der Prüfstellen für
angriffshemmende Materialien und
Konstruktionen - VPAM)

Französische Übersetzung, es gilt immer die deutsche Originalfassung!

Traduction en français, la version originale en allemand prévaut toujours !

Version établie le 30.11.2014

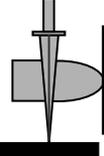
	<p align="center">Principes généraux des tests ballistiques sur des produits, des constructions et des matériaux</p> <p align="center">- Prescriptions, niveaux d'essai et méthodes d'essai -</p>	<p align="center">VPAM APR 2006</p> <p align="center">Version établie le 30.11.2014</p>
---	---	--

Première édition de la directive générale VPAM APR 2006 : 13/10/2006

Relevé des modifications

Modifications		Des modifications ont été apportées et numérotées comme suit
N°	Date	
1	25.10.2007	4.1 (Extension à 14 niveaux d'essai, d'où des modifications s'appliquant aux niveaux de 12 à 14)
2	08.05.2008	Page de garde (modification des termes, d'où des modifications aux paragraphes 3.1.2, 4.1, 6.4.1 et 7.3), préface, 6.4.3, 6.5.1, 6.5.2, 6.6, annexe 2 (méthode de calcul) et annexe 3
3	14.05.2009	Préface, 4.1 (niveau d'essai 9 et complément de la légende se rapportant au tableau 1), paragraphe 6.2 (5ème énumération), paragraphe 6.6 (valeur d'énergie dans l'exemple) et annexe 3 (supprimée)
4	12.05.2010	Annexe 1 (note de bas de page)
5	25.09.2014	<p>2 Modification Références normatives</p> <p>3.1 Termes usuels</p> <p>3.1.4 Modification Désignation de l'échantillon/du type</p> <p>3.1.5 Admission à l'évaluation de la conformité</p> <p>3.2 Termes pour les échantillons d'essai</p> <p>3.2.3 Modification de l'échantillon d'essai</p> <p>3.3 Termes relatifs aux méthodes d'essai</p> <p>3.3.4 Angle d'attaque et 3.3.12 Enregistrement de la position de tir</p> <p>3.3.7 Matériau de fond, 3.3.8 Diamètre de l'empreinte et 3.3.9 Profondeur de l'empreinte sans objet</p> <p>4.1 Essais avec des types de munitions normalisés</p> <p>Tableau 1 Classification des étapes d'essai</p> <p>Tableau 1 Révision et création d'un document annexé AND #01.</p>

		<p>5.3 Précision de l'équipement de mesure, ajustement des tolérances</p> <p>6.1 Extension générale</p> <p>6.2 Paramètres relatifs à l'essai, révision et adaptation de la liste</p> <p>6.4 Détermination de la valeur limite balistique v50</p> <p>6.4.2 Méthode selon STANAG 2920 sans objet</p> <p>7.1 Évaluation et documentation de l'essai</p> <p>7.2 Rapport d'essai Révision</p> <p>7.3 Certificat d'essai Révision</p> <p>terminologie Certificat d'essai sans objet</p> <p>essais selon document annexé Enregistrement</p> <p>7.4 Révision du certificat d'essai de validité</p> <p>7.5 Modification Traçabilité des résultats</p> <p>7.6 Données sur les matériaux/transformation des matériaux sans objet</p> <p>Annexe 1 Disposition d'essai</p> <p>distance de tir selon le Tableau 1, paragraphe 4.1</p> <p>Réglage</p> <p>Annexe 2 Enregistrement de l'esquisse « Définition de l'angle », l'annexe 2 devient l'annexe 3 Modification</p>
--	--	---

 <p>VPAM Vereinigung der Prüfstellen für angriffs- hemmende Materialien und Konstruktionen</p>	<p>Principes généraux des tests ballistiques sur des produits, des constructions et des matériaux</p> <p>- Prescriptions, niveaux d'essai et méthodes d'essai -</p>	<p>VPAM APR 2006 Version établie le 30.11.2014</p>
--	---	--

Préface

Cette directive a été élaborée par l'Association des laboratoires d'essai de matériaux et de constructions résistants aux balles (VPAM).

La directive contraignante actuelle peut être consultée en suivant ce lien: www.vpam.eu

Source de la directive VPAM - APR 2006 :



Bureau administratif

**Deutsche Hochschule der Polizei
(université de la police allemande)**

**Polizeitechnisches Institut
(institut technique de la police)**

Postfach 48 03 53

48080 Münster

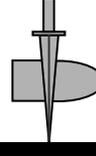
Allemagne

Téléphone : +49 (0) 25 01 806-259

Télécopieur : +49 (0) 25 01 806-239

Courriel : pti@dhpol.de

Internet: www.dhpol.de ou www.vpam.eu

 <p>VPAM Vereinigung der Prüfstellen für angriffs- hemmende Materialien und Konstruktionen</p>	<p>Principes généraux des tests balistiques sur des produits, des constructions et des matériaux</p> <p>- Prescriptions, niveaux d'essai et méthodes d'essai -</p>	<p>VPAM APR 2006 Version établie le 30.11.2014</p>
--	--	--

Objectifs de l'association VPAM

La VPAM a été créée en 1999 avec l'objectif de promouvoir l'échange d'expérience et l'assistance mutuelle en ce qui concerne l'essai de matériaux et de constructions résistants aux balles.

La coopération s'appuie sur des prises de position communes eu égard aux normes techniques, aux directives et à diverses dispositions juridiques.

La publication de propres lignes directrices pour les essais assure des résultats reproductibles d'une part, elle procure une meilleure transparence du marché aux clients et aux utilisateurs d'autre part, en leur permettant d'évaluer les produits de différents fournisseurs selon une procédure objectivement comparable et reproductible.

Les membres de la VPAM sont indépendants et astreints à la neutralité. Les laboratoires affiliés à la VPAM travaillent d'après les normes de qualité pertinentes EN ISO/IEC 17025 (Exigences générales concernant la compétence des laboratoires d'étalonnages et d'essais) et EN 45011 (Exigences générales, relatives aux organismes procédant à la certification de produits).

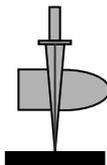
Les adresses des institutions de la VPAM sont mentionnées sur le site Internet www.vpam.eu.

