

Sur le procédé

FINEO

Famille de produit/Procédé : Vitrage isolant

Titulaire(s) : Société AGC GLASS EUROPE

AVANT-PROPOS

Les avis techniques et les documents techniques d'application, désignés ci-après indifféremment par Avis Techniques, sont destinés à mettre à disposition des acteurs de la construction **des éléments d'appréciation sur l'aptitude à l'emploi des produits ou procédés** dont la constitution ou l'emploi ne relève pas des savoir-faire et pratiques traditionnels.

Le présent document qui en résulte doit être pris comme tel et n'est donc **pas un document de conformité à la réglementation ou à un référentiel d'une « marque de qualité »**. Sa validité est décidée indépendamment de celle des pièces justificatives du dossier technique (en particulier les éventuelles attestations réglementaires).

L'Avis Technique est une démarche volontaire du demandeur, qui ne change en rien la répartition des responsabilités des acteurs de la construction. Indépendamment de l'existence ou non de cet Avis Technique, pour chaque ouvrage, les acteurs doivent fournir ou demander, en fonction de leurs rôles, les justificatifs requis.

L'Avis Technique s'adressant à des acteurs réputés connaître les règles de l'art, il n'a pas vocation à contenir d'autres informations que celles relevant du caractère non traditionnel de la technique. Ainsi, pour les aspects du procédé conformes à des règles de l'art reconnues de mise en œuvre ou de dimensionnement, un renvoi à ces règles suffit.

Groupe Spécialisé n° 06 - Composants de baies et vitrages

Versions du document

Version	Description	Rapporteur	Président
1	Nouvelle demande	FAISANT Yann	MARTIN Pierre

Descripteur :

Les vitrages FINEO sont constitués par deux panneaux de verre recuit séparés par un espace sous vide de 0,1 mm, à l'aide de micro-piliers positionnés suivant une grille carrée de 20 mm de côté, et scellés par une barrière périphérique en matière céramique. Un piège à gaz permet de maintenir le vide après fabrication.

Les vitrages FINEO comportent une couche faiblement émissive (en position 3).

Les vitrages FINEO sont mis en œuvre avec une prise en feuillure sur 4 côtés, des dispositions spécifiques de mise en œuvre étant détaillées dans le dossier technique.

Les vitrages FINEO existent en quatre références : FINEO 6, FINEO 8, FINEO 10 ou FINEO 12 correspondant à quatre épaisseurs différentes et sont rectangulaires.

Table des matières

1.	Avis du Groupe Spécialisé	4
1.1.	Domaine d'emploi accepté.....	4
1.1.1.	Zone géographique.....	4
1.1.2.	Ouvrages visés.....	4
1.2.	Appréciation	4
1.2.1.	Aptitude à l'emploi du procédé	4
1.2.2.	Durabilité	5
1.2.3.	Impacts environnementaux	5
1.2.4.	Conditions de conception, de fabrication et de mise en œuvre.....	5
1.3.	Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé	5
2.	Dossier Technique.....	7
2.1.	Mode de commercialisation.....	7
2.1.1.	Coordonnées.....	7
2.1.2.	Mise sur le marché	7
2.1.3.	Identification	7
2.2.	Description	7
2.2.1.	Caractéristiques des composants.....	7
2.2.2.	Caractéristiques des vitrages FINEO.....	8
2.3.	Dispositions de conception	8
2.3.1.	Charges spécifiques aux vitrages sous vide.....	8
2.3.2.	Principe des calculs.....	10
2.3.3.	Vérification des risques de choc thermique	11
2.4.	Dispositions de mise en œuvre.....	11
2.4.1.	Principes généraux	11
2.4.2.	Mises en œuvre les plus courantes.....	12
2.4.3.	Garnitures de joints	13
2.5.	Maintien en service du produit ou procédé.....	14
2.6.	Traitement en fin de vie	14
2.7.	Assistance technique	14
2.8.	Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication.....	14
2.8.1.	Principes de fabrication	14
2.8.2.	Contrôles.....	14
2.9.	Mention des justificatifs	15
2.9.1.	Résultats expérimentaux	15
2.9.2.	Ventes au cours des années 2021 et 2022.....	15
2.10.	Tableaux, figures et annexes du Dossier Technique	16
2.10.1.	Caractéristiques optiques et énergétiques des verres à couche.....	16
2.10.2.	Gradients thermiques.....	16
2.10.3.	Contraintes (MPa) et déformations (mm) dues aux gradients thermiques	20
2.10.4.	Illustrations	38

1. Avis du Groupe Spécialisé

Le procédé décrit au chapitre 2 « Dossier Technique » ci-après a été examiné par le Groupe Spécialisé qui a conclu favorablement à son aptitude à l'emploi dans les conditions définies ci-après :

1.1. Domaine d'emploi accepté

1.1.1. Zone géographique

Cet avis a été formulé pour les utilisations en France métropolitaine.

1.1.2. Ouvrages visés

Les vitrages FINEO sont mis en œuvre verticalement (+/- 5° par rapport à la verticale) avec une prise en feuillure sur quatre côtés selon les dispositions prévues dans la norme NF DTU 39 ou selon les normes XP P20-650-1 et XP P20-650-2, complétées par les dispositions décrites dans le dossier technique au paragraphe 2.4.

Les vitrages FINEO sont utilisables dans des châssis de rigidité minimale suivant les dispositions décrites dans le document FD DTU 36-5 P3. En outre, les vitrages FINEO peuvent être mis en œuvre dans des fenêtres à la française, oscillo-battantes (inclinaison < 15° par rapport à la verticale) ou coulissantes.

Les limites d'emploi relatives aux dimensions et compositions des vitrages FINEO sont décrites dans le dossier technique au paragraphe 2.3 ; il est en particulier nécessaire de prendre en compte les déformations et contraintes associées aux phénomènes de gradient thermique entre le verre intérieur et le verre extérieur.

Le dimensionnement des vitrages est réalisé par les revendeurs et les installateurs dédiés, qui s'assurent par ailleurs du respect des dispositions de mise en œuvre (notamment concernant le choix des garnitures de joints), avec le support d'AGC Glass Europe dont les modalités sont résumées au paragraphe 2.7. Ces calculs et vérifications nécessitent de rassembler les informations listées en annexe 4, transmises par l'utilisateur (maître d'œuvre, maître d'ouvrage, entrepreneur, donneur d'ordre...).

Les vitrages FINEO sont des vitrages isolants sous vide réalisés à partir de verre silicate sodo-calcique et destinés à être utilisés seuls.

Pour les usages visés, il n'existe pas de limite sur la température maximale pour les vitrages FINEO mais il existe cependant un gradient de température maximal entre les deux faces (extérieures à la lame de vide) du vitrage. La valeur de ce gradient maximal est directement liée aux conditions extérieures et intérieures, à l'exposition et à la composition du vitrage (type et position de la couche principalement) et dépend donc de chaque projet. Il est nécessaire de déterminer ce gradient maximal pour réaliser les vérifications des déformations et des contraintes des vitrages.

1.2. Appréciation

1.2.1. Aptitude à l'emploi du procédé

1.2.1.1. Prévention des accidents et maîtrise des accidents des risques lors de la mise en œuvre et de l'entretien

Les vitrages FINEO ne disposent pas d'une Fiche de Données de Sécurité (FDS). L'objet de la FDS est d'informer l'utilisateur de ce produit (ou procédé) sur les dangers liés à son utilisation et sur les mesures préventives à adopter pour les éviter, notamment par le port d'équipements de protection individuelle (EPI).

1.2.1.2. Sécurité sous charges climatiques

Les dispositions et méthodes de calculs prévues au paragraphe 2.3 du dossier technique doivent être appliquées.

Le dimensionnement tient compte des contraintes induites par trois charges principales : les contraintes dues aux piliers, dues au gradient thermique et dues au vent. Ces contraintes sont combinées de manière usuelle et comparées aux limites en usage.

1.2.1.3. Sécurité aux chutes de personnes et aux heurts

Les vitrages FINEO ne permettent pas d'assurer la sécurité aux chutes des personnes, ni la sécurité des personnes en cas de heurt.

1.2.1.4. Tenue aux chocs thermiques

Elle est satisfaite par le respect des critères de la norme NF DTU 39 P3. La méthode de calcul est adaptée au vitrage sous vide suivant les dispositions du paragraphe 2.3.3.

1.2.1.5. Sécurité incendie

Pour le calcul de la masse combustible mobilisable, un vitrage FINEO peut être assimilé à un vitrage monolithique d'épaisseur totale du vitrage, sans matière organique combustible.

1.2.1.6. Isolation acoustique

Les essais effectués ont permis de déterminer les coefficients d'isolation acoustiques suivants :

	Rw (C ;Ctr) en dB
FINEO 6	données non disponibles
FINEO 8	35 (-2 ; -5)
FINEO 10	36 (-2 ; -3)
FINEO 12	36 (-1 ; -2)

1.2.1.7. Isolation thermique

Les vitrages FINEO comportent une lame de vide qui permet de réduire les transferts thermiques en partie courante par rapport à un vitrage isolant à lame de gaz.

Le coefficient Ug de transmission thermique des vitrages FINEO 6, FINEO 8, FINEO 10 ou FINEO 12 à prendre en compte est le suivant : $U_g = 0,7 \text{ W/m}^2/\text{K}$.

Le calcul des coefficients Ψ_g à la jonction menuiserie vitrage devra être réalisé conformément aux règles Th-Bat 2020 (annexe IV de l'arrêté du 4 août 2021 relatif aux exigences de performance énergétique et environnementale des constructions de bâtiments en France métropolitaine et portant approbation de la méthode de calcul prévue à l'article R. 172-6 du code de la construction et de l'habitation).

Les caractéristiques thermiques utiles des matériaux employés pour réaliser le système d'étanchéité périphérique sont données dans les règles d'application Th-Bat.

Pour la barrière périphérique, d'une largeur de 4 mm et d'une épaisseur de 100 μm , il sera pris en compte une conductivité thermique de 1 W/(m.K) .

1.2.2. Durabilité

L'enjeu de la durabilité des vitrages FINEO est le maintien du vide et de ses performances thermiques ; le choix des constituants et les investigations réalisées conduisent à considérer le risque de dégradation du vide et des performances thermiques comme faible.

1.2.3. Impacts environnementaux

Les vitrages FINEO ne disposent pas d'une déclaration environnementale (DE) et ne peuvent donc revendiquer aucune performance environnementale particulière. Il est rappelé que les DE n'entrent pas dans le champ d'examen d'aptitude à l'emploi du système.

1.2.4. Conditions de conception, de fabrication et de mise en œuvre

Ces conditions sont précisées dans le dossier technique.

La Société AGC Glass Europe est tenue d'exercer sur la fabrication des vitrages FINEO un contrôle selon les modalités et fréquences prévues dans le Dossier Technique. La régularité, l'efficacité et les conclusions de ces contrôles seront vérifiées régulièrement par le CSTB à raison de deux fois par an, et il en sera rendu compte annuellement au Groupe Spécialisé n° 6.

Des mesures (U_g) et/ou essais sont réalisées annuellement dans le cadre de ce suivi.

1.3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

Le Groupe Spécialisé a noté que le dimensionnement des vitrages FINEO est réalisé par des revendeurs et installateurs dédiés qui s'assurent par ailleurs du respect des dispositions de mise en œuvre (notamment concernant le choix des garnitures de joints), avec le support d'AGC Glass Europe ; ces calculs et vérifications nécessitent de rassembler des informations précises,

transmises par l'utilisateur (maître d'œuvre, maître d'ouvrage, entrepreneur, donneur d'ordre...), et ces données sont entrées dans le Configurateur FINEO mis à disposition par AGC, ce configurateur réalisant l'ensemble des calculs de dimensionnement. Les résultats sont mis à disposition de l'utilisateur.

Document non valide

2. Dossier Technique

Issu des éléments fournis par le titulaire et des prescriptions du Groupe Spécialisé acceptées par le titulaire

2.1. Mode de commercialisation

2.1.1. Coordonnées

Les vitrages FINEO sont commercialisés par le titulaire.

AGC Glass Europe

Avenue Jean Monnet 4

1348 Louvain-le-Neuve

Belgique

2.1.2. Mise sur le marché

Les vitrages FINEO font l'objet d'une évaluation technique européenne (ETA n°20/0048) à l'exception du vitrage FINEO 6, qui relève d'un avis technique. Ils peuvent faire l'objet d'une déclaration de performances (DoP) lors de leur mise sur le marché conformément au règlement (UE) n°305/2011 article 4.1.

2.1.3. Identification

L'identification des vitrages FINEO est réalisée par gravure du n° de série sur le verre sans couche (donc en position 2), en traverse basse et ce numéro est visible de l'intérieur du local, éventuellement après retrait de la pareclose.

Le numéro comprend 14 chiffres et permet la traçabilité complète du produit.

2.2. Description

Les vitrages FINEO sont constitués par deux panneaux de verre recuit séparés par un espace de vide de 0,1 mm, à l'aide de micro-piliers positionnés suivant une grille carrée de 20 mm de côté, et scellés par une barrière périphérique en matière céramique. Un piège à gaz permet de maintenir le vide après fabrication. Illustrations au paragraphe 2.10.1.

Les vitrages FINEO ne comprennent pas de port d'évacuation.

Les vitrages FINEO comportent une couche faiblement émissive (en position 3).

Les vitrages FINEO sont mis en œuvre avec une prise en feuillure sur 4 côtés, des dispositions spécifiques de mise en œuvre sont détaillées au paragraphe 2.4.

