

ILNAS

Institut luxembourgeois de la normalisation
de l'accréditation, de la sécurité et qualité
des produits et services

ILNAS-EN 16602-70-16:2021

Ingénierie spatiale - Collage adhésif pour les applications d'engins spatiaux et lanceurs

Raumfahrtproduktsicherung - Kleben für
Raumfahrzeug- und Trägeranwendungen

Space engineering - Adhesive bonding for
spacecraft and launcher applications

10/2021



Avant-propos national

Cette Norme Européenne EN 16602-70-16:2021 a été adoptée comme Norme Luxembourgeoise ILNAS-EN 16602-70-16:2021.

Toute personne intéressée, membre d'une organisation basée au Luxembourg, peut participer gratuitement à l'élaboration de normes luxembourgeoises (ILNAS), européennes (CEN, CENELEC) et internationales (ISO, IEC) :

- Influencer et participer à la conception de normes
- Anticiper les développements futurs
- Participer aux réunions des comités techniques

<https://portail-qualite.public.lu/fr/normes-normalisation/participer-normalisation.html>

CETTE PUBLICATION EST PROTÉGÉE PAR LE DROIT D'AUTEUR

Aucun contenu de la présente publication ne peut être reproduit ou utilisé sous quelque forme ou par quelque procédé que ce soit - électronique, mécanique, photocopie ou par d'autres moyens sans autorisation préalable !

ICS 49.025.50; 49.140

Version Française

Ingénierie spatiale - Collage adhésif pour les applications d'engins spatiaux et lanceurs

Raumfahrtproduktsicherung - Adhäsionskleben für
Raumfahrt- und Trägeranwendungen

Space engineering - Adhesive bonding for spacecraft
and launcher applications

La présente Norme européenne a été adoptée par le CEN le 22 février 2021.

Les membres du CEN et CENELEC sont tenus de se soumettre au Règlement Intérieur du CEN/CENELEC, qui définit les conditions dans lesquelles doit être attribué, sans modification, le statut de norme nationale à la Norme européenne. Les listes mises à jour et les références bibliographiques relatives à ces normes nationales peuvent être obtenues auprès du Centre de Gestion du CEN-CENELEC ou auprès des membres du CEN et CENELEC.

La présente Norme européenne existe en trois versions officielles (allemand, anglais, français). Une version dans une autre langue faite par traduction sous la responsabilité d'un membre du CEN et CENELEC dans sa langue nationale et notifiée au Centre de Gestion du CEN-CENELEC, a le même statut que les versions officielles.

Les membres du CEN et du CENELEC sont les organismes nationaux de normalisation et les comités électrotechniques nationaux des pays suivants: Allemagne, Autriche, Belgique, Bulgarie, Chypre, Croatie, Danemark, Espagne, Estonie, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Irlande, Islande, Italie, Lettonie, Lituanie, Luxembourg, Malte, Norvège, Pays-Bas, Pologne, Portugal, République de Macédoine du Nord, République de Serbie, République Tchèque, Roumanie, Royaume-Uni, Slovaquie, Slovénie, Suède, Suisse et Turquie.



**CEN-CENELEC Management Centre:
Rue de la Science 23, B-1040 Brussels**

Sommaire

Avant-propos européen.....	7
Introduction	8
1 Domaine d'application	9
2 Références normatives.....	10
3 Termes et définitions	11
3.1 Termes définis dans d'autres normes	11
3.2 Termes spécifiques à la présente norme	11
3.3 Abréviations.....	15
3.4 Nomenclature	16
4 Principes du collage adhésif.....	17
4.1 Vue d'ensemble	17
4.2 Conception du matériel	18
4.3 Performances du collage adhésif	18
4.4 Procédé de collage adhésif.....	18
5 Choix de l'adhésif	21
5.1 Vue d'ensemble	21
5.2 Analyse de l'application de l'adhésif.....	21
6 Définition du procédé de collage adhésif	24
6.1 Exigences relatives au procédé de collage adhésif	24
6.2 Procédure de collage adhésif.....	24
6.3 Traçabilité du procédé de collage adhésif	24
7 Vérification du collage adhésif	25
7.1 Vue d'ensemble	25
7.2 Plan d'essai du collage adhésif	25
7.3 Rapport d'essai du collage adhésif.....	25
7.4 Procédure de collage de l'élément d'essai	26
7.5 Configuration de l'élément d'essai.....	26