Table des matières

	Page
1	Champ d'application..... 8
2	Références normatives..... 8
3	Terminologie..... 9
3.1	Termes généraux..... 9
3.1.1	Résistance aux balles..... 9
3.1.2	Niveau d'essai..... 9
3.1.3	Classification..... 9
3.1.4	Nom ou numéro du modèle..... 9
3.1.5	Évaluation de la conformité..... 9
3.2	Termes applicables aux éprouvettes..... 9
3.2.1	Face subissant l'impact..... 9
3.2.2	Échantillon..... 10
3.2.3	Éprouvette..... 10
3.3	Termes applicables à la procédure d'essai..... 10
3.3.1	Vitesse d'impact..... 10
3.3.2	Point d'impact..... 10
3.3.3	Angle d'impact..... 10
3.3.4	Angle d'attaque..... 10
3.3.5	Valeur limite balistique V_{50}..... 11
3.3.6	Pénétration 11
3.3.7	Indicateur de pénétration / d'éclats..... 11
3.3.8	Distance de tir..... 11
3.3.9	Distance entre les impacts de tir 11
3.3.10	Distance entre le point d'impact et le bord..... 11
3.3.11	Position du point d'impact..... 11
4	Conditions d'essai..... 12
4.1	Essai avec des types de munition normalisés..... 12
5	Équipement de contrôle, de mesure et d'essai..... 14
5.1	Montage d'essai..... 14
5.2	Système d'arme..... 14
5.3	Précision des instruments de mesure..... 14
5.4	Indicateur d'éclats 14
5.5	Indicateur de pénétration..... 14

	<p align="center">Principes généraux des tests balistiques sur des produits, des constructions et des matériaux</p> <p align="center">- Prescriptions, niveaux d'essai et méthodes d'essai -</p>	<p align="center">VPAM APR 2006</p> <p align="center">Version établie le 30.11.2014</p>
---	--	---

6	Procédures d'essai.....	16
6.1	Généralités	16
6.2	Paramètres retenus pour l'essai.....	16
6.3	Répétition de l'essai.....	16
6.4	Détermination de la valeur limite balistique V_{50}.....	17
6.4.1	Procédures d'essai.....	17
6.4.2	Méthode selon VPAM-KNB.....	17
6.5	Analyse statistique des risques.....	20
6.5.1	Détermination de la vitesse limite pour une probabilité de pénétration donnée	20
6.5.2	Détermination de la probabilité de pénétration pour une vitesse d'impact donnée	20
6.6	Matériaux de référence (mesure de l'énergie résiduelle).....	22
7	Évaluation et documentation de l'essai	24
7.1	Évaluation de l'essai.....	24
7.2	Rapport d'essai.....	24
7.3	Certificat d'essai / attestation d'essai.....	25
7.4	Validité du certificat d'essai / de l'attestation d'essai.....	26
7.5	Traçabilité des résultats.....	26
Annexe 1 : montage d'essai		27
Annexe 2 : Croquis « Définition de l'angle »		27
Annexe 3 : formulaire pour déterminer la valeur V_{50} et l'écart-type s		28

 <p>VPAM Vereinigung der Prüfstellen für angriffs- hemmende Materialien und Konstruktionen</p>	<p>Principes généraux des tests balistiques sur des produits, des constructions et des matériaux</p> <p>- Prescriptions, niveaux d'essai et méthodes d'essai -</p>	<p>VPAM APR 2006 Version établie le 30.11.2014</p>
--	--	--

1 Champ d'application

Cette directive décrit les principes régissant les tests balistiques et/ou les évaluations de la conformité¹ de matériaux, de constructions et de produits offrant une protection contre les attaques avec des armes à feu.

Ces principes englobent :

- Les termes dûment définis
- Les conditions d'essai
- L'équipement de contrôle et de mesure
- La (ou les) procédure(s) d'essai
- L'évaluation et la documentation de l'essai

Cette directive est complétée par les directives d'essai de la VPAM relatives au produit pouvant spécifier des conditions d'essai, un équipement de contrôle et de mesure ainsi qu'une procédure d'essai divergents.

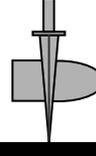
2 Références normatives

Les documents normatifs suivants contiennent des stipulations faisant partie intégrante de cette directive sous la forme de références citées dans ce texte.

Les normes, les directives et les dispositions juridiques doivent toujours être appliquées dans leurs versions respectivement applicables.

- **Norme EN 10204** relative aux Produits métalliques – Types de documents de contrôle
- **Norme EN 1063** relative au Verre dans la construction – Vitrage de sécurité spécial – Mise à essai et classification de la résistance aux balles
- **Norme STANAG 2920** relative à la Méthode de test balistique applicable aux matériaux de blindage et aux vêtements de combat
- **Norme STANAG 4569** relative aux Niveaux de protection pour les occupants de véhicules blindés légers et logistiques
- **Directives de la VPAM**
- **TDCC**, feuilles de données dimensionnelles de la commission internationale permanente pour l'épreuve des armes à feu portatives (C.I.P.)

¹ Le terme « test ou essai » va être utilisé par la suite pour simplifier ce texte.

 <p>VPAM Vereinigung der Prüfstellen für angriffs- hemmende Materialien und Konstruktionen</p>	<p>Principes généraux des tests balistiques sur des produits, des constructions et des matériaux</p> <p>- Prescriptions, niveaux d'essai et méthodes d'essai -</p>	<p>VPAM APR 2006 Version établie le 30.11.2014</p>
--	--	--

3 Terminologie

Les termes énoncés ci-après s'appliquent à la mise en œuvre de cette directive générale.

3.1 Termes généraux

3.1.1 Résistance aux balles

Elle désigne la résistance balistique qu'un matériau ou une construction oppose à la pénétration d'un projectile (d'une balle) dans des conditions définies.

Un matériau ou une construction sont résistants aux balles ou pare-balles lorsqu'il ou elle offre une résistance définie aux attaques avec certains types d'armes et de munitions.

3.1.2 Niveau d'essai

Désignation de la classification d'une résistance à un certain potentiel d'attaque selon le Paragraphe 4.1 Tableau 1.