Les vitrages FINEO existent en quatre références FINEO 6, FINEO 8, FINEO 10 ou FINEO 12 correspondant à quatre épaisseurs différentes, et sont rectangulaires.

2.2.1. Caractéristiques des composants

2.2.1.1. Composants verriers

Les vitrages FINEO sont fabriqués avec les produits verriers suivants :

- Verre float de 3 à 6 mm (EN 572-2) Planibel Clearlite
- Verre à couche, émarginée, d'épaisseur de 4 à 6 mm (Advanced for FINEO conforme à EN1096 et spécifique au procédé et au produit)

Les caractéristiques optiques et énergétiques des différents verres sont détaillées dans le tableau 1.

2.2.1.2. Barrière périphérique

La barrière périphérique constitue une soudure céramique entre les deux feuilles de verre, de largeur 4 mm (± 2 mm) et d'une épaisseur de 100 microns, et est composée de fritte de verre principalement (exclusivement des composés céramiques).

Cette barrière périphérique est destinée à assurer l'étanchéité :

- Maintenir le vide à l'intérieur des vitrages isolants sous vide ; et
- Résister aux sollicitations mécaniques (résistance au cisaillement, humidité et température, et gradient de température).

Illustrations à la figure 3.

2.2.1.3. Piliers

Les piliers d'espacement sont répartis régulièrement, selon une maille carrée de 20 mm de côté (positionnés avec un bord de référence), entre les deux feuilles de verre afin d'empêcher tout contact entre elles et de maintenir une distance régulière entre elles.

Ils sont fabriqués en matériau synthétique. Ils sont chimiquement neutres et sont résistants à l'irradiation solaire, dont le rayonnement ultra-violet.

- Résistance à la compression: 80 MPa
- Géométrie cylindrique: 0,5 mm de diamètre, 0,1 mm de hauteur

2.2.1.4. Piège à gaz

Le piège à gaz, ou getter, est une substance utilisée pour absorber les gaz résiduels qui pourraient être libérés dans la cavité sous vide pendant la vie du vitrage : par exemple, désorption d'une face de verre ou dégazage de la couche (voir figure 3).

2.2.2. Caractéristiques des vitrages FINEO

Les vitrages FINEO existent dans les configurations suivantes :

- FINEO 6, composé d'un verre d'épaisseur nominale de 3 mm et d'un verre d'épaisseur nominale de 4 mm, le verre de 3 mm étant placé du côté extérieur
- FINEO 8 composé de deux verres de 4 mm
- FINEO 10 composé d'un verre de 4 mm et d'un verre de 6 mm, le verre de 6 mm étant placé du côté extérieur
- FINEO 12 composé de deux verres de 6 mm

Le verre à couche est de manière systématique le verre intérieur (couche positionnée en face 3).

Les vitrages FINEO existent dans des tailles minimales de 200mm x 200mm et maximales de 1400mm x 2500mm ou 1600mm x 2300mm. Les tolérances dimensionnelles sont : -2mm/+1mm.

2.3. Dispositions de conception

Le dimensionnement des vitrages est réalisé par les revendeurs et les installateurs dédiés, avec le support d'AGC Glass Europe. Ces validations nécessitent de rassembler les informations listées en annexe 4, transmises par l'utilisateur (maître d'œuvre, maître d'ouvrage, entrepreneur, donneur d'ordre...) ; ces données sont entrées dans le Configurateur FINEO mis à disposition par AGC, ce configurateur réalisant l'ensemble des calculs de dimensionnement. Les résultats sont mis à disposition de l'utilisateur.

Dans le cas de la présence d'un store, AGC réalise les validations du dimensionnement des vitrages.

Les vitrages sous vide sont soumis à des charges permanentes (dues aux piliers) et à des charges variables (dues au gradient de température entre les deux ambiances, ainsi qu'aux charges de vent). Les contraintes et déformations résultantes dans les vitrages pour chaque action sont additionnées suivant les principes décrits et le résultat doit être inférieur à la valeur admissible usuelle définie par ailleurs pour chaque combinaison d'actions. Les charges sont calculées et combinées selon les principes de la norme FD P 78-468.

Le principe des calculs de dimensionnement, ainsi que le principe de vérification du risque de casse thermique, sont décrits dans ce paragraphe.

La méthodologie de calcul ainsi qu'un exemple de calculs de dimensionnement sont par ailleurs exposés à l'annexe 5.

2.3.1. Charges spécifiques aux vitrages sous vide

Les « charges climatiques » telles que décrites dans la norme FD P 78-468 n'existent pas dans le cas des vitrages sous vide ; il existe néanmoins des charges dites « charges de gradient thermique » : la différence de température entre les deux verres des vitrages FINEO est à l'origine de déformations et contraintes spécifiques. Par ailleurs, les piliers génèrent des contraintes permanentes qu'il est nécessaire de prendre en compte dans les calculs.

Les variations d'altitude ne sont pas responsables directement de déformations ou contraintes additionnelles, l'altitude intervient toutefois sur les conditions extérieures de température et de flux solaire et donc sur le gradient de température maximal.

2.3.1.1. Charge due aux piliers

En raison du vide régnant dans l'espace entre les deux feuilles de verre, une différence de pression de 10^5 Pa environ existe entre cet espace et le milieu extérieur. Les piliers formant entretoise sont répartis régulièrement, selon une maille carrée de

20 mm de côté ; ils sont positionnés avec un bord de référence entre les deux feuilles de verre, et permettent de maintenir cet espace. Localement ils créent des forces ponctuelles à leur surface qui génèrent des contraintes de tension permanente.

La charge permanente induite par la présence des piliers dépend de l'épaisseur de chaque verre constitutif, suivant la formule décrite dans l'étude Vacuum glazing: Design options and performance capability - University of Sydney.:

$$\sigma_P = 0,11 \times \frac{\lambda^2}{t^2}$$

Où :

λ est le pas de la grille suivant laquelle sont disposés les piliers (20 mm)

t est l'épaisseur nominale du verre concerné

Epaisseur d'un verre	3 mm	4 mm	6 mm
σ_P (MPa)	4,89	2,75	1,23

La contrainte permanente développée dans chaque verre est prise en compte. Les valeurs du tableau correspondent à un réseau de piliers de maille carrée de 20 mm de côté et incluent le cas de piliers manquants en proportion connue. En effet chaque pilier peut reprendre la charge supplémentaire générée accidentellement par un pilier voisin manquant. En outre, le contrôle de fabrication assure qu'il n'y ait pas deux piliers manquants voisins.

2.3.1.2. Charges de gradient thermique

La différence des températures ΔT entre le verre intérieur et le verre extérieur des vitrages FINEO a pour origine l'écart de température entre les milieux intérieur et extérieur au vitrage et le flux solaire. La différence ΔT génère des déformations et des contraintes spécifiques en raison de la soudure périphérique céramique (illustration à la figure 2).

Pour les usages visés, les températures absolues atteintes par les composants de FINEO ne sont pas limitées. Cependant un gradient maximal théorique de température entre les deux faces de FINEO (51°C) a été constaté sur la base des données du Cahier CSTB 3242 et en situation hivernale.

2.3.1.2.1. Détermination du gradient thermique

Les différences (ΔT) maximales de températures, calculées en fonction de la composition des vitrages (notamment de l'absorption énergétique de chaque verre) sans store et de leur exposition (températures intérieure, extérieure et ensoleillement), et suivant un modèle thermique basé sur les hypothèses du cahier CSTB n°3242, sont répertoriées dans les tableaux 2-1 et 2-2 en fonction de la zone climatique, de l'orientation et de l'altitude (étude CSTB).

Les gradients de température maximaux sont calculés pour l'hiver et l'été.

La société AGC Glass Europe peut déterminer la valeur maximale de gradient thermique dans une situation qui ne serait pas décrite dans les tableaux, suivant la méthode décrite ci-dessous :

- La température du verre est calculée à l'aide d'un modèle de simulation thermique transitoire 1D selon la méthode NF P 78-470 et avec les propriétés de la cavité sous vide selon la norme ISO19912-1 Annexe C.
- La simulation thermique est effectuée en considérant les données climatiques heure par heure durant une année entière. Ces données climatiques (rayonnement solaire global sur la surface inclinée et température de l'air) sont calculées par Meteonorm v8 API. L'année type calculée représente une année moyenne sur une période de 20 ans (2000-2019 pour la température de l'air et 1996-2015 pour le rayonnement).
- Ce genre de condition météorologique extrême, quasiment toujours rencontrée en période hivernale, représente le cas le plus critique pour le dimensionnement de FINEO. Une étude comparant les données météorologiques moyennes et extrêmes calculées par le logiciel Meteonorm a été réalisée pour établir une éventuelle différence dans la valeur de ΔT obtenue. Les résultats montrent qu'un facteur de sécurité de 1,4 doit être appliqué au ΔT à partir des données météorologiques moyennes. Ce ΔT pondéré représente donc les résultats des données météorologiques extrêmes et est utilisé pour calculer les déformations et contraintes spécifiques induites par le gradient thermique.

2.3.1.2.2. Calcul des contraintes et des déformations spécifiques de gradient thermique

Les contraintes étant liées aux conditions de maintien des bords, celles-ci (en particulier concernant les caractéristiques des garnitures d'étanchéité) doivent être maîtrisées (cf Dispositions de mise en œuvre en § 2.4).

Calcul par simulation par éléments finis : pour chaque projet, il est théoriquement possible d'utiliser un modèle complet de simulation par éléments finis afin de tenir compte de la totalité de l'environnement de FINEO, avec description du profilé de pose et des matériaux. AGC Glass Europe peut réaliser ces calculs.

Méthode simplifiée : des calculs préalables ont été réalisés grâce à des simulations par éléments finis, pour un grand nombre de dimensions, d'épaisseurs et de valeurs de ΔT , tout en considérant des appuis continus linéaires. Les valeurs de déformations et contraintes induites par un gradient thermique sont répertoriées dans les tableaux du paragraphe 2.10.3.

2.3.2. Principe des calculs

Les contraintes générées dans chaque composant verrier par la présence des piliers (2.3.1.1), celles dues au gradient thermique (2.3.1.2) et celles dues au vent sont combinées. Chaque charge conduit, isolément, à l'ELS ou l'ELU respectivement à une flèche F ou une contrainte σ avec les symboles suivants :

	Piliers	Gradient thermique entre vitrages	Vent
Flèche à l'ELS	$F_P = 0$	F_T (été et hiver)	F_V
Contrainte à l'ELU	σ_P	σ_T (été et hiver)	σ_V

Les calculs de F_V et σ_V sont réalisés suivant le cahier du CSTB 3488_V2 - ou la norme FD P 78-468 d'application de l'EN 16612. Pour le calcul des contraintes induites dans chacun des composants verriers par les déformations dues au vent, le vitrage FINEO est assimilé à un vitrage monolithique recuit d'épaisseur égale à l'épaisseur totale des composants ; seules les contraintes présentes sur les faces extérieures sont prises en compte.

Les pressions de vent utilisées par le Configérateur FINEO sont établies conformément à la norme NF EN 1991-1-4, en prenant en compte une hauteur d'installation du vitrage égale à la hauteur du bâtiment et un vitrage positionné en angle du bâtiment. Il est également possible d'entrer manuellement la pression de vent (valeur du DTU 39 P4) dans les données d'entrée du Configérateur FINEO.

Les valeurs à retenir pour F_T et σ_T figurent dans les tableaux du paragraphe 2.10.3, vérifiés par le CSTB dans le cadre de l'instruction.

Les combinaisons à l'ELU sont généralement dimensionnantes.

Les vitrages FINEO sont plans. Les flèches générées par la charge due aux seuls piliers étant infimes, elles ne sont pas prises en compte.

2.3.2.1. Combinaisons de contraintes aux états limites ultimes

Les contraintes induites dans chacun des deux composants verriers respectent les limites suivantes, dans les différentes configurations :

Combinaisons à vérifier	Contrainte résultante	Contrainte maximale verre recuit
Piliers (seuls)	1.1 σ_P	8.7 MPa
Piliers + Gradient thermique	1.1 σ_P + 1.1 σ_T	17.7 MPa (été_6 h) 17.1 MPa (hiver_12h)
Piliers + Vent	1.1 σ_P + 1.5 σ_W	30 MPa
Piliers + Gradient thermique + Vent	1.1 σ_P + 1.1 σ_T + 0.9 σ_W	30 MPa
Piliers + Vent + Gradient thermique	1.1 σ_P + 1.5 σ_W + 0.33 σ_T	30 MPa

Les hypothèses retenues pour la vérification des vitrages isolants courants suivant FD P 78-468 sont généralement applicables (facteurs partiels de charge ψ_0 et ψ_2 , $\gamma_{QW}=1.5$ pour la charge variable de vent, combinaisons de contraintes à l'instar des combinaisons de charge). Cependant :

- Pour les coefficients partiels, la charge de pilier étant permanente, on retient $\gamma_G = 1.1$.
- Le gradient thermique étant déterminé dans des conditions extrêmes, on retient $\gamma_{QT} = 1.1$.

2.3.2.2. Combinaisons de flèches à l'Etat limite de service

Il est vérifié que les déformations subies par les vitrages FINEO au centre du vitrage ne dépassent pas les limites en vigueur pour les vitrages isolants courants soit 1/60^{ème} du petit côté ou 30 mm :

Combinaisons à vérifier	Flèche résultante	Flèche maximale
Piliers + Gradient thermique	F_T	
Piliers + Vent	F_W	

Piliers + Gradient thermique + Vent	$F_T + 0.6 F_W$	1/60 ^{ème} du petit côté ou 30 mm
Piliers + Vent + Gradient thermique	$F_W + 0.3 F_{T,été}$ $F_W + 0.3 F_{T,hiver}$	

Les flèches générées par la charge due aux seuls piliers étant infimes, elles ne sont pas prises en compte.