7.6	Identification de l'élément d'essai.....	27
7.7	Séquence d'essais de vérification	28
7.7.1	Généralités	28
7.8	Fabrication des éléments d'essai	29
7.9	Conditionnement des éléments d'essai.....	30
7.10	Simulation de l'exposition à l'environnement au sol	30
7.11	Simulation de l'exposition à l'environnement de lancement.....	31
7.11.1	Vue d'ensemble	31
7.11.2	Définition de l'essai	32
7.12	Simulation de l'exposition à l'environnement de la mission	32
7.12.1	Vue d'ensemble	32
7.12.2	Conditions d'essais de cyclage thermique.....	32
7.13	Contrôle avant, pendant et après l'exposition à l'environnement.....	34
7.14	Essais avant, pendant et après l'exposition à l'environnement.....	35
8	Assurance qualité.....	36
8.1	Vue d'ensemble	36
8.2	Généralités	36
8.3	Approvisionnement	37
8.4	Danger et précautions en matière de santé et de sécurité	37
8.5	Contrôle d'entrée	38
8.6	Traçabilité	38
8.7	Contrôle de l'outillage et des équipements.....	39
8.8	Exécution.....	39
8.9	Manipulation et stockage	40
8.10	Inspection et contrôle du procédé de collage	41
8.11	Formation des opérateurs et des inspecteurs	41
8.12	Non-conformité	42
Annexe A	(normative) Procédure de collage adhésif – DRD	43
A.1	Identification de la DRD	43
A.1.1	Identification des exigences et document source	43
A.1.2	Objet	43
A.2	Réponse attendue	43
A.2.1	Domaine d'application et contenu	43
A.2.2	Remarques	44
Annexe B	(normative) Plan d'essai du collage adhésif – DRD	45

B.1	Identification de la DRD	45
B.1.1	Identification des exigences et document source	45
B.1.2	Objet	45
B.2	Réponse attendue.....	45
B.2.1	Domaine d'application et contenu.....	45
B.2.2	Remarques	45
Annexe C (normative) Rapports d'essais du collage adhésif – DRD		46
C.1	Identification de la DRD	46
C.1.1	Identification des exigences et document source	46
C.1.2	Objet	46
C.2	Réponse attendue.....	46
C.2.1	Domaine d'application et contenu.....	46
C.2.2	Remarques	47
Annexe D (informative) Exemples de techniques utilisées pour la caractérisation des matières adhésives (en volume).....		48
D.1	Vue d'ensemble	48
D.2	Rhéologie	48
D.3	Densité et retrait de l'adhésif.....	49
D.4	Dégazage	49
D.5	Calorimétrie différentielle à balayage (DSC)	50
D.6	Analyse thermogravimétrique (TGA).....	50
D.7	Dilatométrie et analyse thermomécanique (TMA).....	51
D.8	Analyse mécanique dynamique (DMA)	51
D.9	Résistance à la traction et module d'élasticité	52
D.10	Résistance au cisaillement et module de cisaillement (matière adhésive).....	52
D.11	Résistance à la compression et module de compression.....	53
D.12	Résistivité électrique	53
D.13	Conductivité thermique	53
D.14	Propriétés thermo-optiques.....	54
D.15	Transmittance.....	54
D.16	Absorption d'eau.....	54
Annexe E (informative) Caractérisation des adhésifs en configuration d'assemblage collé		56
E.1	Vue d'ensemble	56
E.2	Essai de collage adhésif	56
E.3	Résistance des assemblages collés	57

E.3.1	Résistance au cisaillement à simple recouvrement – parties à coller minces	57
E.3.2	Essai de cisaillement par recouvrement – parties à coller épaisses	57
E.3.3	Essai de résistance au pelage	57
E.3.4	Essais de résistance au pelage sur rubans auto-adhésifs (PSA).....	58
E.3.5	Essais de traction sur assemblages bout à bout	58
E.3.6	Essais spéciaux	58
E.4	Mécanique de rupture des assemblages collés par adhésif	59
E.4.1	Méthodes d'essai de la mécanique de rupture	59
E.5	Caractéristiques des adhésifs à vérifier par essai (dans les assemblages collés)	60
Annexe F (informative) Effets du vieillissement sur des assemblages collés par adhésif.....		64
F.1	Introduction.....	64
F.2	Vieillissement des assemblages collés par adhésif.....	64
F.2.1	Vieillissement naturel	64
F.2.2	Vieillissement accéléré.....	64
F.2.3	Loi de Fick	65
F.2.4	Deuxième loi de Fick.....	65
F.2.5	Mécanismes de diffusion de l'eau et modèles de dégradation des joints adhésifs	67
F.2.6	Résumé	73
F.3	Exemples de conditions d'exposition à la chaleur humide à utiliser dans la séquence de vérification des engins spatiaux et lanceurs.....	74
F.3.1	Satellites, unités en orbite, sondes.....	74
F.3.2	Vieillissement accéléré des assemblages collés par adhésif pour des applications de lanceur	77
F.3.3	Exemples d'essais d'exposition à la chaleur humide	77
Annexe G (informative) Système de formation et de qualification du personnel en charge du collage adhésif		80
Bibliographie.....		82
Figures		
Figure 4-1 : Vue d'ensemble des contraintes liées aux collages adhésifs utilisés dans les applications spatiales (non exhaustives)		17
Figure 4-2 : Vue d'ensemble de certains paramètres influençant le collage adhésif et sa conception		20
Figure 7-1 : Organigramme de la séquence de vérification du collage adhésif		29
Figure E-1 : Contrainte moyenne et écart-type en traction, compression et cisaillement pour différents angles de sollicitation (0°, 30°, 60°, 90°, 120°) de l'adhésif EA9394 [thèse de Grégory Bresson, « Collage fiable pour l'espace : influence de la qualité des procédés et dimensionnement des assemblages », Université Bordeaux I, 2011].....		59