3.1.3 Classification

Répartition dans une classe d'après le comportement lors du test de la résistance aux balles dans des conditions définies.

3.1.4 Nom ou numéro du modèle

La désignation (nom ou code) identifiant le modèle, le type et les matériaux utilisés d'un produit testé.

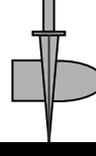
3.1.5 Évaluation de la conformité

L'évaluation de la conformité est la constatation de la conformité d'une consigne par rapport à l'exécution réelle (comparaison valeur de consigne/valeur réelle).

3.2 Termes applicables aux éprouvettes

3.2.1 Face subissant l'impact

La face de l'éprouvette exposée à l'impact devant être indiquée ou marquée par le fabricant ou le client (voir AS en Annexe 2).

 <p>VPAM Vereinigung der Prüfstellen für angriffs- hemmende Materialien und Konstruktionen</p>	<p>Principes généraux des tests balistiques sur des produits, des constructions et des matériaux</p> <p>- Prescriptions, niveaux d'essai et méthodes d'essai -</p>	<p>VPAM APR 2006 Version établie le 30.11.2014</p>
--	--	--

3.2.2 Échantillon

Un ou plusieurs éprouvettes nécessaires au test.

3.2.3 Éprouvette

Un objet destiné à l'essai, qui est exécuté selon une directive liée au produit (voir PR, Annexe 2). Le modèle, le type de construction et les matériaux utilisés de l'échantillon doivent concorder avec ceux spécifiés par le fabricant ou le client et être représentatifs du produit.

3.3 Termes applicables à la procédure d'essai

3.3.1 Vitesse d'impact

La vitesse du projectile (de la balle) en m/s relevée à une distance max. de 2,5 m avant le point d'impact.

3.3.2 Point d'impact

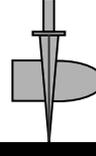
Un objet destiné à l'essai, qui est exécuté selon une directive liée au produit (voir PR, Annexe 2). Le modèle, le type de construction et les matériaux utilisés de l'échantillon doivent concorder avec ceux spécifiés par le fabricant ou le client et être représentatifs du produit.

3.3.3 Angle d'impact

Angle entre la direction de vol du centre de gravité du projectile et la surface de l'échantillon au point d'impact (voir ATW, Annexe 2).

3.3.4 Angle d'attaque

Angle entre la direction de vol du centre de gravité du projectile et l'axe du projectile (voir ASW, Annexe 2).

 <p>VPAM Vereinigung der Prüfstellen für angriffs- hemmende Materialien und Konstruktionen</p>	<p>Principes généraux des tests balistiques sur des produits, des constructions et des matériaux</p> <p>- Prescriptions, niveaux d'essai et méthodes d'essai -</p>	<p>VPAM APR 2006</p> <p>Version établie le 30.11.2014</p>
--	--	--

3.3.5 Valeur limite balistique V_{50}

Une vitesse de projectile correspondant à une probabilité de 0,5 (50%) qu'un projectile (une balle) défini pénètre l'éprouvette.

3.3.6 Pénétration

Elle est avérée lorsque

1. le projectile (la balle) ou un fragment de projectile a complètement pénétré l'éprouvette
2. la face arrière de l'éprouvette est pénétrée par des fragments de projectile ou par le projectile (la balle) restant à l'intérieur
3. l'éprouvette présente une ouverture laissant passer la lumière sur sa face arrière, sans mettre en évidence le point n° 1 ni le point n° 2
4. l'indicateur de pénétration éventuellement prescrit est effectivement transpercé.

3.3.7 Indicateur de pénétration / d'éclats

Il est disposé derrière l'éprouvette pendant toute la durée du test en fonction des exigences spécifiques du produit. Il montre la pénétration de l'éprouvette exposée au projectile (à la balle) et/ou aux fragments de projectile ou bien à des éclats de l'éprouvette.

3.3.8 Distance de tir

La distance entre la bouche de l'arme et le point d'impact du projectile (de la balle) sur l'éprouvette.

3.3.9 Distance entre les impacts de tir

L'écart entre les centres de deux coups portés sur l'éprouvette.

3.3.10 Distance entre le point d'impact et le bord

L'écart entre le point d'impact et la ligne la plus proche matérialisant le bord de la zone de protection.

3.3.11 Position du point d'impact

Point réel où le projectile frappe l'échantillon d'essai. En conséquence, celui-ci peut s'écarter du point d'impact marqué.

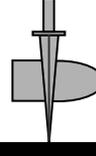
4 Conditions d'essai

4.1 Essai avec des types de munition normalisés

Tableau 1 : classification des niveaux d'essai

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, étamé	8,0 ± 0,1	DAG, DM 41	5 + 0.5	360 ± 10
3	K	9 mm Luger ⁵⁾	FMJ/RN/SC, étamé	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 ¹⁾ /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 durci 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

Les longueurs de pas des rayures figurent dans les feuilles de données dimensionnelles (TDCC) de la C.I.P.
D'autres types de munitions sont contenus dans le document final AND #01.

 <p>VPAM Vereinigung der Prüfstellen für angriffs- hemmende Materialien und Konstruktionen</p>	<p align="center">Principes généraux des tests balistiques sur des produits, des constructions et des matériaux</p> <p align="center">- Prescriptions, niveaux d'essai et méthodes d'essai -</p>	<p align="center">VPAM APR 2006</p> <p align="center">Version établie le 30.11.2014</p>
--	--	--

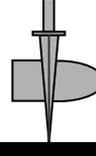
Légende des abréviations employées dans le tableau 1