Pour le calcul des déformations dues au vent, le vitrage FINEO est assimilé à un vitrage monolithique d'épaisseur égale à l'épaisseur totale des composants.

2.3.2.3. Outil de calcul AGC

Le calcul peut être réalisé par un revendeur ou un partenaire formé par AGC avec l'outil mis à disposition. Cet outil intègre toutes les étapes de vérification, à l'exception de l'évaluation des risques de choc thermique. AGC réalise périodiquement (annuellement) une vérification de calculs (sur base d'un échantillonnage) auprès de chaque revendeur ou partenaire. .

- Contrainte due aux piliers,
- Utilisation de la localisation précise et de Meteonorm pour déterminer les conditions météorologiques, puis calcul de ΔT en été et en hiver,
- Calcul des contraintes thermiques selon §2.3.1.2.2, méthode simplifiée,
- Calcul des contraintes dues au vent en pression et dépression,
- Calcul des combinaisons,
- Vérification des critères par combinaison.

2.3.3. Vérification des risques de choc thermique

La vérification du risque de casse thermique est réalisée comme pour un vitrage isolant classique par application du DTU 39 P3. Les températures des composants verriers (recuits) sont déterminées en considérant la valeur $U_g = 0,7 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$ d'un vitrage isolant fictif.

Afin de tenir compte de la charge permanente induite par la présence des piliers, il est nécessaire de déduire cette charge exprimée en MPa (respectivement 4,9, 2,75 et 1,23 MPa pour les verres de 3, 4 et 6 mm d'épaisseur) de la valeur $\sigma_{\max}$ mentionnée par le DTU39. Les nouveaux critères applicables pour le gradient de température $\Delta T_{\max}$ sont :

	Profilé courant (faible inertie, bois, Alu RPT ou mixte)	Profilé d'inertie moyenne	Profilé à forte inertie thermique
FINEO Verre 3 mm $\sigma_{\max}$	19.1 MPa	16.8 MPa	15.1 MPa
FINEO Verre 4 mm $\sigma_{\max}$	21.25 MPa	18.95 MPa	17.25 MPa
FINEO Verre 6 mm $\sigma_{\max}$	22.8 MPa	20.5 MPa	18.8 MPa
FINEO Verre 3 mm $\Delta T_{\max}$	33°C	29°C	26°C
FINEO Verre 4 mm $\Delta T_{\max}$	37°C	33°C	30°C
FINEO Verre 6 mm $\Delta T_{\max}$	40°C	36 °C	33°C

Cette méthode de vérification est détaillée auprès des revendeurs et installateurs dédiés, qui vérifient le risque de casse par choc thermique. AGC Glass Europe peut également réaliser cette vérification.

2.4. Dispositions de mise en œuvre

2.4.1. Principes généraux

Les règles et dispositions du NF DTU39 et de la norme XP P20-650-1 sont d'application pour la mise en œuvre des vitrages FINEO, notamment concernant le calage, le drainage et la ventilation des feuillures ; il est à noter que la vérification de la compatibilité des cales avec le vitrage n'est pas nécessaire.

Des spécificités concernant les garnitures de joints doivent toutefois être respectées, qu'il s'agisse de la mise en œuvre des vitrages dans des châssis existants (revitrage) ou dans des châssis neufs.

Le revendeur ou l'installateur dédié vérifie l'ensemble des dispositions de mise en œuvre pour chaque projet conformément au cahier des charges fixé par AGC Glass Europe : guides d'installation, méthodologie de sélection des garnitures.

Dans le cas de rénovation, compte tenu de la grande isolation du vitrage FINEO, il est possible que le phénomène de condensation ne se produise pas sur le vitrage mais sur les profilés de fenêtres ou les parois avoisinantes.

2.4.2. Mises en œuvre les plus courantes

Il est à noter que la mise en œuvre en bain complet de mastic silicone est possible. De la même manière, la mise en œuvre de FINEO dans une feuillure non drainée et non ventilée est possible, dans le respect des limitations des règles usuelles (NF DTU39 P1-1 chapitre 7.2.1 : FINEO se comporte comme un simple vitrage).

Exemples de mises en œuvre parmi les plus courantes

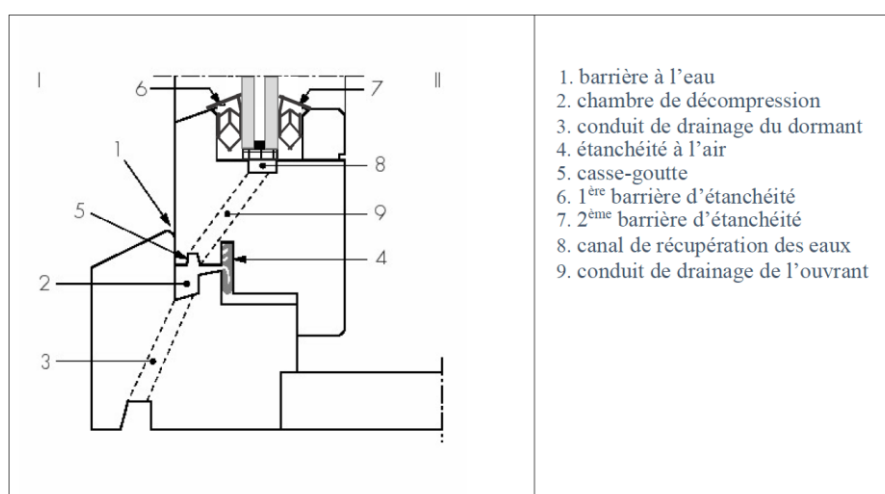


Figure 1: mise en œuvre en châssis neuf avec joints extrudés

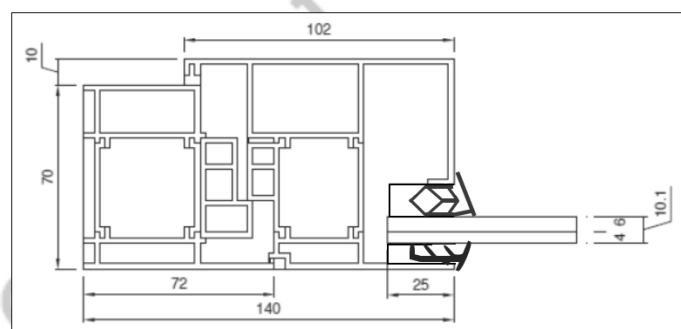


Figure 2: mise en œuvre en châssis neuf avec joints extrudés

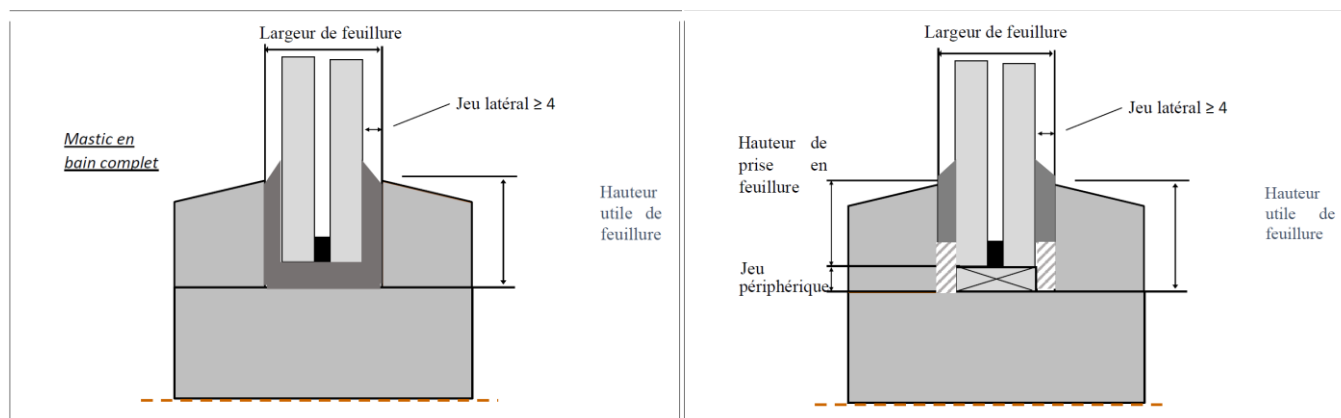


Figure 3: mises en œuvre avec joints mastic : bain complet et combinaison mousse en fond de joint et silicone

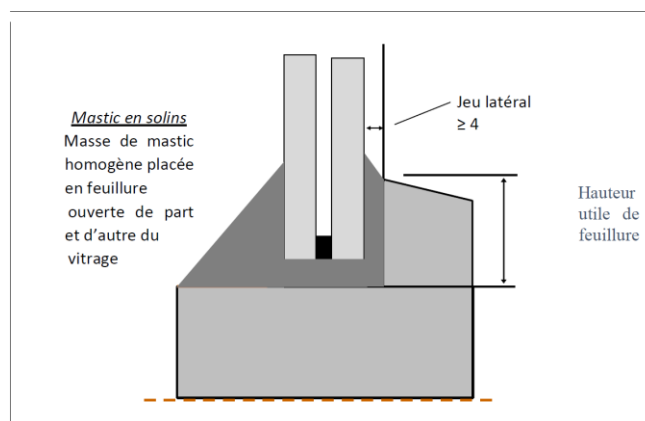


Figure 4: mise en œuvre en bain complet (joint type silicone)

Les garnitures de joints et les mastics utilisés pour la mise en œuvre des vitrages FINEO doivent répondre aux dispositions décrites ci-après.

2.4.3. Garnitures de joints

Les mastics DowSil 791 de Dow, Silirub2 de Soudal, Monustop de Den Braven ou Easyseal de Bloem peuvent être utilisés, à titre d'exemples.

Des garnitures de joint extrudées en matière EPDM par exemple peuvent être utilisées, dans la mesure où elles répondent aux dispositions décrites au paragraphe 2.4.3.1.

D'autres garnitures de joints peuvent être utilisées, elles doivent dans tous les cas répondre aux dispositions décrites ci-après.

2.4.3.1. Garnitures de joint extrudées

Les garnitures de joint extrudées utilisées de part et d'autre du vitrage peuvent avoir des géométries et caractéristiques différentes et leurs courbes de compression, décrivant leur force de résistance en fonction de leur écrasement, doivent répondre au critère décrit en annexe 6 à ce dossier technique. AGC Glass Europe, en collaboration avec ses revendeurs et installateurs dédiés, réalise la validation des garnitures de joint extrudées ; cette validation nécessite de rassembler les informations listées en annexe 4.

2.4.3.2. Joints mastic silicone

Les joints mastic :

- Doivent avoir une largeur minimale de 4mm, de chaque côté du vitrage sous vide
- Doivent avoir un module d'élasticité inférieur ou égal à 0,5 MPa à 100 % d'élongation et de compression
- Doivent appartenir à la classe G 25 LM de la norme ISO 11600

Il est à noter que l'utilisation de mousse, ou de toute autre matériau, en fond de joint, doit satisfaire également les deux premières dispositions.

2.5. Maintien en service du produit ou procédé

Des guides détaillés concernant les précautions à respecter du maintien en service et du nettoyage des vitrages sont disponibles sur le site www.YourGlass.com.

2.6. Traitement en fin de vie

Les dispositions relatives au traitement en fin de vie de FINEO sont identiques à celles en vigueur pour les vitrages simples courants.

2.7. Assistance technique

AGC Glass Europe met à disposition de ses revendeurs et installateurs dédiés les outils de dimensionnement de FINEO (et en particulier le configurateur réalisant les calculs) et une documentation technique complète incluant les recommandations de mise en œuvre (guides d'installation, méthodologie de sélection des garnitures, méthode d'évaluation des chocs thermiques...), ainsi qu'un support technique à la demande du partenaire. Par ailleurs, ces partenaires sont également formés aux outils et AGC Glass Europe réalise périodiquement (annuellement) une vérification des connaissances de la documentation technique et une vérification de calculs effectués (sur base d'un échantillonnage) de chaque partenaire.

2.8. Principes de fabrication et de contrôle de cette fabrication

2.8.1. Principes de fabrication

Les vitrages sous vide FINEO sont fabriqués dans l'usine d'AGC Glass Europe de Lodelinsart (Belgique).

Les vitrages sous vide FINEO sont toujours produits sur mesure, aux dimensions finales demandées par les clients. L'ensemble de la fabrication est basé sur l'utilisation de motherboards, ou plateaux mères, de dimensions 1600 mm x 2500 mm, dans lesquels plusieurs FINEO sont agencés et produits. Une optimisation géométrique permet d'utiliser la plus grande proportion possible des motherboards. Une illustration est donnée en figure 5.

Le processus de fabrication implique donc que les opérations successives soient faites sur les feuilles de verre qui constituent les motherboards au cours des étapes d'assemblage et sur les motherboards lors de la mise sous-vide, jusqu'à l'étape de finition où les motherboards sont découpées pour créer les vitrages FINEO qui seront ensuite rodés (JPI) et contrôlés avant expédition.

Les motherboards des FINEO sont donc produites à l'aide d'une feuille de verre float et d'une feuille de verre à couche (toutes deux de 1600 mm x 2500 mm). Ces deux feuilles sont, dans un premier temps, préparées :

- Le verre à couche subit une ablation de la couche à l'endroit où va être déposée la barrière périphérique.
- Le verre float est percé du trou d'évacuation par lequel les gaz seront aspirés ultérieurement et le numéro de série du vitrage y est gravé.
- Les deux verres sont lavés et contrôlés (absence de défauts ponctuels du verre ou défauts de couche).