Figure E-2 : Exemples de modes de propagation des fissures et différentes configurations d'essai (avec l'aimable autorisation d'ArianeGroup)	60
Figure F-1 : Exemple d'évolution non linéaire de C_{sat} avec RH_{eq} pour la fibre de verre/résine époxy [avec l'aimable autorisation d'ArianeGroup].....	66
Figure F-2 : Exemple de paramètres D_{eff} et C_{sat} de détermination à partir de la courbe d'absorption ; cas de la fibre de verre/résine époxy à 65 °C et $RH = 60\%$ [propriété d'ArianeGroup], suit un comportement fickien [avec l'aimable autorisation d'ArianeGroup]	67
Figure F-3 : Illustration d'un comportement non fickien et de l'évolution avec des cycles de sorption d'un adhésif époxy à un seul composant (en haut), avec différents modèles de prise de masse normalisée (en bas), ingestion d'humidité et désorption [A. Mubashar <i>et al.</i> , 2009].....	68
Figure F-4 : Effet de l'exposition ambiante dans un environnement contrôlé sur la résistance au cisaillement à simple recouvrement de l'époxy bicomposant sur l'aluminium en fonction de la durée [M. Chevalier, 2008]	71
Figure F-5 : Effet de l'exposition ambiante dans un environnement contrôlé sur le mode de rupture par cisaillement à simple recouvrement en fonction de la durée [M. Chevalier, 2008]	72
Figure F-6 : Évolution de la résistance au cisaillement à simple recouvrement en fonction de la durée d'exposition dans un environnement ambiant contrôlé [Fraunhofer IFAM, 2017]	73
Figure G-1 : Système international de formation et de qualification du personnel [L. Quintino <i>et al.</i>].....	80

Tableaux

Tableau D-1 : Synthèse des normes d'essai applicables pour la détermination des propriétés volumiques d'une matière adhésive.....	55
Tableau E-1 : Méthodes d'essai couramment appliquées et normes associées	61
Tableau F-1 : Exemple de classification du procédé de collage adhésif dans les applications d'engins spatiaux et de lanceurs en fonction de sa criticité	75
Tableau F-2 : Exemples d'applications de collage adhésif et de leur sensibilité à l'exposition à l'humidité au sol (en fonction de leur occurrence de rupture).....	76
Tableau F-3 : Exemple de tableau pour l'évaluation de la mise en œuvre d'une exposition à la chaleur humide dans la séquence de vérification (étape : simulation d'une exposition au sol)	77
Tableau F-4 : Exemples de conditions standard d'expositions à la chaleur humide	78
Tableau F-5 : Exemples d'essais de durabilité standard (contraintes mécaniques et humidité combinées).....	79
Tableau G-1 : Liste des organismes habilités à dispenser une formation au collage adhésif *	81

Avant-propos européen

Le présent document (EN 16602-70-16:2021) a été élaboré par le Comité Technique CEN-CENELEC/TC 5 « Espace », dont le secrétariat est tenu par le DIN.

La présente norme (EN 16602-70-16:2021) est issue de l'ECSS-Q-ST-70-16C.

Cette Norme européenne devra recevoir le statut de norme nationale, soit par publication d'un texte identique, soit par entérinement, au plus tard en avril 2022, et toutes les normes nationales en contradiction devront être retirées au plus tard en avril 2022.

L'attention est attirée sur le fait que certains des éléments du présent document peuvent faire l'objet de droits de propriété intellectuelle ou de droits analogues. Le CEN ne saurait être tenu pour responsable de ne pas avoir identifié de tels droits de propriété et averti de leur existence.

Le présent document a été préparé en vertu d'une demande de normalisation confiée au CEN par la Commission européenne et l'Association européenne de libre-échange.

Le présent document a été mis au point pour couvrir tout spécialement les systèmes spatiaux et il prime donc sur les EN couvrant le même domaine mais avec un domaine d'application plus large (par exemple, aérospatial).

Selon le Règlement Intérieur du CEN-CENELEC, les instituts de normalisation nationaux des pays suivants sont tenus de mettre cette Norme européenne en application : Allemagne, Autriche, Belgique, Bulgarie, Chypre, Croatie, Danemark, Espagne, Estonie, Finlande, France, Grèce, Hongrie, Irlande, Islande, Italie, Lettonie, Lituanie, Luxembourg, Malte, Norvège, Pays-Bas, Pologne, Portugal, République de Macédoine du Nord, République Tchèque, Roumanie, Royaume-Uni, Serbie, Slovaquie, Slovénie, Suède, Suisse et Turquie.