<p>FMJ Blindage (chemise) massif en acier FMJ*) Blindage (chemise) massif en cuivre CB Balle à pointe conique RN Bout (nez) rond PB Bout (nez) pointu FN Bout (nez) plat L Plomb massif SC Noyau mou en plomb FeC Noyau en fer SCP Noyau mou en plomb à pénétrateur en acier HC Noyau dur en acier WC Carbure de tungstène FMs Laiton massif I Incendiaire</p>	<p>C.I.P. Commission internationale permanente pour l'épreuve des armes à feu portatives TDCC Feuilles de données dimensionnelles de la C.I.P. DAG RUAG Ammotec, Allemagne Geco RUAG Ammotec, Allemagne RUAG RUAG AG, Suisse MEN Metallwerk Elisenhütte Nassau, Allemagne Nammo Nammo AS, Norvège FNB FN Herstal, Belgique Speer Federal Cartridge Company, États-Unis 1) Les deux calibres doivent être systématiquement utilisés à ces niveaux 2) Longueur de pas des rayures 178 mm ± 5% 3) Longueur de pas des rayures 254 mm ± 5% 4) Longueur de pas des rayures librement sélectionnable 5) Canon d'épreuve avec une transition de 7,5 mm 6) Distance de tir librement sélectionnable. Des coups au but adéquats doivent être assurés en termes de vitesse, d'oscillations pendulaires et de point d'impact. K Arme à feu courte L Arme à feu longue</p>
--	--

Les niveaux d'essai mentionnés de 1 à 14 dans le tableau 1 (au paragraphe 4.1) sont présentés par ordre croissant de leur résistance aux balles. Le niveau d'essai 1 offre ainsi la résistance à la pénétration la plus faible, tandis que le niveau d'essai 14 procurant la résistance la plus élevée. Lorsqu'une éprouvette satisfait un certain niveau de résistance, elle remplit aussi toutes les conditions des niveaux inférieurs.

En principe, les distances de tir selon le Tableau 1 doivent être respectées. Si la vitesse requise, l'angle d'incidence et la position de tir du projectile l'exigent, ou s'il existe une autre nécessité technique, la distance de tir peut être réglée.

L'essai est effectué exclusivement avec les munitions du niveau d'essai demandé.

 <p>VPAM Vereinigung der Prüfstellen für angriffs- hemmende Materialien und Konstruktionen</p>	<p>Principes généraux des tests balistiques sur des produits, des constructions et des matériaux</p> <p>- Prescriptions, niveaux d'essai et méthodes d'essai -</p>	<p>VPAM APR 2006 Version établie le 30.11.2014</p>
--	--	--

5 Équipement de contrôle, de mesure et d'essai

5.1 Montage d'essai

Le montage d'essai est schématisé dans l'annexe 1. Les distances de tir figurent dans le tableau 1 au paragraphe 4.1. Des exigences divergentes ou supplémentaires sont décrites dans les directives et/ou les normes spécifiques du produit.

5.2 Système d'arme

Il faut s'assurer que les paramètres définis dans le tableau 1 au paragraphe 4.1 sont bien remplis avec l'arme et la munition utilisées. Le respect des prescriptions établies (par ex. les points d'impact, les vitesses de balle) peut requérir l'emploi de moyens et de canons particuliers ainsi que d'une munition spécialement chargée.

5.3 Précision des instruments de mesure

La détermination de grandeurs de mesure pertinentes dans le cadre du test doit se dérouler avec les précisions suivantes :

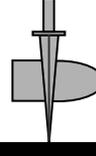
- Dispositif de mesure de la vitesse du projectile : $\leq 1 \%$
- Thermomètre : $\pm 0,5 \text{ }^\circ\text{C}$
- Hygromètre : $\pm 1\%$ d'humidité relative
- Instrument de mesure de longueur : 1% de la valeur mesurée
- Goniomètre : $\pm 0,5^\circ$
- Instrument de pesage : 1‰ de la valeur mesurée

5.4 Indicateur d'éclats

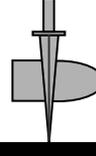
Dans la mesure où aucune stipulation n'est spécifiée dans les directives d'essai spécifiques du produit, il convient d'utiliser comme indicateur d'éclats une feuille d'aluminium épaisse de 0,02 mm et d'une masse surfacique de 54 g/m² conformément au paragraphe 7.1.3 de la norme EN 1063. Celle-ci doit être disposée à une distance de 500 mm \pm 10 mm derrière l'éprouvette, de manière à ce qu'il reste une surface de feuille dégagée d'au moins 440 x 440 mm.

5.5 Indicateur de pénétration

Dans la mesure où aucune stipulation n'est spécifiée dans les directives d'essai spécifiques du produit, il convient d'utiliser comme indicateur de pénétration une tôle d'aluminium épaisse de 0,5 mm (AlCuMg1, F 40). Celle-ci doit être disposée à une distance de 150 mm \pm 5 mm derrière l'éprouvette.

 <p>VPAM Vereinigung der Prüfstellen für angriffs- hemmende Materialien und Konstruktionen</p>	<p>Principes généraux des tests balistiques sur des produits, des constructions et des matériaux</p> <p>- Prescriptions, niveaux d'essai et méthodes d'essai -</p>	<p>VPAM APR 2006 Version établie le 30.11.2014</p>
--	--	--

Si un indicateur d'éclats doit être employé en association avec un indicateur de pénétration, il faut placer l'indicateur de pénétration derrière l'indicateur d'éclats à une distance de 150 mm \pm 5 mm.

 <p>VPAM Vereinigung der Prüfstellen für angriffs- hemmende Materialien und Konstruktionen</p>	<p>Principes généraux des tests balistiques sur des produits, des constructions et des matériaux</p> <p>- Prescriptions, niveaux d'essai et méthodes d'essai -</p>	<p>VPAM APR 2006</p> <p>Version établie le 30.11.2014</p>
--	--	--

6 Procédures d'essai

6.1 Généralités

Dans la mesure où les méthodes d'essai et les caractéristiques ne sont pas décrites ici, elles devront être tirées des lignes directrices relatives aux produits. Avant l'essai balistique, des mesures appropriées doivent être prises pour que l'angle d'incidence au point d'impact soit aussi faible que possible.

6.2 Paramètres retenus pour l'essai

- Shot speed: according to table 1 under figure 4.1
- The shot speed, max. 2.5m in front of the point of impact, corresponds to the speed of impact. Measuring devices that can establish the actual impact speed are permissible.
- Temperature tolerance when conditioning: $\pm 3^{\circ}\text{C}$
- Relative humidity tolerance when conditioning: $\pm 5\%$
- Point of impact and shot distance tolerance: $\pm 10\text{ mm}$
- Angle of attack tolerance: $\pm 2^{\circ}$

6.3 Répétition de l'essai

Si les résultats n'autorisent aucune évaluation explicite, le centre de contrôle peut réitérer le test sur un point analogue. Cet emplacement ne doit pas être influencé par l'impact du tir précédent.