L'assemblage se passe ensuite dans un environnement contrôlé en température (21°C +/- 2°C) et en humidité (min 60% HR).

Durant la phase d'assemblage, les deux verres constituant FINEO sont traités séparément.

- Le verre à couche passe en premier sur la ligne, suivi du verre float
 - De manière successive, les piliers sont déposés sur le verre float, puis le piège à gaz est posé, et finalement la barrière périphérique.
 - Le piège à gaz et la barrière périphérique étant appliqués sous la forme d'une pâte (mélange d'un medium alcoolique et de la matière active), les verres sont ensuite séchés afin de faire évaporer le medium et également de garantir la résistance à la compression du cordon de barrière périphérique.
- Le verre à couche est retourné et déposé sur le verre float lors de la dernière des opérations d'assemblage. La motherboard est à ce moment-là complète.

Une fois l'assemblage effectué, la motherboard est placée dans un four afin d'y subir sa mise sous vide.

- Cette étape consiste en une combinaison de montées en température et de refroidissements successifs ainsi que d'une activation de la pompe de mise sous vide.
- Ces cycles combinant température et aspiration permettent de créer l'étanchéité des vitrages par la soudure des barrières périphériques, de créer le niveau de vide requis de 0,1 Pa et d'activer le piège à gaz.

Une fois que la motherboard est sous vide, sortie du four et mise à température ambiante, elle est découpée par la technique du jet d'eau et les FINEO qui la constituaient sont alors séparés. Chaque FINEO subit une étape de finition qui consiste en un rodage de ses bords (JPI) et en un contrôle de sa qualité et de sa performance thermique (mesure rapide de Ug).

2.8.2. Contrôles

Il existe entre AGC Glass Europe et ses fournisseurs des cahiers des charges décrivant les spécifications auxquelles doivent répondre les matières concernées.

On distingue les contrôles et dispositions suivants ; les principaux contrôles sont résumés dans les annexes 1 à 3.

- Des contrôles sur les matières premières.
- Des contrôles en cours de fabrication.
- Des contrôles sur les produits finis.

2.9. Mention des justificatifs

2.9.1. Résultats expérimentaux

- Détermination du coefficient Ug de vitrages Fineo 8 (rapport n° DE-HY-0055 HY-19-173-10 du CSTC, 17/06/2019).
- Détermination du coefficient Ug de vitrages Fineo (rapport n° DEB 22 08472 du CSTB, de septembre 2023).
- Essai de résistance à des cycles climatiques avec UV (168 cycles suivant DTU 39 P1-2 annexe B), avec mesures de Ug avant et après vieillissement (rapport n° DEB 22 75037 du CSTB de mars 2023).
- Essai de résistance à des cycles thermiques et exposition UV suivant le §7.3 méthode 2 de la norme NF ISO 19916-1 (rapports d'essai n° DE-HY-0055 HY-19-173-01E à 06E du CSTC, 11/2019).
- Détermination de la résistance à la compression des piliers (rapport n°NA191114-01 d'AGC, 17/07/2019).
- Détermination de la résistance au fluage des piliers, vitrage Fineo exposé pendant 240h à 150°C (rapport n° NA191121-07 d'AGC, 17/07/2019).
- Essai de vieillissement sur un vitrage Fineo pendant 4000h WOM (rapport DBV 21-08740 de février 2023).
- Mesure de la capacité d'absorption du getter (rapport n°NA191114-01 d'AGC, 09/2019).
- Détermination des valeurs spectrophotométriques des verres à couche (rapports d'essai de l'INISMA n° 2019B COU 37934-1 d'août 2019 et n°2020B COU 40751-1 de juin 2020).
- Essai de détermination de l'épaisseur équivalente d'un vitrage Fineo 8, et mesure de la contrainte à rupture (rapport d'essai n° DE-SCSY-0078 LABO SCSY-21-033-01 du CSTC d'octobre 2021).
- Essai de charge de vent : comparaison des déformations entre un vitrage Fineo 8 et un vitrage monolithique de 8 mm (rapport du CSTB n° DBV22-14344-A de juin 2023).
- Essai de charges de vent répétées : durabilité de la barrière périphérique sur un vitrage Fineo 10 de dimensions 1230 x 1480 pris en feuillure deux petits côtés jusqu'à 1800 Pa (rapport du CSTB n° DBV22-12221 de février 2023) - maintien du vide.
- Essai de durabilité de l'épaisseur équivalente d'un vitrage Fineo 8, avec mesures de flexion 4 points avant et après vieillissement 4000h suivant EN 12543-4 (rapport DBV22-09334 du CSTB de février 2023).
- Etude de détermination de l'origine des casses d'un vitrage Fineo 8 lors d'un essai de flexion 4 points (rapport DBV 22-12227 du CSTB de mars 2023).
- Résistance de la barrière périphérique après 4000h WOM (rapport DBV 22-12221 du CSTB de février 2023).
- Essai de sollicitations de gradient thermique répétées sur vitrages Fineo 8 quasi-libres 600 mm x 600 mm avec delta T = 25°C, -30°C, -40°C (rapport DBV 23-16496 du CSTB de mai 2023).
- Essai de charges de vent répétées sur vitrage Fineo 10 pris en feuillure 4 côtés de dimensions 1230 x 1480 mm ± 800 Pa (9000 cycles) et ± 1200 Pa (200 cycles), déformations mesurées environ 1/350°. Rapport DBV22-14344-B du CSTB de mai 2023).
- Essai de détermination expérimentale des déformations sous charge de gradient thermique dans plusieurs configurations (rapport DBV 22-12961 de mai 2023).
- Etude thermique : détermination des gradients thermiques (rapports d'étude n° DEB AFF 22-048 et 23-011 du CSTB).
- Etude mécanique : validation des valeurs de déformations et contraintes (rapport d'études du CSTB n° DEB AFF 23-015 de juin 2023).
- Détermination des coefficients d'isolation acoustique, rapports du CSTC n°DE631x8761 AC8008, DE631x8761 AC8010 et DE631x8761 AC8011 de janvier 2019.
- Détermination du coefficient Uw d'une fenêtre intégrant un vitrage Fineo (essai à la boîte chaude gardée). Rapport n° DBV23-30201 de mars 2023.

2.9.2. Ventes au cours des années 2021 et 2022

<i>Ventes de FINEO par pays</i>	<i>en 2021 (en m²)</i>	<i>en 2022 (en m²)</i>
NL – Pays-Bas	7.142	16.976
BE – Belgique	999	1.865
GB – Royaume Uni	1.177	3.144
IE – Irlande	751	686
D – Allemagne	153	1.016
CH – Suisse	893	778
AT – Autriche	293	107
FR – France	9	862
Autres	263	368

2.10. Tableaux, figures et annexes du Dossier Technique

2.10.1. Caractéristiques optiques et énergétiques des verres à couche

Tableau 1 – Caractéristiques optiques et énergétiques des verres à couche pour Fineo

	Advanced for FINEO sur Clearlite : verre intérieur de 4 mm			Advanced for FINEO sur Clearlite : verre intérieur de 6 mm		
Visible range	τ _v	87	%	τ _v	86	%
	ρ _v	7	%	ρ _v	7	%
	ρ'v	9	%	ρ'v	9	%
Solar range	τ _e	61	%	τ _e	60	%
	ρ _e	31	%	ρ _e	31	%
	ρ'e	27	%	ρ'e	26	%
	ε _n	0,022		ε _n	0,022	
Thermal range						

Les spectres complets sont disponibles sur demande pour vérification des risques de choc thermique.

2.10.2. Gradients thermiques

Tableaux 2-1 – gradient thermique ΔT (en °C) en fonction de l'exposition et de la zone climatique – été

Saison	ÉTÉ											
Orientation	S											
Zone climatique	VE1			VE2			VE3			VE4		
Altitude	150	800	1600	150	800	1600	150	800	1600	150	800	1600
Nom vitrage												
Fineo_6	3,6	0,1	-3,4	6,1	2,7	-0,8	8,6	5,2	1,7	12,0	8,6	5,1
Fineo_8	4,4	1,0	-2,4	6,9	3,5	0,1	9,5	6,1	2,6	12,8	9,5	6,0
Fineo_10	5,9	2,5	-0,8	8,4	5,0	1,7	10,9	7,6	4,3	14,3	10,9	7,6
Fineo_12	4,4	1,0	-2,4	6,9	3,5	0,1	9,5	6,1	2,6	12,8	9,5	6,0

Saison	ÉTÉ											
Orientation	SO											
Zone climatique	VE1			VE2			VE3			VE4		
Altitude	150	800	1600	150	800	1600	150	800	1600	150	800	1600
Nom vitrage												
Fineo_6	6,4	3,0	-0,6	9,0	5,5	2,0	11,5	8,0	4,5	14,9	11,4	7,9
Fineo_8	7,5	4,1	0,7	10,1	6,7	3,2	12,6	9,2	5,8	16,0	12,6	9,1
Fineo_10	9,5	6,2	2,9	12,0	8,7	5,4	14,6	11,2	7,9	17,9	14,6	11,3
Fineo_12	7,5	4,1	0,7	10,1	6,7	3,2	12,6	9,2	5,8	16,0	12,6	9,1

Saison	ÉTÉ											
Orientation	O											
Zone climatique	VE1			VE2			VE3			VE4		
Altitude	150	800	1600	150	800	1600	150	800	1600	150	800	1600
Nom vitrage												
Fineo_6	2,5	-0,9	-4,5	5,1	1,6	-2,0	7,6	4,2	0,6	11,0	7,5	3,9
Fineo_8	3,9	0,5	-2,9	6,5	3,1	-0,4	9,0	5,6	2,1	12,4	9,0	5,5
Fineo_10	6,4	3,0	-0,2	8,9	5,6	2,3	11,4	8,1	4,8	14,8	11,5	8,2
Fineo_12	3,9	0,5	-2,9	6,5	3,1	-0,4	9,0	5,6	2,1	12,4	9,0	5,5

Pour les orientations est (E) et sud-est (SE), utiliser les valeurs valables pour les orientations ouest (O) et sud-ouest (SO) respectivement est sécuritaire.

Tableaux 2-2 – gradient thermique ΔT (en °C) en fonction de l'exposition et de la zone climatique – hiver

Saison	Orientation	Zone climatique	Altitude	Day or Night	Fineo_6	Fineo_8	Fineo_10	Fineo_12
HIVER	S	VH1	150	Night	-38,9	-38,9	-38,9	-38,9
				Day	-39,1	-37,9	-35,9	-37,9
			800	Night	-44,1	-44,1	-44,1	-44,1
				Day	-44,6	-43,4	-41,2	-43,4
			1600	Night	-51,1	-51,1	-51,1	-51,1
				Day	-52,1	-50,7	-48,3	-50,7
		VH2	150	Night	-36,3	-36,3	-36,3	-36,3
				Day	-36,5	-35,3	-33,3	-35,3
			800	Night	-41,5	-41,5	-41,5	-41,5
				Day	-42,0	-40,8	-38,6	-40,8
			1600	Night	-48,5	-48,5	-48,5	-48,5
				Day	-49,5	-48,1	-45,7	-48,1
		VH3	150	Night	-34,6	-34,6	-34,6	-34,6
				Day	-34,8	-33,6	-31,6	-33,6
			800	Night	-39,8	-39,8	-39,8	-39,8
				Day	-40,2	-39,0	-36,9	-39,0
			1600	Night	-46,7	-46,7	-46,7	-46,7
				Day	-47,7	-46,4	-44,0	-46,4
		VH4	150	Night	-32,0	-32,0	-32,0	-32,0
				Day	-32,2	-31,0	-29,0	-31,0
			800	Night	-37,2	-37,2	-37,2	-37,2
				Day	-37,6	-36,4	-34,3	-36,4
			1600	Night	-44,1	-44,1	-44,1	-44,1
				Day	-45,1	-43,8	-41,4	-43,8
		VH5	150	Night	-30,2	-30,2	-30,2	-30,2
				Day	-30,4	-29,3	-27,3	-29,3
			800	Night	-35,4	-35,4	-35,4	-35,4
				Day	-35,9	-34,7	-32,6	-34,7
			1600	Night	-42,4	-42,4	-42,4	-42,4
				Day	-43,4	-42,0	-39,7	-42,0
		VH6	150	Night	-28,5	-28,5	-28,5	-28,5
				Day	-28,7	-27,6	-25,6	-27,6
			800	Night	-31,1	-31,1	-31,1	-31,1
				Day	-31,6	-30,4	-28,2	-30,4
			1600	Night	-34,6	-34,6	-34,6	-34,6
				Day	-35,6	-34,2	-31,9	-34,2

Saison	Orientation	Zone climatique	Altitude	Day or Night	Fineo_6	Fineo_8	Fineo_10	Fineo_12
HIVER	SE	VH1	150	Night	-38,9	-38,9	-38,9	-38,9
				Day	-37,9	-37,1	-35,6	-37,1
			800	Night	-44,1	-44,1	-44,1	-44,1
				Day	-43,3	-42,4	-40,8	-42,4
			1600	Night	-51,1	-51,1	-51,1	-51,1
				Day	-50,7	-49,7	-47,9	-49,7
		VH2	150	Night	-36,3	-36,3	-36,3	-36,3
				Day	-35,3	-34,5	-33,0	-34,5
			800	Night	-41,5	-41,5	-41,5	-41,5
				Day	-40,7	-39,8	-38,2	-39,8
			1600	Night	-48,5	-48,5	-48,5	-48,5
				Day	-48,1	-47,1	-45,3	-47,1
		VH3	150	Night	-34,6	-34,6	-34,6	-34,6
				Day	-33,6	-32,7	-31,3	-32,7
			800	Night	-39,8	-39,8	-39,8	-39,8
				Day	-39,0	-38,1	-36,5	-38,1
			1600	Night	-46,7	-46,7	-46,7	-46,7
				Day	-46,4	-45,3	-43,6	-45,3
		VH4	150	Night	-32,0	-32,0	-32,0	-32,0
				Day	-31,0	-30,1	-28,7	-30,1
			800	Night	-37,2	-37,2	-37,2	-37,2
				Day	-36,4	-35,5	-33,9	-35,5
			1600	Night	-44,1	-44,1	-44,1	-44,1
				Day	-43,8	-42,7	-41,0	-42,7
		VH5	150	Night	-30,2	-30,2	-30,2	-30,2
				Day	-29,3	-28,4	-26,9	-28,4
			800	Night	-35,4	-35,4	-35,4	-35,4
				Day	-34,7	-33,8	-32,2	-33,8
			1600	Night	-42,4	-42,4	-42,4	-42,4
				Day	-42,0	-41,0	-39,2	-41,0
		VH6	150	Night	-28,5	-28,5	-28,5	-28,5
				Day	-27,5	-26,7	-25,2	-26,7
			800	Night	-31,1	-31,1	-31,1	-31,1
				Day	-30,3	-29,4	-27,9	-29,4
			1600	Night	-34,6	-34,6	-34,6	-34,6
				Day	-34,2	-33,2	-31,4	-33,2

Pour l'orientation sud-ouest (SO), on retient les valeurs valables pour l'orientation sud-est (SE).

Saison	Orientation	Zone climatique	Altitude	Day or Night	Fineo_6	Fineo_8	Fineo_10	Fineo_12
HIVER	E	VH1	150	Night	-38,9	-38,9	-38,9	-38,9
				Day	-37,0	-36,4	-35,3	-36,4
			800	Night	-44,1	-44,1	-44,1	-44,1
				Day	-42,3	-41,7	-40,5	-41,7
			1600	Night	-51,1	-51,1	-51,1	-51,1
				Day	-49,6	-48,8	-47,6	-48,8
		VH2	150	Night	-36,3	-36,3	-36,3	-36,3
				Day	-34,4	-33,8	-32,7	-33,8
			800	Night	-41,5	-41,5	-41,5	-41,5
				Day	-39,7	-39,1	-37,9	-39,1
			1600	Night	-48,5	-48,5	-48,5	-48,5
				Day	-47,0	-46,2	-45,0	-46,2
		VH3	150	Night	-34,6	-34,6	-34,6	-34,6
				Day	-32,6	-32,0	-31,0	-32,0
			800	Night	-39,8	-39,8	-39,8	-39,8
				Day	-38,0	-37,3	-36,2	-37,3
			1600	Night	-46,7	-46,7	-46,7	-46,7
				Day	-45,2	-44,5	-43,2	-44,5
		VH4	150	Night	-32,0	-32,0	-32,0	-32,0
				Day	-30,0	-29,4	-28,4	-29,4
			800	Night	-37,2	-37,2	-37,2	-37,2
				Day	-35,4	-34,7	-33,6	-34,7
			1600	Night	-44,1	-44,1	-44,1	-44,1
				Day	-42,6	-41,9	-40,6	-41,9
		VH5	150	Night	-30,2	-30,2	-30,2	-30,2
				Day	-28,3	-27,7	-26,6	-27,7
			800	Night	-35,4	-35,4	-35,4	-35,4
				Day	-33,7	-33,0	-31,9	-33,0
			1600	Night	-42,4	-42,4	-42,4	-42,4
				Day	-40,9	-40,2	-38,9	-40,2
		VH6	150	Night	-28,5	-28,5	-28,5	-28,5
				Day	-26,6	-26,0	-24,9	-26,0
			800	Night	-31,1	-31,1	-31,1	-31,1
				Day	-29,3	-28,7	-27,6	-28,7
			1600	Night	-34,6	-34,6	-34,6	-34,6
				Day	-33,1	-32,4	-31,1	-32,4

Pour l'orientation ouest (O), on retient les valeurs valables pour l'orientation e€(E).

Il est à noter que le cas de gradient thermique à 51°C en zone climatique VH1 correspond à une situation théorique inexistante. Par conséquent les tableaux principaux de contraintes et déformations induites par un gradient thermique ont été élaborés pour des gradients thermiques ΔT plus courants de 20, 30 et 40°C.

La société AGC Glass Europe peut déterminer la valeur maximale de gradient thermique dans une situation qui ne serait pas décrite dans les tableaux.

2.10.3. Contraintes (MPa) et déformations (mm) dues aux gradients thermiques

Tableau 3-1-a- contraintes et déformations induites par un gradient thermique en fonction des dimensions des vitrages pour FINEO 6 (verre extérieur – mm) - 3mm côté froid et 4mm côté chaud (cas hiver)

Contraintes verre 3 mm - $\Delta T = 40^{\circ}\text{C}$

		Largeur (mm)							
Longueur (mm)		200	400	600	800	1000	1200	1400	1600
	200	0,00	3,89	12,24	14,67	14,32	13,94	13,95	13,97
	400	3,89	0,00	7,29	12,47	14,20	14,25	13,82	13,75
	600	12,24	7,29	4,38	9,42	11,95	12,96	13,15	13,13
	800	14,67	12,47	9,42	8,33	10,13	11,78	12,70	12,95
	1000	14,32	14,20	11,95	10,13	9,91	10,82	12,64	13,40
	1200	13,94	14,25	12,96	11,78	10,82	10,75	12,05	13,64
	1400	13,95	13,82	13,15	12,70	12,64	12,05	11,50	13,23
	1600	13,97	13,75	13,13	12,95	13,40	13,64	13,23	12,44
	1800	13,97	13,76	13,12	12,95	13,59	14,35	14,60	14,26
	2000	13,97	13,76	13,12	12,92	13,52	14,54	15,26	15,44
	2200	13,97	13,76	13,11	12,92	13,41	14,47	15,47	16,03
	2400	13,97	13,76	13,11	12,94	13,36	14,31	15,44	16,26
	2500	13,97	13,76	13,11	12,94	13,34	14,25	15,38	16,28

Contraintes verre 3 mm - $\Delta T = 30^{\circ}\text{C}$

		Largeur (mm)							
Longueur (mm)		200	400	600	800	1000	1200	1400	1600
	200	0,00	2,92	9,18	11,01	10,74	10,45	10,47	10,48
	400	2,92	0,00	5,47	9,35	10,65	10,69	10,37	10,31
	600	9,18	5,47	3,28	7,07	8,96	9,72	9,87	9,84
	800	11,01	9,35	7,07	6,25	7,59	8,83	9,53	9,71
	1000	10,74	10,65	8,96	7,59	7,43	8,11	9,48	10,05
	1200	10,45	10,69	9,72	8,83	8,11	8,06	9,04	10,23
	1400	10,47	10,37	9,87	9,53	9,48	9,04	8,62	9,92
	1600	10,48	10,31	9,84	9,71	10,05	10,23	9,92	9,33
	1800	10,47	10,32	9,84	9,72	10,19	10,76	10,95	10,70
	2000	10,47	10,32	9,84	9,69	10,14	10,90	11,44	11,58
	2200	10,47	10,32	9,84	9,69	10,06	10,85	11,60	12,03
	2400	10,47	10,32	9,83	9,70	10,02	10,74	11,58	12,19
	2500	10,47	10,32	9,83	9,70	10,01	10,69	11,54	12,21

Contraintes verre 3 mm - $\Delta T = 20^{\circ}\text{C}$

		Largeur (mm)							
Longueur (mm)		200	400	600	800	1000	1200	1400	1600
	200	0,00	1,95	6,12	7,34	7,16	6,97	6,98	6,98
	400	1,95	0,00	3,64	6,23	7,10	7,12	6,91	6,88
	600	6,12	3,64	2,19	4,71	5,98	6,48	6,58	6,56
	800	7,34	6,23	4,71	4,16	5,06	5,89	6,35	6,47
	1000	7,16	7,10	5,98	5,06	4,95	5,41	6,32	6,70
	1200	6,97	7,12	6,48	5,89	5,41	5,37	6,02	6,82
	1400	6,98	6,91	6,58	6,35	6,32	6,02	5,75	6,62
	1600	6,98	6,88	6,56	6,47	6,70	6,82	6,62	6,22
	1800	6,98	6,88	6,56	6,48	6,79	7,17	7,30	7,13
	2000	6,98	6,88	6,56	6,46	6,76	7,27	7,63	7,72
	2200	6,98	6,88	6,56	6,46	6,70	7,24	7,74	8,02
	2400	6,98	6,88	6,55	6,47	6,68	7,16	7,72	8,13
	2500	6,98	6,88	6,55	6,47	6,67	7,13	7,69	8,14

Contraintes verre 4 mm - $\Delta T = 40^{\circ}\text{C}$

		Largeur (mm)							
Longueur (mm)		200	400	600	800	1000	1200	1400	1600
	200	10,08	10,51	10,58	10,54	10,53	10,53	10,53	10,53
	400	10,51	11,60	12,42	12,50	12,42	12,38	12,38	12,38
	600	10,58	12,42	14,57	15,55	15,78	15,79	15,77	15,75
	800	10,54	12,50	15,55	17,14	17,93	18,31	18,50	18,60
	1000	10,53	12,42	15,78	17,93	18,93	19,56	20,00	20,31
	1200	10,53	12,38	15,79	18,31	19,56	20,24	20,77	21,24
	1400	10,53	12,38	15,77	18,50	20,00	20,77	21,33	21,82
	1600	10,53	12,38	15,75	18,60	20,31	21,24	21,82	22,29
	1800	10,53	12,38	15,75	18,63	20,52	21,61	22,25	22,72
	2000	10,53	12,38	15,74	18,64	20,66	21,90	22,63	23,12
	2200	10,53	12,38	15,74	18,63	20,73	22,12	22,94	23,48
	2400	10,53	12,38	15,74	18,63	20,77	22,27	23,20	23,80
	2500	10,53	12,38	15,74	18,63	20,78	22,33	23,31	23,95

Contraintes verre 4 mm - $\Delta T = 30^{\circ}\text{C}$

		Largeur (mm)							
Longueur (mm)		200	400	600	800	1000	1200	1400	1600
	200	7,56	7,88	7,93	7,90	7,90	7,90	7,90	7,90
	400	7,88	8,70	9,32	9,37	9,31	9,29	9,28	9,28
	600	7,93	9,32	10,92	11,66	11,84	11,85	11,83	11,82
	800	7,90	9,37	11,66	12,86	13,44	13,74	13,88	13,95
	1000	7,90	9,31	11,84	13,44	14,19	14,67	15,00	15,23
	1200	7,90	9,29	11,85	13,74	14,67	15,18	15,58	15,93
	1400	7,90	9,28	11,83	13,88	15,00	15,58	16,00	16,36
	1600	7,90	9,28	11,82	13,95	15,23	15,93	16,36	16,72
	1800	7,90	9,28	11,81	13,97	15,39	16,21	16,69	17,04
	2000	7,90	9,28	11,81	13,98	15,49	16,43	16,97	17,34
	2200	7,90	9,28	11,81	13,98	15,55	16,59	17,21	17,61
	2400	7,90	9,28	11,81	13,97	15,58	16,70	17,40	17,85
	2500	7,90	9,28	11,81	13,97	15,58	16,75	17,48	17,96

Contraintes verre 4 mm - $\Delta T = 20^{\circ}\text{C}$

		Largeur (mm)							
Longueur (mm)		200	400	600	800	1000	1200	1400	1600
	200	5,04	5,25	5,29	5,27	5,26	5,27	5,27	5,27
	400	5,25	5,80	6,21	6,25	6,21	6,19	6,19	6,19
	600	5,29	6,21	7,28	7,77	7,89	7,90	7,88	7,88
	800	5,27	6,25	7,77	8,57	8,96	9,16	9,25	9,30
	1000	5,26	6,21	7,89	8,96	9,46	9,78	10,00	10,16
	1200	5,27	6,19	7,90	9,16	9,78	10,12	10,39	10,62
	1400	5,27	6,19	7,88	9,25	10,00	10,39	10,66	10,91
	1600	5,27	6,19	7,88	9,30	10,16	10,62	10,91	11,14
	1800	5,27	6,19	7,87	9,32	10,26	10,81	11,12	11,36
	2000	5,27	6,19	7,87	9,32	10,33	10,95	11,31	11,56
	2200	5,27	6,19	7,87	9,32	10,36	11,06	11,47	11,74
	2400	5,27	6,19	7,87	9,31	10,38	11,13	11,60	11,90
2500	5,27	6,19	7,87	9,31	10,39	11,16	11,66	11,97	

Déformations $-\Delta T = 40^{\circ}\text{C}$

Largeur (mm)

Longueur (mm)

	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600
200	0,70	1,28	1,25	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12
400	1,28	2,48	3,01	2,97	2,84	2,80	2,80	2,80
600	1,25	3,01	4,37	4,93	5,12	5,16	5,16	5,14
800	1,12	2,97	4,93	6,11	6,82	7,29	7,62	7,85
1000	1,12	2,84	5,12	6,82	7,94	8,78	9,48	10,07
1200	1,12	2,80	5,16	7,29	8,78	9,89	10,82	11,66
1400	1,12	2,80	5,16	7,62	9,48	10,82	11,90	12,88
1600	1,12	2,80	5,14	7,85	10,07	11,66	12,88	13,93
1800	1,12	2,80	5,13	8,00	10,57	12,44	13,80	14,92
2000	1,12	2,80	5,12	8,10	10,97	13,15	14,69	15,89
2200	1,12	2,80	5,12	8,17	11,30	13,80	15,55	16,85
2400	1,12	2,80	5,12	8,20	11,55	14,37	16,38	17,80
2500	1,12	2,80	5,12	8,21	11,66	14,63	16,77	18,28