Si la vitesse d'impact se situe isolément en dehors de la plage de tolérance, le tir ne doit être alors répété que dans les cas suivants :

- Si aucune pénétration n'a eu lieu à une vitesse d'impact trop faible
- Si une pénétration s'est produite à une vitesse d'impact trop grande.

	<p align="center">Principes généraux des tests balistiques sur des produits, des constructions et des matériaux</p> <p align="center">- Prescriptions, niveaux d'essai et méthodes d'essai -</p>	<p align="center">VPAM APR 2006</p> <p align="center">Version établie le 30.11.2014</p>
---	--	---

6.4 Détermination de la valeur limite balistique V_{50}

6.4.1 Procédures d'essai

La vitesse du projectile (de la balle) doit être déterminée comme la vitesse d'impact conformément au paragraphe 3.3.1.

Il convient de choisir les coups portés sur l'éprouvette de manière à ce qu'il n'y ait aucun dommage préalable, induit dans la zone du point d'impact par des tirs précédents risquant influencer le résultat.

Si l'éprouvette est trop endommagée par les coups déjà portés, il faut poursuivre le test en utilisant une autre éprouvette.

Les essais doivent être accomplis avec un angle d'impact de $90^\circ \pm 2^\circ$ ($0^\circ \pm 2^\circ$ OTAN) et avec la configuration établie selon l'annexe 1.

Si de la pâte à modeler (plastiline ou plasticine) est employée comme matière absorbante, il convient d'en égaliser la surface après chaque tir en la rectifiant à l'aide d'une lame et de lisser l'éprouvette bridée.

Les consignes s'appliquant aux balles à utiliser, à la distance de tir et aux longueurs de pas des rayures doivent être respectées d'après le tableau 1 figurant au paragraphe 4.1.

Si les vitesses de projectile ne peuvent être atteintes avec le canon d'épreuve destiné au niveau d'essai, des chambres à cartouches plus grandes présentant des dimensions bien définies (cône de transition et longueur) peuvent être employées. Il convient de veiller alors à éviter au maximum dans la mesure du possible toute déformation des balles causée par l'usage de poudre progressive.

6.4.2 Méthode selon VPAM-KNB

La méthode VPAM-KNB offre l'avantage que chaque tir d'essai peut être analysé indépendamment de la plage de vitesses de tir et qu'il en résulte une valeur estimée de l'écart-type en plus de la valeur (moyenne) V_{50} . Il est alors admis que la probabilité de pénétration constitue une fonction normale, continue de la vitesse d'impact. Hormis la valeur limite V_{50} , d'autres seuils de sécurité (par ex. V_{95}) peuvent être également indiqués de la sorte.

Vu que les échantillons comportent constamment un nombre fini d'événements, la fonction de probabilité doit être remplacée par la fréquence relative. Les fréquences

	<p align="center">Principes généraux des tests balistiques sur des produits, des constructions et des matériaux</p> <p align="center">- Prescriptions, niveaux d'essai et méthodes d'essai -</p>	<p align="center">VPAM APR 2006</p> <p align="center">Version établie le 30.11.2014</p>
---	--	---

relatives de variables aléatoires continues ne peuvent être néanmoins estimées que si les vitesses sont réparties par classes d'une certaine amplitude (par ex. 5 ou 10 m/s). La modification de la fréquence de classe relative f_k et du centre v_k^* d'une classe donnée k se traduit par l'obtention des valeurs suivantes :

$$V_{s0} = \sum v_k \cdot f_k \quad \text{Moyenne } V_{s0}$$

$$s^2 = \sum (v_k - V_{s0})^2 \cdot f_k \quad \text{Écart-type}$$

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

$$v_k = \frac{1}{2} \cdot (v_{k+1}^* + v_k^*) \quad \text{Vitesse associée à la classe afférente}$$

À l'issue de l'exécution d'un test dans la pratique, trois secteurs peuvent être identifiés à l'intérieur des classes (F_k désignant la fréquence de pénétration relative) :

- *Secteur 1* : les tirs stoppés uniquement ($F_k = 0$)
- *Secteur 2* : tant les tirs pénétrants que les tirs stoppés ($0 \leq F_k \leq 1$)
- *Secteur 3* : les tirs pénétrants uniquement ($F_k = 1$).

Les conditions suivantes doivent être observées en vue d'une analyse correcte :

- Le nombre de tirs doit s'élever à 16 au minimum (de préférence de 20 à 30)
- Chaque secteur doit contenir au moins 2 tirs.

En d'autres termes, le tir présentant la plus petite vitesse ne doit pas être un tir pénétrant, tandis que le tir effectué à la vitesse la plus élevée doit être un tir pénétrant. Cette condition est corrélée à la forme élémentaire de la fonction de probabilité de pénétration tendant vers 0 pour les valeurs moindres et vers 1 pour les valeurs supérieures.

Si la section moyenne est vide, la dispersion (variance) ne peut être déterminée, étant donné que $s = 0$ dans ce cas.

- Il ne doit pas y avoir plus d'une classe de vitesse vide entre deux secteurs voisins.

Un faible nombre de tirs (< 100) aboutissant systématiquement à un trop petit écart-type d'après les formules susmentionnées, une correction dépendant du nombre de tirs s'avère donc nécessaire :

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

où n représente le nombre de tirs et ln le logarithme naturel. Un formulaire servant à calculer la valeur V_{50} et l'écart-type s_{corr} figure dans l'annexe 2. Les résultats (pénétration « DS » ou aucune pénétration « KD ») doivent être reportés dans les colonnes correspondantes.

L'analyse se déroule d'après les formules susmentionnées.

D'autres seuils de sécurité que 50% peuvent être également déterminés. Il convient alors d'appliquer la relation ci-après (k_p selon le tableau 2) :

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

Tableau 2 : coefficients applicables aux seuils 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 statistique des risques

Si la vitesse de pénétration moyenne (V_{50}) et l'écart-type correspondant s sont déterminés d'après le paragraphe 6.4.3 en vue d'une protection balistique, des analyses de risques peuvent être alors réalisées à l'aide de méthodes statistiques.