Déformations $-\Delta T = 30^{\circ}\text{C}$

Largeur (mm)

Longueur (mm)

	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600
200	0,53	0,96	0,93	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84
400	0,96	1,86	2,25	2,23	2,13	2,10	2,10	2,10
600	0,93	2,25	3,28	3,70	3,84	3,87	3,87	3,86
800	0,84	2,23	3,70	4,58	5,11	5,47	5,71	5,89
1000	0,84	2,13	3,84	5,11	5,95	6,59	7,11	7,56
1200	0,84	2,10	3,87	5,47	6,59	7,41	8,12	8,75
1400	0,84	2,10	3,87	5,71	7,11	8,12	8,93	9,66
1600	0,84	2,10	3,86	5,89	7,56	8,75	9,66	10,45
1800	0,84	2,10	3,85	6,00	7,93	9,33	10,35	11,19
2000	0,84	2,10	3,84	6,08	8,23	9,86	11,02	11,91
2200	0,84	2,10	3,84	6,12	8,47	10,35	11,66	12,64
2400	0,84	2,10	3,84	6,15	8,67	10,78	12,28	13,35
2500	0,84	2,10	3,84	6,16	8,74	10,98	12,58	13,71

Déformations $-\Delta T = 20^{\circ}\text{C}$

Largeur (mm)

Longueur (mm)

	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600
200	0,35	0,64	0,62	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56
400	0,64	1,24	1,50	1,49	1,42	1,40	1,40	1,40
600	0,62	1,50	2,19	2,47	2,56	2,58	2,58	2,57
800	0,56	1,49	2,47	3,06	3,41	3,65	3,81	3,92
1000	0,56	1,42	2,56	3,41	3,97	4,39	4,74	5,04
1200	0,56	1,40	2,58	3,65	4,39	4,94	5,41	5,83
1400	0,56	1,40	2,58	3,81	4,74	5,41	5,95	6,44
1600	0,56	1,40	2,57	3,92	5,04	5,83	6,44	6,96
1800	0,56	1,40	2,56	4,00	5,28	6,22	6,90	7,46
2000	0,56	1,40	2,56	4,05	5,49	6,57	7,35	7,94
2200	0,56	1,40	2,56	4,08	5,65	6,90	7,78	8,42
2400	0,56	1,40	2,56	4,10	5,78	7,19	8,19	8,90
2500	0,56	1,40	2,56	4,11	5,83	7,32	8,39	9,14

Tableau 3-1-b- contraintes et déformations induites par un gradient thermique en fonction des dimensions des vitrages pour FINEO 6 (verre extérieur – mm) - 3mm côté chaud et 4mm côté froid (cas été)**Contraintes verre 4 mm - $\Delta T = 40^{\circ}\text{C}$**

		Largeur (mm)							
Longueur (mm)		200	400	600	800	1000	1200	1400	1600
	200	0,00	0,00	7,92	10,37	9,99	9,60	9,62	9,64
	400	0,00	0,00	2,82	8,14	9,91	9,94	9,50	9,43
	600	7,92	2,82	0,00	4,96	7,57	8,61	8,81	8,78
	800	10,37	8,14	4,96	3,84	5,65	7,35	8,27	8,52
	1000	9,99	9,91	7,57	5,65	5,22	6,39	8,21	8,97
	1200	9,60	9,94	8,61	7,35	6,39	6,00	7,62	9,21
	1400	9,62	9,50	8,81	8,27	8,21	7,62	6,78	8,80
	1600	9,64	9,43	8,78	8,52	8,97	9,21	8,80	8,01
	1800	9,64	9,43	8,77	8,53	9,16	9,92	10,17	9,83
	2000	9,64	9,44	8,77	8,49	9,10	10,11	10,83	11,01
	2200	9,64	9,44	8,76	8,50	8,98	10,05	11,04	11,61
	2400	9,64	9,44	8,76	8,51	8,93	9,89	11,02	11,83
	2500	9,64	9,44	8,76	8,51	8,91	9,82	10,95	11,86

Contraintes verre 4 mm - $\Delta T = 30^{\circ}\text{C}$

		Largeur (mm)							
Longueur (mm)		200	400	600	800	1000	1200	1400	1600
	200	0,00	0,00	5,94	7,78	7,49	7,20	7,22	7,23
	400	0,00	0,00	2,11	6,10	7,43	7,46	7,13	7,07
	600	5,94	2,11	0,00	3,72	5,68	6,46	6,61	6,58
	800	7,78	6,10	3,72	2,88	4,24	5,51	6,20	6,39
	1000	7,49	7,43	5,68	4,24	3,91	4,79	6,16	6,73
	1200	7,20	7,46	6,46	5,51	4,79	4,50	5,72	6,91
	1400	7,22	7,13	6,61	6,20	6,16	5,72	5,09	6,60
	1600	7,23	7,07	6,58	6,39	6,73	6,91	6,60	6,01
	1800	7,23	7,07	6,58	6,40	6,87	7,44	7,63	7,38
	2000	7,23	7,08	6,58	6,37	6,82	7,58	8,12	8,26
	2200	7,23	7,08	6,57	6,37	6,74	7,53	8,28	8,71
	2400	7,23	7,08	6,57	6,38	6,70	7,42	8,26	8,87
	2500	7,23	7,08	6,57	6,38	6,69	7,37	8,22	8,89

Contraintes verre 4 mm - $\Delta T = 20^{\circ}\text{C}$

		Largeur (mm)							
Longueur (mm)		200	400	600	800	1000	1200	1400	1600
	200	0,00	0,00	3,96	5,19	4,99	4,80	4,81	4,82
	400	0,00	0,00	1,41	4,07	4,95	4,97	4,75	4,71
	600	3,96	1,41	0,00	2,48	3,78	4,31	4,41	4,39
	800	5,19	4,07	2,48	1,92	2,83	3,67	4,13	4,26
	1000	4,99	4,95	3,78	2,83	2,61	3,20	4,10	4,49
	1200	4,80	4,97	4,31	3,67	3,20	3,00	3,81	4,61
	1400	4,81	4,75	4,41	4,13	4,10	3,81	3,39	4,40
	1600	4,82	4,71	4,39	4,26	4,49	4,61	4,40	4,00
	1800	4,82	4,72	4,39	4,26	4,58	4,96	5,09	4,92
	2000	4,82	4,72	4,38	4,25	4,55	5,06	5,42	5,50
	2200	4,82	4,72	4,38	4,25	4,49	5,02	5,52	5,80
	2400	4,82	4,72	4,38	4,25	4,46	4,94	5,51	5,92
	2500	4,82	4,72	4,38	4,26	4,46	4,91	5,48	5,93

Contraintes verre 3 mm - $\Delta T = 40^{\circ}\text{C}$

		Largeur (mm)							
Longueur (mm)		200	400	600	800	1000	1200	1400	1600
	200	6,26	6,41	6,44	6,42	6,42	6,42	6,42	6,42
	400	6,41	7,12	7,77	7,81	7,74	7,70	7,70	7,70
	600	6,44	7,77	9,65	10,60	10,85	10,87	10,84	10,83
	800	6,42	7,81	10,60	12,23	13,01	13,37	13,57	13,66
	1000	6,42	7,74	10,85	13,01	13,99	14,63	15,07	15,39
	1200	6,42	7,70	10,87	13,37	14,63	15,32	15,85	16,31
	1400	6,42	7,70	10,84	13,57	15,07	15,85	16,41	16,90
	1600	6,42	7,70	10,83	13,66	15,39	16,31	16,90	17,38
	1800	6,42	7,70	10,82	13,69	15,58	16,69	17,33	17,81
	2000	6,42	7,70	10,81	13,70	15,72	16,98	17,71	18,22
	2200	6,42	7,70	10,81	13,69	15,80	17,19	18,03	18,58
	2400	6,42	7,70	10,81	13,69	15,83	17,35	18,29	18,91
	2500	6,42	7,70	10,81	13,68	15,84	17,40	18,40	19,05

Contraintes verre 3 mm - $\Delta T = 30^{\circ}\text{C}$

		Largeur (mm)							
Longueur (mm)		200	400	600	800	1000	1200	1400	1600
	200	4,70	4,81	4,83	4,82	4,81	4,82	4,82	4,82
	400	4,81	5,34	5,83	5,86	5,80	5,78	5,77	5,77
	600	4,83	5,83	7,24	7,95	8,14	8,15	8,13	8,12
	800	4,82	5,86	7,95	9,17	9,76	10,03	10,18	10,24
	1000	4,81	5,80	8,14	9,76	10,50	10,97	11,30	11,54
	1200	4,82	5,78	8,15	10,03	10,97	11,49	11,89	12,23
	1400	4,82	5,77	8,13	10,18	11,30	11,89	12,31	12,67
	1600	4,82	5,77	8,12	10,24	11,54	12,23	12,67	13,03
	1800	4,82	5,77	8,11	10,27	11,69	12,52	13,00	13,36
	2000	4,82	5,78	8,11	10,27	11,79	12,73	13,28	13,66
	2200	4,82	5,78	8,11	10,27	11,85	12,89	13,52	13,94
	2400	4,82	5,78	8,11	10,27	11,88	13,01	13,72	14,18
	2500	4,82	5,78	8,11	10,26	11,88	13,05	13,80	14,29

Contraintes verre 3 mm - $\Delta T = 20^{\circ}\text{C}$

		Largeur (mm)							
Longueur (mm)		200	400	600	800	1000	1200	1400	1600
	200	3,13	3,21	3,22	3,21	3,21	3,21	3,21	3,21
	400	3,21	3,56	3,89	3,91	3,87	3,85	3,85	3,85
	600	3,22	3,89	4,83	5,30	5,43	5,43	5,42	5,41
	800	3,21	3,91	5,30	6,12	6,51	6,69	6,78	6,83
	1000	3,21	3,87	5,43	6,51	7,00	7,32	7,54	7,69
	1200	3,21	3,85	5,43	6,69	7,32	7,66	7,93	8,16
	1400	3,21	3,85	5,42	6,78	7,54	7,93	8,20	8,45
	1600	3,21	3,85	5,41	6,83	7,69	8,16	8,45	8,69
	1800	3,21	3,85	5,41	6,85	7,79	8,34	8,67	8,91
	2000	3,21	3,85	5,41	6,85	7,86	8,49	8,86	9,11
	2200	3,21	3,85	5,41	6,85	7,90	8,60	9,01	9,29
	2400	3,21	3,85	5,41	6,84	7,92	8,67	9,14	9,45
	2500	3,21	3,85	5,41	6,84	7,92	8,70	9,20	9,53

Déformations - $\Delta T = 40^{\circ}\text{C}$

Largeur (mm)

Longueur (mm)

	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600
200	0,70	1,28	1,25	1,12	1,12	1,12	1,12	1,12
400	1,28	2,48	3,01	2,97	2,84	2,80	2,80	2,80
600	1,25	3,01	4,37	4,93	5,12	5,16	5,16	5,14
800	1,12	2,97	4,93	6,11	6,82	7,29	7,62	7,85
1000	1,12	2,84	5,12	6,82	7,94	8,78	9,48	10,07
1200	1,12	2,80	5,16	7,29	8,78	9,88	10,82	11,66
1400	1,12	2,80	5,16	7,62	9,48	10,82	11,90	12,88
1600	1,12	2,80	5,14	7,85	10,07	11,66	12,88	13,93
1800	1,12	2,80	5,13	8,00	10,56	12,44	13,80	14,91
2000	1,12	2,80	5,12	8,10	10,97	13,15	14,69	15,88
2200	1,12	2,80	5,12	8,16	11,30	13,79	15,55	16,84
2400	1,12	2,80	5,12	8,20	11,55	14,37	16,37	17,80
2500	1,12	2,80	5,12	8,21	11,66	14,63	16,77	18,27

Déformations - $\Delta T = 30^{\circ}\text{C}$

Largeur (mm)

Longueur (mm)

	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600
200	0,53	0,96	0,93	0,84	0,84	0,84	0,84	0,84
400	0,96	1,86	2,25	2,23	2,13	2,10	2,10	2,10
600	0,93	2,25	3,28	3,70	3,84	3,87	3,87	3,86
800	0,84	2,23	3,70	4,58	5,11	5,47	5,72	5,89
1000	0,84	2,13	3,84	5,11	5,95	6,59	7,11	7,56
1200	0,84	2,10	3,87	5,47	6,59	7,41	8,11	8,75
1400	0,84	2,10	3,87	5,72	7,11	8,11	8,93	9,66
1600	0,84	2,10	3,86	5,89	7,56	8,75	9,66	10,45
1800	0,84	2,10	3,85	6,00	7,92	9,33	10,35	11,19
2000	0,84	2,10	3,84	6,07	8,23	9,86	11,02	11,91
2200	0,84	2,10	3,84	6,12	8,47	10,34	11,66	12,63
2400	0,84	2,10	3,84	6,15	8,66	10,78	12,28	13,35
2500	0,84	2,10	3,84	6,16	8,74	10,97	12,58	13,70

Déformations - $\Delta T = 20^{\circ}\text{C}$

Largeur (mm)

Longueur (mm)

	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600
200	0,35	0,64	0,62	0,56	0,56	0,56	0,56	0,56
400	0,64	1,24	1,50	1,49	1,42	1,40	1,40	1,40
600	0,62	1,50	2,19	2,47	2,56	2,58	2,58	2,57
800	0,56	1,49	2,47	3,06	3,41	3,65	3,81	3,92
1000	0,56	1,42	2,56	3,41	3,97	4,39	4,74	5,04
1200	0,56	1,40	2,58	3,65	4,39	4,94	5,41	5,83
1400	0,56	1,40	2,58	3,81	4,74	5,41	5,95	6,44
1600	0,56	1,40	2,57	3,92	5,04	5,83	6,44	6,96
1800	0,56	1,40	2,56	4,00	5,28	6,22	6,90	7,46
2000	0,56	1,40	2,56	4,05	5,49	6,57	7,34	7,94
2200	0,56	1,40	2,56	4,08	5,65	6,90	7,77	8,42
2400	0,56	1,40	2,56	4,10	5,78	7,18	8,19	8,90
2500	0,56	1,40	2,56	4,11	5,83	7,32	8,38	9,14

Tableau 3-2– contraintes et déformations induites par un gradient thermique en fonction des dimensions des vitrages pour FINEO 8**Contraintes verre 4 mm côté chaud - $\Delta T = 40^{\circ}\text{C}$**

		Largeur (mm)							
Longueur (mm)		200	400	600	800	1000	1200	1400	1600
	200	7,81	8,54	8,54	8,34	8,32	8,32	8,32	8,32
	400	8,54	9,01	9,82	9,92	9,83	9,78	9,77	9,77
	600	8,54	9,82	11,63	12,59	12,84	12,83	12,78	12,75
	800	8,34	9,92	12,59	14,28	15,11	15,45	15,58	15,62
	1000	8,32	9,83	12,84	15,11	16,22	16,87	17,28	17,54
	1200	8,32	9,78	12,83	15,45	16,87	17,63	18,17	18,59
	1400	8,32	9,77	12,78	15,58	17,28	18,17	18,74	19,22
	1600	8,32	9,77	12,75	15,62	17,54	18,59	19,22	19,70
	1800	8,32	9,77	12,74	15,63	17,70	18,92	19,64	20,14
	2000	8,32	9,77	12,74	15,63	17,80	19,18	20,00	20,53
	2200	8,32	9,77	12,74	15,62	17,84	19,36	20,29	20,89
	2400	8,32	9,77	12,73	15,61	17,86	19,48	20,53	21,19
	2500	8,32	9,77	12,73	15,61	17,87	19,52	20,63	21,33

Contraintes verre 4 mm côté chaud - $\Delta T = 30^{\circ}\text{C}$

		Largeur (mm)							
Longueur (mm)		200	400	600	800	1000	1200	1400	1600
	200	5,86	6,41	6,40	6,26	6,24	6,24	6,24	6,24
	400	6,41	6,76	7,37	7,44	7,37	7,33	7,33	7,33
	600	6,40	7,37	8,72	9,44	9,63	9,62	9,58	9,56
	800	6,26	7,44	9,44	10,71	11,33	11,59	11,68	11,72
	1000	6,24	7,37	9,63	11,33	12,17	12,65	12,96	13,16
	1200	6,24	7,33	9,62	11,59	12,65	13,22	13,63	13,94
	1400	6,24	7,33	9,58	11,68	12,96	13,63	14,06	14,41
	1600	6,24	7,33	9,56	11,72	13,16	13,94	14,41	14,78
	1800	6,24	7,33	9,55	11,72	13,28	14,19	14,73	15,10
	2000	6,24	7,33	9,55	11,72	13,35	14,38	15,00	15,40
	2200	6,24	7,33	9,55	11,71	13,38	14,52	15,22	15,66
	2400	6,24	7,33	9,55	11,71	13,40	14,61	15,40	15,89
	2500	6,24	7,33	9,55	11,71	13,40	14,64	15,47	16,00

Contraintes verre 4 mm côté chaud - $\Delta T = 20^{\circ}\text{C}$

		Largeur (mm)							
Longueur (mm)		200	400	600	800	1000	1200	1400	1600
	200	3,91	4,27	4,27	4,17	4,16	4,16	4,16	4,16
	400	4,27	4,51	4,91	4,96	4,92	4,89	4,88	4,89
	600	4,27	4,91	5,81	6,29	6,42	6,41	6,39	6,37
	800	4,17	4,96	6,29	7,14	7,55	7,73	7,79	7,81
	1000	4,16	4,92	6,42	7,55	8,11	8,43	8,64	8,77
	1200	4,16	4,89	6,41	7,73	8,43	8,81	9,09	9,30
	1400	4,16	4,88	6,39	7,79	8,64	9,09	9,37	9,61
	1600	4,16	4,89	6,37	7,81	8,77	9,30	9,61	9,85
	1800	4,16	4,89	6,37	7,82	8,85	9,46	9,82	10,07
	2000	4,16	4,89	6,37	7,81	8,90	9,59	10,00	10,27
	2200	4,16	4,89	6,37	7,81	8,92	9,68	10,15	10,44
	2400	4,16	4,89	6,37	7,81	8,93	9,74	10,26	10,60
	2500	4,16	4,89	6,37	7,81	8,93	9,76	10,31	10,66

Contraintes verre 4 mm côté froid - $\Delta T = 40^{\circ}\text{C}$

		Largeur (mm)							
Longueur (mm)		200	400	600	800	1000	1200	1400	1600
	200	0,00	0,00	8,21	11,90	12,39	11,68	11,57	11,60
	400	0,00	0,00	2,99	9,06	11,63	12,20	11,77	11,50
	600	8,21	2,99	0,00	5,59	9,11	10,75	11,31	11,24
	800	11,90	9,06	5,59	4,18	7,10	8,67	9,95	10,45
	1000	12,39	11,63	9,11	7,10	6,51	7,62	9,41	10,42
	1200	11,68	12,20	10,75	8,67	7,62	7,54	8,55	10,32
	1400	11,57	11,77	11,31	9,95	9,41	8,55	8,26	9,70
	1600	11,60	11,50	11,24	10,45	10,42	10,32	9,70	8,94
	1800	11,60	11,47	11,08	10,59	10,78	11,21	11,27	10,79
	2000	11,60	11,48	11,03	10,60	10,84	11,53	12,08	12,15
	2200	11,60	11,49	11,01	10,59	10,78	11,56	12,40	12,90
	2400	11,60	11,49	11,01	10,59	10,74	11,46	12,45	13,22
	2500	11,60	11,49	11,01	10,60	10,73	11,39	12,41	13,28

Contraintes verre 4 mm côté froid - $\Delta T = 30^{\circ}\text{C}$

		Largeur (mm)							
Longueur (mm)		200	400	600	800	1000	1200	1400	1600
	200	0,00	0,00	6,15	8,92	9,29	8,76	8,68	8,70
	400	0,00	0,00	2,24	6,79	8,73	9,15	8,83	8,62
	600	6,15	2,24	0,00	4,19	6,83	8,06	8,48	8,43
	800	8,92	6,79	4,19	3,14	5,32	6,50	7,46	7,84
	1000	9,29	8,73	6,83	5,32	4,88	5,72	7,06	7,82
	1200	8,76	9,15	8,06	6,50	5,72	5,66	6,42	7,74
	1400	8,68	8,83	8,48	7,46	7,06	6,42	6,19	7,28
	1600	8,70	8,62	8,43	7,84	7,82	7,74	7,28	6,71
	1800	8,70	8,60	8,31	7,94	8,09	8,40	8,45	8,09
	2000	8,70	8,61	8,27	7,95	8,13	8,65	9,06	9,11
	2200	8,70	8,61	8,26	7,94	8,09	8,67	9,30	9,67
	2400	8,70	8,61	8,26	7,95	8,05	8,59	9,33	9,92
	2500	8,70	8,61	8,25	7,95	8,05	8,54	9,30	9,96

Contraintes verre 4 mm côté froid - $\Delta T = 20^{\circ}\text{C}$

		Largeur (mm)							
Longueur (mm)		200	400	600	800	1000	1200	1400	1600
	200	0,00	0,00	4,10	5,95	6,19	5,84	5,78	5,80
	400	0,00	0,00	1,49	4,53	5,82	6,10	5,89	5,75
	600	4,10	1,49	0,00	2,79	4,55	5,37	5,65	5,62
	800	5,95	4,53	2,79	2,09	3,55	4,34	4,98	5,23
	1000	6,19	5,82	4,55	3,55	3,25	3,81	4,70	5,21
	1200	5,84	6,10	5,37	4,34	3,81	3,77	4,28	5,16
	1400	5,78	5,89	5,65	4,98	4,70	4,28	4,13	4,85
	1600	5,80	5,75	5,62	5,23	5,21	5,16	4,85	4,47
	1800	5,80	5,74	5,54	5,29	5,39	5,60	5,63	5,40
	2000	5,80	5,74	5,51	5,30	5,42	5,77	6,04	6,08
	2200	5,80	5,74	5,51	5,29	5,39	5,78	6,20	6,45
	2400	5,80	5,74	5,50	5,30	5,37	5,73	6,22	6,61
	2500	5,80	5,74	5,50	5,30	5,36	5,69	6,20	6,64

Déformations - $\Delta T = 40^{\circ}\text{C}$

Largeur (mm)

Longueur (mm)

	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600
200	0,63	1,24	1,31	1,16	1,12	1,13	1,13	1,13
400	1,24	2,31	2,91	2,91	2,76	2,68	2,68	2,68
600	1,31	2,91	4,27	4,85	5,00	4,98	4,92	4,88
800	1,16	2,91	4,85	6,07	6,74	7,13	7,36	7,49
1000	1,12	2,76	5,00	6,74	7,86	8,65	9,27	9,76
1200	1,13	2,68	4,98	7,13	8,65	9,76	10,66	11,44
1400	1,13	2,68	4,92	7,36	9,27	10,66	11,75	12,71
1600	1,13	2,68	4,88	7,49	9,76	11,44	12,71	13,80
1800	1,13	2,68	4,86	7,58	10,14	12,13	13,60	14,79
2000	1,13	2,68	4,86	7,62	10,44	12,74	14,43	15,73
2200	1,13	2,68	4,86	7,65	10,67	13,27	15,20	16,65
2400	1,13	2,68	4,86	7,66	10,85	13,73	15,93	17,54
2500	1,13	2,68	4,86	7,66	10,91	13,93	16,27	17,97

Déformations - $\Delta T = 30^{\circ}\text{C}$

Largeur (mm)

Longueur (mm)

	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600
200	0,47	0,93	0,99	0,87	0,84	0,85	0,85	0,85
400	0,93	1,73	2,18	2,18	2,07	2,01	2,01	2,01
600	0,99	2,18	3,21	3,64	3,75	3,74	3,69	3,66
800	0,87	2,18	3,64	4,55	5,05	5,35	5,52	5,62
1000	0,84	2,07	3,75	5,05	5,89	6,49	6,95	7,32
1200	0,85	2,01	3,74	5,35	6,49	7,32	7,99	8,58
1400	0,85	2,01	3,69	5,52	6,95	7,99	8,82	9,54
1600	0,85	2,01	3,66	5,62	7,32	8,58	9,54	10,35
1800	0,85	2,01	3,65	5,68	7,61	9,10	10,20	11,09
2000	0,85	2,01	3,64	5,72	7,83	9,55	10,82	11,80
2200	0,85	2,01	3,64	5,73	8,00	9,95	11,40	12,48
2400	0,85	2,01	3,64	5,74	8,13	10,30	11,94	13,15
2500	0,85	2,01	3,64	5,74	8,19	10,45	12,20	13,48

Déformations - $\Delta T = 20^{\circ}\text{C}$

Largeur (mm)

Longueur (mm)

	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600
200	0,32	0,62	0,66	0,58	0,56	0,56	0,57	0,57
400	0,62	1,16	1,45	1,45	1,38	1,34	1,34	1,34
600	0,66	1,45	2,14	2,43	2,50	2,49	2,46	2,44
800	0,58	1,45	2,43	3,04	3,37	3,56	3,68	3,75
1000	0,56	1,38	2,50	3,37	3,93	4,33	4,64	4,88
1200	0,56	1,34	2,49	3,56	4,33	4,88	5,33	5,72
1400	0,57	1,34	2,46	3,68	4,64	5,33	5,88	6,36
1600	0,57	1,34	2,44	3,75	4,88	5,72	6,36	6,90
1800	0,57	1,34	2,43	3,79	5,07	6,06	6,80	7,39
2000	0,57	1,34	2,43	3,81	5,22	6,37	7,21	7,87
2200	0,57	1,34	2,43	3,82	5,34	6,63	7,60	8,32
2400	0,57	1,34	2,43	3,83	5,42	6,86	7,96	8,77
2500	0,57	1,34	2,43	3,83	5,46	6,97	8,13	8,99

Tableau 3-3-a- contraintes et déformations induites par un gradient thermique en fonction des dimensions des vitrages pour FINEO 10 (verre extérieur 6 mm) – 6mm côté froid et 4mm côté chaud (cas hiver)