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

Dans le cas d'une probabilité de pénétration prédéfinie p , la vitesse limite afférente v_p de la protection balistique est évaluée avec la relation établie ci-après, ce qui permet de comparer directement cette vitesse limite avec la vitesse d'attaque maximale n , prédéterminée par l'utilisateur :

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

Les valeurs du nombre α_p sont réunies dans le tableau 3 en fonction de la probabilité de pénétration. Elles proviennent de la distribution normale standardisée.

Tableau 3 : nombres servant à calculer la vitesse limite 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 :

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

$$S_{\text{corr}} = 12,5 \text{ m/s}$$

La formule $V_p = V_{50} + \alpha_p \cdot S_{\text{corr}}$ donne comme vitesse limite pour la probabilité de pénétration $p = 10^{-3}$ (1 pénétration pour 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 prédéfinie v_p permet d'apprécier le risque résiduel.

Connaissant la valeur V_{50} et l'écart-type S_{corr} , il est possible de calculer la probabilité de pénétration pour la vitesse d'attaque V_p comme suit :

Détermination de la valeur α_p avec :

$$\alpha_p = \frac{v_p - V_{50}}{S_{\text{corr}}} \quad [-]$$

Disposant de α_p , il est possible de calculer la probabilité p_v recherchée en appliquant la formule suivante :

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

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						

Exemple :

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

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

La formule $\alpha_p = \frac{v_p - V_{50}}{S_{\text{corr}}}$ appliquée à une vitesse d'impact de 420 m/s donne :

$$\alpha_p = -3,6$$

Pour une vitesse de 420 m/s, le tableau 4 permet de déduire la valeur de la probabilité de pénétration : $1,59 \times 10^{-4}$

Il faut s'attendre en moyenne à env. 1,6 pénétration pour 10 000 tirs.

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

Pour déterminer l'énergie résiduelle, transmise au corps se trouvant derrière une protection balistique en cas de non-pénétration, des matériaux plastiquement déformables (pâte à modeler) sont utilisés, dans lesquels le volume de l'empreinte formée lors de l'impact est proportionnel à l'énergie déployée.

Il est possible d'évaluer approximativement l'énergie résiduelle, propagée derrière une protection balistique, en déterminant ce volume. Le facteur de proportionnalité existant entre le volume et l'énergie est établi simultanément par l'évaluation de la plasticité de la pâte à modeler au moyen de la méthode reposant sur la chute d'une bille.

Procédure

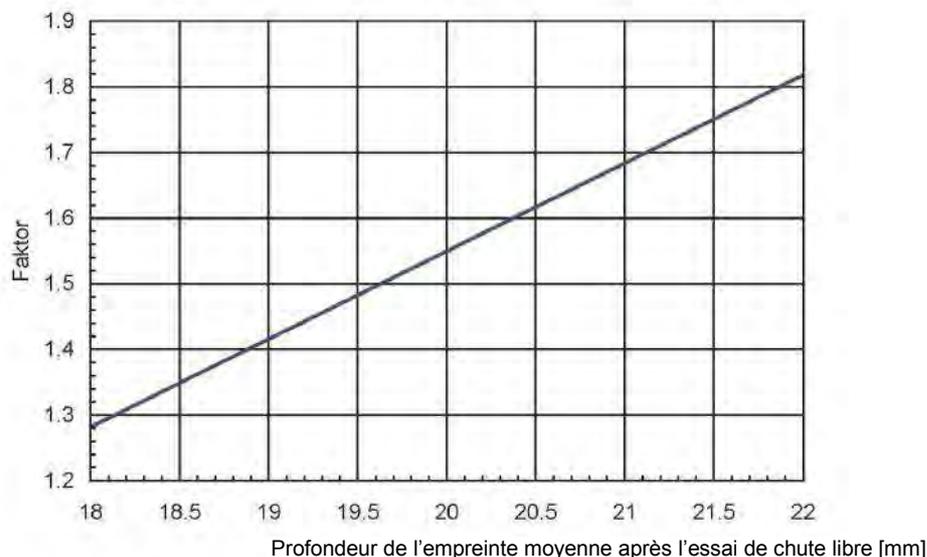
Lors du calibrage de la pâte à modeler, les profondeurs des creux (empreintes) des cinq essais de choc vertical en chute libre sont calculées en moyenne. Cette valeur moyenne d_m pouvant atteindre 20 ± 2 sert à déterminer le volume maximal admissible V_{per} de l'empreinte formée à l'aide de la formule suivante :

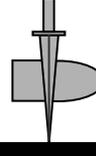
$$V_{per} = F \cdot E_{per} = (0,114 \cdot d_m - 1,13) \cdot E_{per} \quad (d_m \text{ en mm}) \quad [\text{cm}^3]$$

Exemple : si une valeur de 70 J s'applique à l'énergie permise, transmise au corps, et qu'une profondeur d'empreinte moyenne de 20,5 mm a été relevée lors de la mesure de plasticité, il s'ensuit le volume maximal admissible de l'empreinte formée derrière la protection balistique (arrondie au nombre entier immédiatement supérieur en cm^3) :

$$V_{per} \quad (0,134 \cdot 20,5 - 1,13) \cdot 70 \quad 1,62 \cdot 70 \quad 113,4 \text{ cm}^3$$

Au lieu de la formule, il est aussi possible d'utiliser le graphique suivant pour évaluer le facteur F :



 <p>VPAM Vereinigung der Prüfstellen für angriffs- hemmende Materialien und Konstruktionen</p>	<p>Principes généraux des tests balistiques sur des produits, des constructions et des matériaux</p> <p>- Prescriptions, niveaux d'essai et méthodes d'essai -</p>	<p>VPAM APR 2006 Version établie le 30.11.2014</p>
--	--	--

Après l'impact du tir, les bourrelets engendrés autour de l'empreinte doivent être enlevés pour aplanir la surface. Le creux est alors rempli d'eau, puis le volume ainsi comblé est mesuré et comparé avec la valeur permise, déterminée selon la procédure susmentionnée.

7 Évaluation et documentation de l'essai

7.1 Évaluation de l'essai

Un essai effectué conformément à une directive relative à un produit est considéré comme réussi si les exigences d'un niveau d'essai du Paragraphe 4.1 ou d'un type de munition pour munitions spéciales énumérées dans le document annexé VPAM AND #01 sont respectées.

Le test de résistance aux balles est considéré comme échoué s'il existe une résistance aux balles selon la définition de la directive relative aux produits. Selon le résultat obtenu, les définitions et/ou abréviations suivantes doivent être utilisées dans le rapport d'essai :

oM	=	ohne Merkmal = sans caractéristique
BmRmL	=	Beule mit Riss mit Lichtdurchlass (Durchschuss, wenn Splitter im Plastilin) = bosse avec fissure laissant passer la lumière (pénétration en présence d'éclats dans la pâte à modeler)
BmRoL	=	Beule mit Riss ohne Lichtdurchlass (Kein Durchschuss) = bosse avec fissure ne laissant passer la lumière (aucune pénétration)
BoR	=	Beule ohne Riss (Kein Durchschuss) = bosse sans fissure (aucune pénétration)
Ds	=	Durchschuss = pénétration
Ss	=	Steckschuss = tir stoppé dans l'éprouvette
Apr	=	Abpraller an der Oberfläche = ricochet à la surface
GaO	=	Geschossaustritt aus der Oberfläche = balle sortie de l'éprouvette en surface
GaS	=	Geschossaustritt an der Seite = balle sortie par un côté de l'éprouvette
NS	=	Keine Absplitterungen (No-Splinters) = aucun éclat
S	=	Absplitterungen (Splinter) = éclats
KD	=	Kein Durchschuss = aucune pénétration

D'autres abréviations sont autorisées et doivent être décrites dans le rapport d'essai.

7.2 Rapport d'essai

Le test et ses résultats doivent être documentés dans le rapport d'essai qui doit ainsi contenir au moins les données et les informations suivantes :

Données générales:

- Nom et adresse de l'organisme de certification
- Nom et adresse du client
- Nom et adresse du fabricant
- Numéro et date du rapport d'essai
- Nom et signature de la personne responsable de l'essai
- Date de l'essai
- Indication des conditions d'essai, y compris leurs écarts admissibles

	<p align="center">Principes généraux des tests balistiques sur des produits, des constructions et des matériaux</p> <p align="center">- Prescriptions, niveaux d'essai et méthodes d'essai -</p>	<p align="center">VPAM APR 2006</p> <p align="center">Version établie le 30.11.2014</p>
---	--	---

- Indication de la température ambiante et de l'humidité relative
- Indication de la température de stockage et de l'humidité relative de l'air
- Remarques sur les résultats des essais individuels
- Remarques sur les observations et constatations particulières faites au cours de l'essai
- Notez que les résultats d'essai se réfèrent exclusivement à l'échantillon d'essai.
- Référence à tout certificat d'essai et résultat d'essai délivré, le cas échéant
- Veuillez noter que des extraits du rapport d'essai ne peuvent être reproduits sans l'approbation de l'institut d'essai.
- mesures supplémentaires, études, résultats dérivés, tableaux, graphiques, croquis et/ou photographies si disponibles

Données relatives à l'échantillon

- Nom de marque et/ou désignation du type de l'échantillon d'essai
- Structure de l'échantillon d'essai, taille, nombre et autres informations pertinentes
- Informations sur le matériau, ou un marquage unique, qui permet la traçabilité des matériaux utilisés ainsi que la méthode de production/traitement.

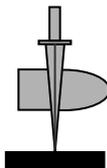
7.3 Certificat d'essai / attestation d'essai

Si les résultats du test sont positifs, un certificat d'essai est dressé. Seuls les membres de la VPAM sont habilités à établir un certificat d'essai selon les termes de la présente directive.

Le certificat d'essai doit faire état du niveau d'essai conformément à cette directive et des diverses exigences en dépassant le cadre. Si le test n'est pas réussi, il ne donne lieu à aucun certificat d'essai. Le client reçoit un rapport d'essai.

Si le test est exécuté avec un type de munition non répertorié dans le tableau 1 (paragraphe 4.1) de cette directive à la demande du client, ce dernier reçoit un rapport d'essai et une attestation d'essai à l'issue du test probant. Il doit clairement ressortir du certificat d'essai / de l'attestation d'essai qu'il/elle ne s'applique qu'à l'échantillon contrôlé. Il/elle doit contenir au moins les données suivantes :

- Nom et adresse de l'organisme de certification
- Nom et adresse du client
- Nom et adresse du fabricant
- Nom de marque et/ou désignation du type de l'échantillon d'essai
- Données relatives aux exigences d'essai
- Classification selon le Tableau 1 (Paragraphe 4.1) ou indication du type de munition selon le document annexé AND #01.
- Numéro du certificat d'essai

 <p>VPAM Vereinigung der Prüfstellen für angriffs- hemmende Materialien und Konstruktionen</p>	<p>Principes généraux des tests balistiques sur des produits, des constructions et des matériaux</p> <p>- Prescriptions, niveaux d'essai et méthodes d'essai -</p>	<p>VPAM APR 2006 Version établie le 30.11.2014</p>
--	--	--

- Date du certificat d'essai
- Numéro du procès-verbal d'essai
- Nom et signature de la personne responsable de la délivrance du certificat d'essai.
- Date de l'essai
- Informations indiquant que des extraits du certificat d'essai ne peuvent être reproduits sans l'autorisation de l'institut d'essai.

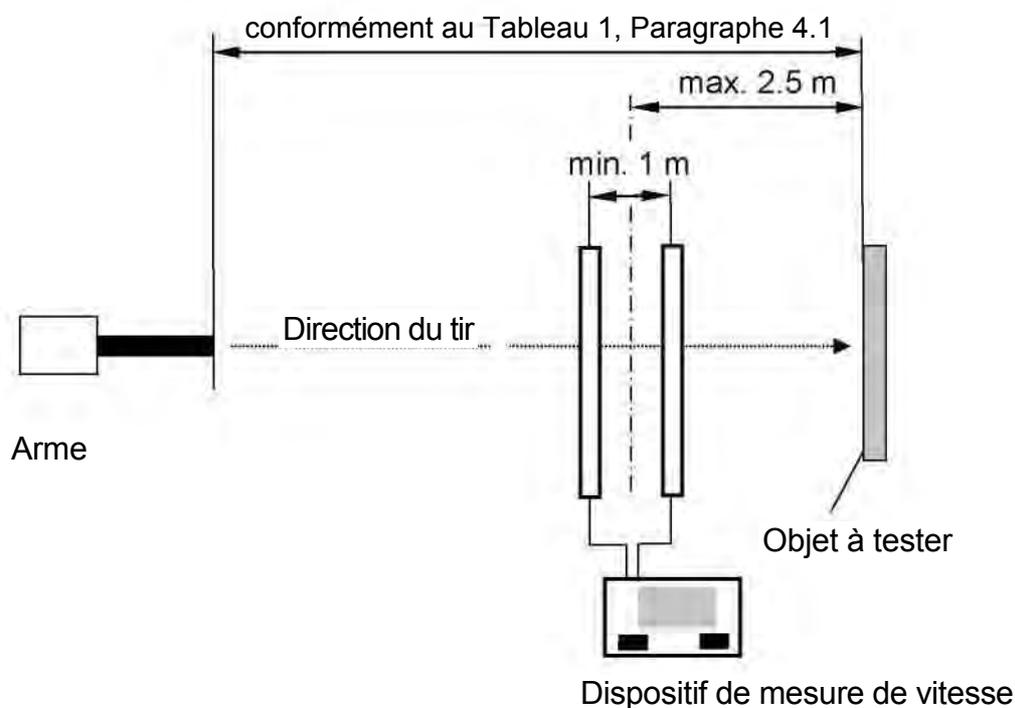
7.4 Validité du certificat d'essai / de l'attestation d'essai

Le certificat d'essai n'est valable que si les produits suivants concordent, respectivement sont conformes avec le produit testé. La validité du certificat sont apportés au procédé de fabrication des matériaux ou, le cas échéant, au système de gestion de la qualité, qui pourraient influencer la conformité du produit.

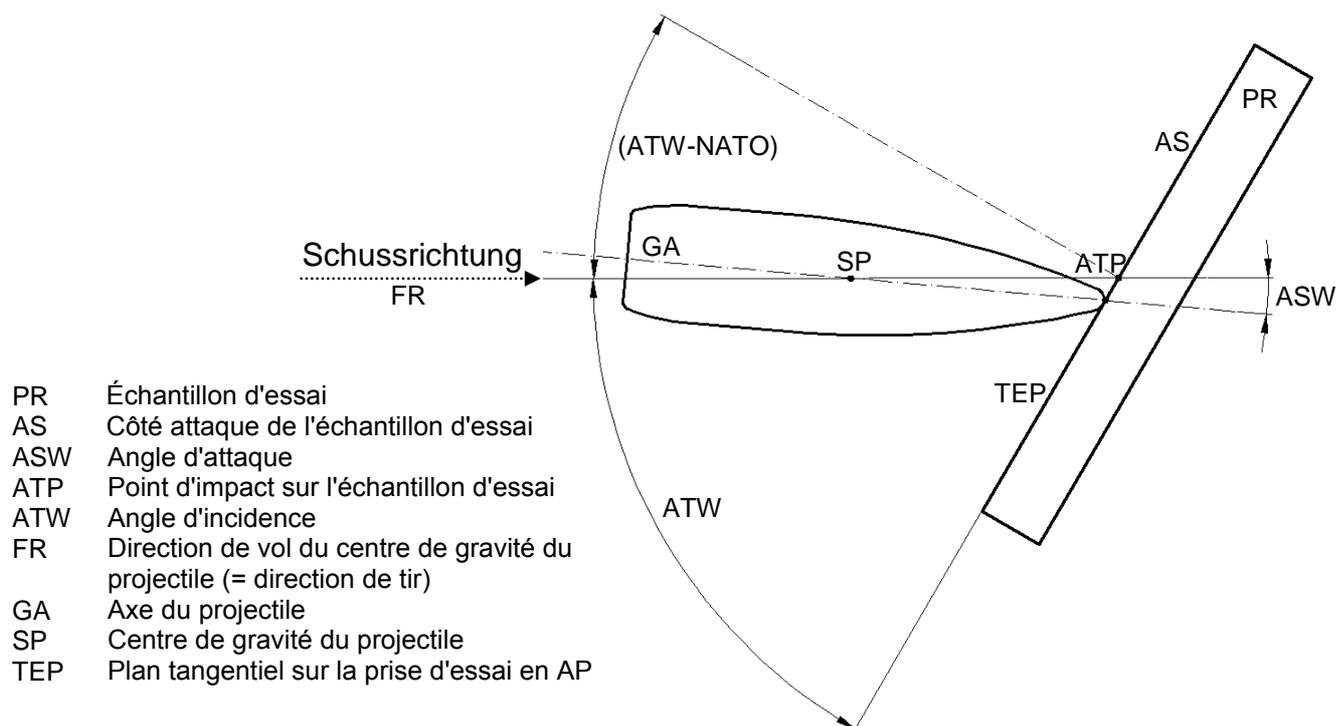
7.5 Traçabilité des résultats

Le client doit assurer lui-même la traçabilité des résultats des essais.

Annexe 1: montage d'essai



Annexe 2: Croquis « Définition de l'angle »



- PR Échantillon d'essai
- AS Côté attaque de l'échantillon d'essai
- ASW Angle d'attaque
- ATP Point d'impact sur l'échantillon d'essai
- ATW Angle d'incidence
- FR Direction de vol du centre de gravité du projectile (= direction de tir)
- GA Axe du projectile
- SP Centre de gravité du projectile
- TEP Plan tangentiel sur la prise d'essai en AP

Annexe 3 : formulaire pour déterminer la valeur V_{50} et l'écart-type s

Vitesse de pénétration de matériaux de protection Détermination de la moyenne et de l'écart-type

Objet à tester :

Date :

Seuil de l'essai : 0,01%

Vitesse limite : 450 m/s

Largeur de classe : 5 m/s

vu [m/s]	vo [m/s]	KD	DS	Fk	fk = AFk	vk [m/s]	v50 [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

Écart-type (s_{corr}) :

0,0 m/s

0,0100% - vitesse limite :

0,0 m/s

Probabilité de pénétration entre

0 0 m/s

0,0E+00