Contraintes verre 4 mm - $\Delta T = 40^{\circ}\text{C}$

		Largeur (mm)							
Longueur (mm)		200	400	600	800	1000	1200	1400	1600
	200	5,87	5,93	5,97	5,97	5,96	5,96	5,96	5,96
	400	5,93	6,08	6,22	6,26	6,25	6,23	6,23	6,23
	600	5,97	6,22	6,56	7,05	7,18	7,16	7,12	7,09
	800	5,97	6,26	7,05	8,01	8,71	9,01	9,07	9,05
	1000	5,96	6,25	7,18	8,71	9,91	10,59	10,91	11,07
	1200	5,96	6,23	7,16	9,01	10,59	11,44	12,00	12,34
	1400	5,96	6,23	7,12	9,07	10,91	12,00	12,62	13,08
	1600	5,96	6,23	7,09	9,05	11,07	12,34	13,08	13,58
	1800	5,96	6,23	7,08	9,02	11,14	12,56	13,43	13,98
	2000	5,96	6,23	7,08	9,00	11,16	12,71	13,70	14,32
	2200	5,96	6,23	7,08	8,99	11,17	12,81	13,91	14,61
	2400	5,96	6,23	7,08	8,98	11,16	12,87	14,07	14,85
	2500	5,96	6,23	7,08	8,98	11,16	12,88	14,13	14,95

Contraintes verre 4 mm - $\Delta T = 30^{\circ}\text{C}$

		Largeur (mm)							
Longueur (mm)		200	400	600	800	1000	1200	1400	1600
	200	4,40	4,45	4,48	4,48	4,47	4,47	4,47	4,47
	400	4,45	4,56	4,66	4,69	4,68	4,68	4,67	4,67
	600	4,48	4,66	4,92	5,29	5,38	5,37	5,34	5,32
	800	4,48	4,69	5,29	6,01	6,54	6,76	6,80	6,79
	1000	4,47	4,68	5,38	6,54	7,43	7,94	8,18	8,30
	1200	4,47	4,68	5,37	6,76	7,94	8,58	9,00	9,25
	1400	4,47	4,67	5,34	6,80	8,18	9,00	9,47	9,81
	1600	4,47	4,67	5,32	6,79	8,30	9,25	9,81	10,18
	1800	4,47	4,67	5,31	6,76	8,35	9,42	10,07	10,49
	2000	4,47	4,67	5,31	6,75	8,37	9,53	10,28	10,74
	2200	4,47	4,67	5,31	6,74	8,37	9,61	10,43	10,95
	2400	4,47	4,67	5,31	6,73	8,37	9,65	10,55	11,14
	2500	4,47	4,67	5,31	6,73	8,37	9,66	10,60	11,22

Contraintes verre 4 mm - $\Delta T = 20^{\circ}\text{C}$

		Largeur (mm)							
Longueur (mm)		200	400	600	800	1000	1200	1400	1600
	200	2,93	2,96	2,99	2,99	2,98	2,98	2,98	2,98
	400	2,96	3,04	3,11	3,13	3,12	3,12	3,11	3,11
	600	2,99	3,11	3,28	3,52	3,59	3,58	3,56	3,55
	800	2,99	3,13	3,52	4,01	4,36	4,50	4,53	4,53
	1000	2,98	3,12	3,59	4,36	4,95	5,30	5,46	5,53
	1200	2,98	3,12	3,58	4,50	5,30	5,72	6,00	6,17
	1400	2,98	3,11	3,56	4,53	5,46	6,00	6,31	6,54
	1600	2,98	3,11	3,55	4,53	5,53	6,17	6,54	6,79
	1800	2,98	3,11	3,54	4,51	5,57	6,28	6,71	6,99
	2000	2,98	3,11	3,54	4,50	5,58	6,36	6,85	7,16
	2200	2,98	3,11	3,54	4,49	5,58	6,40	6,96	7,30
	2400	2,98	3,11	3,54	4,49	5,58	6,43	7,03	7,42
	2500	2,98	3,11	3,54	4,49	5,58	6,44	7,06	7,48

Contraintes verre 6 mm - $\Delta T = 40^{\circ}\text{C}$

		Largeur (mm)							
Longueur (mm)		200	400	600	800	1000	1200	1400	1600
	200	0,00	0,00	2,37	7,59	9,48	9,63	9,03	8,89
	400	0,00	0,00	0,00	4,23	7,88	9,34	9,61	9,23
	600	2,37	0,00	0,00	0,47	5,08	7,69	8,86	9,21
	800	7,59	4,23	0,47	0,00	2,74	5,53	7,16	7,99
	1000	9,48	7,88	5,08	2,74	1,85	4,13	5,51	6,33
	1200	9,63	9,34	7,69	5,53	4,13	3,65	4,59	5,52
	1400	9,03	9,61	8,86	7,16	5,51	4,59	4,33	4,84
	1600	8,89	9,23	9,21	7,99	6,33	5,52	4,84	4,95
	1800	8,90	8,91	9,09	8,35	7,11	6,75	6,27	5,59
	2000	8,92	8,86	8,79	8,40	7,49	7,39	7,35	7,06
	2200	8,92	8,87	8,69	8,31	7,64	7,68	7,91	8,03
	2400	8,92	8,88	8,67	8,26	7,68	7,77	8,16	8,56
	2500	8,92	8,88	8,67	8,25	7,68	7,78	8,21	8,71

Contraintes verre 6 mm - $\Delta T = 30^{\circ}\text{C}$

		Largeur (mm)							
Longueur (mm)		200	400	600	800	1000	1200	1400	1600
	200	0,00	0,00	1,78	5,69	7,11	7,22	6,77	6,66
	400	0,00	0,00	0,00	3,17	5,91	7,01	7,21	6,92
	600	1,78	0,00	0,00	0,35	3,81	5,76	6,65	6,91
	800	5,69	3,17	0,35	0,00	2,06	4,15	5,37	5,99
	1000	7,11	5,91	3,81	2,06	1,39	3,09	4,13	4,74
	1200	7,22	7,01	5,76	4,15	3,09	2,74	3,44	4,14
	1400	6,77	7,21	6,65	5,37	4,13	3,44	3,24	3,63
	1600	6,66	6,92	6,91	5,99	4,74	4,14	3,63	3,71
	1800	6,68	6,69	6,81	6,26	5,34	5,06	4,70	4,19
	2000	6,69	6,65	6,59	6,30	5,62	5,54	5,51	5,30
	2200	6,69	6,65	6,52	6,23	5,73	5,76	5,94	6,02
	2400	6,69	6,66	6,50	6,20	5,76	5,83	6,12	6,42
	2500	6,69	6,66	6,50	6,19	5,76	5,83	6,16	6,53

Contraintes verre 6 mm - $\Delta T = 20^{\circ}\text{C}$

		Largeur (mm)							
Longueur (mm)		200	400	600	800	1000	1200	1400	1600
	200	0,00	0,00	1,19	3,79	4,74	4,82	4,51	4,44
	400	0,00	0,00	0,00	2,12	3,94	4,67	4,80	4,62
	600	1,19	0,00	0,00	0,23	2,54	3,84	4,43	4,61
	800	3,79	2,12	0,23	0,00	1,37	2,77	3,58	3,99
	1000	4,74	3,94	2,54	1,37	0,93	2,06	2,75	3,16
	1200	4,82	4,67	3,84	2,77	2,06	1,83	2,29	2,76
	1400	4,51	4,80	4,43	3,58	2,75	2,29	2,16	2,42
	1600	4,44	4,62	4,61	3,99	3,16	2,76	2,42	2,48
	1800	4,45	4,46	4,54	4,17	3,56	3,37	3,14	2,79
	2000	4,46	4,43	4,40	4,20	3,75	3,70	3,67	3,53
	2200	4,46	4,44	4,34	4,16	3,82	3,84	3,96	4,01
	2400	4,46	4,44	4,33	4,13	3,84	3,88	4,08	4,28
	2500	4,46	4,44	4,33	4,13	3,84	3,89	4,10	4,35

Déformations - $\Delta T = 40^{\circ}\text{C}$

Longueur (mm)	Largeur (mm)							
	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600
	200	0,49	1,05	1,32	1,22	1,10	1,08	1,09
	400	1,05	1,86	2,51	2,63	2,50	2,36	2,32
	600	1,32	2,51	3,70	4,32	4,46	4,39	4,19
	800	1,22	2,63	4,32	5,53	6,15	6,42	6,51
	1000	1,10	2,50	4,46	6,15	7,25	7,93	8,66
	1200	1,08	2,36	4,39	6,42	7,93	8,98	10,36
	1400	1,09	2,32	4,28	6,51	8,37	9,75	11,66
	1600	1,09	2,32	4,19	6,51	8,66	10,36	12,71
	1800	1,09	2,33	4,17	6,48	8,85	10,84	13,63
	2000	1,09	2,33	4,17	6,44	8,97	11,23	14,46
	2200	1,09	2,33	4,17	6,42	9,05	11,54	15,22
	2400	1,09	2,33	4,17	6,40	9,10	11,79	15,92
	2500	1,09	2,33	4,17	6,40	9,12	11,89	16,25

Déformations - $\Delta T = 30^{\circ}\text{C}$

Longueur (mm)	Largeur (mm)							
	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600
	200	0,37	0,79	0,99	0,92	0,83	0,81	0,82
	400	0,79	1,39	1,88	1,97	1,88	1,77	1,74
	600	0,99	1,88	2,78	3,24	3,34	3,29	3,15
	800	0,92	1,97	3,24	4,15	4,61	4,81	4,88
	1000	0,83	1,88	3,34	4,61	5,44	5,95	6,50
	1200	0,81	1,77	3,29	4,81	5,95	6,73	7,77
	1400	0,82	1,74	3,21	4,88	6,28	7,32	8,74
	1600	0,82	1,74	3,15	4,88	6,50	7,77	9,54
	1800	0,82	1,75	3,13	4,86	6,64	8,13	10,22
	2000	0,82	1,75	3,12	4,83	6,73	8,42	10,84
	2200	0,82	1,75	3,12	4,81	6,79	8,66	11,42
	2400	0,82	1,75	3,13	4,80	6,83	8,84	11,94
	2500	0,82	1,75	3,13	4,80	6,84	8,92	12,19

Déformations - $\Delta T = 20^{\circ}\text{C}$

Longueur (mm)	Largeur (mm)							
	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600
	200	0,24	0,53	0,66	0,61	0,55	0,54	0,55
	400	0,53	0,93	1,25	1,32	1,25	1,18	1,16
	600	0,66	1,25	1,85	2,16	2,23	2,20	2,10
	800	0,61	1,32	2,16	2,77	3,07	3,21	3,26
	1000	0,55	1,25	2,23	3,07	3,62	3,96	4,33
	1200	0,54	1,18	2,20	3,21	3,96	4,49	5,18
	1400	0,55	1,16	2,14	3,25	4,19	4,88	5,83
	1600	0,55	1,16	2,10	3,26	4,33	5,18	6,36
	1800	0,55	1,16	2,08	3,24	4,43	5,42	6,82
	2000	0,55	1,17	2,08	3,22	4,49	5,62	7,23
	2200	0,55	1,17	2,08	3,21	4,53	5,77	7,61
	2400	0,55	1,17	2,08	3,20	4,55	5,89	7,96
	2500	0,55	1,17	2,08	3,20	4,56	5,94	8,13

Tableau 3-3-b- contraintes et déformations induites par un gradient thermique en fonction des dimensions des vitrages pour FINEO 10 (verre extérieur - mm) - 6mm côté chaud et 4mm côté froid (cas été)**Contraintes verre 4 mm - $\Delta T = 40^{\circ}\text{C}$**

Largeur (mm)

Longueur (mm)		200	400	600	800	1000	1200	1400	1600
	200	0,00	0,60	8,43	13,61	15,49	15,66	15,06	14,92
	400	0,60	0,00	3,87	10,30	13,90	15,34	15,61	15,25
	600	8,43	3,87	0,85	6,64	11,17	13,72	14,87	15,21
	800	13,61	10,30	6,64	4,79	8,90	11,64	13,22	14,03
	900	14,86	12,44	9,17	7,01	8,30	10,83	12,36	13,21
	1000	15,49	13,90	11,17	8,90	8,03	10,28	11,63	12,52
	1200	15,66	15,34	13,72	11,64	10,28	9,89	10,82	11,72
	1400	15,06	15,61	14,87	13,22	11,63	10,82	10,90	11,37
	1600	14,92	15,25	15,21	14,03	12,52	11,72	11,37	11,57
	1800	14,93	14,94	15,09	14,37	13,31	12,94	12,47	11,93
	2000	14,95	14,88	14,81	14,42	13,69	13,59	13,54	13,26
	2200	14,95	14,89	14,71	14,34	13,83	13,87	14,11	14,22
	2400	14,95	14,90	14,69	14,29	13,87	13,97	14,36	14,75
	2500	14,95	14,91	14,69	14,28	13,88	13,97	14,41	14,90

Contraintes verre 4 mm - $\Delta T = 30^{\circ}\text{C}$

Largeur (mm)

Longueur (mm)		200	400	600	800	1000	1200	1400	1600
	200	0,00	0,45	6,32	10,21	11,62	11,74	11,30	11,19
	400	0,45	0,00	2,90	7,73	10,42	11,51	11,71	11,44
	600	6,32	2,90	0,64	4,98	8,38	10,29	11,15	11,41
	800	10,21	7,73	4,98	3,59	6,68	8,73	9,91	10,52
	900	11,14	9,33	6,88	5,25	6,23	8,12	9,27	9,91
	1000	11,62	10,42	8,38	6,68	6,02	7,71	8,72	9,39
	1200	11,74	11,51	10,29	8,73	7,71	7,42	8,12	8,79
	1400	11,30	11,71	11,15	9,91	8,72	8,12	8,17	8,53
	1600	11,19	11,44	11,41	10,52	9,39	8,79	8,53	8,68
	1800	11,20	11,20	11,32	10,78	9,98	9,71	9,35	8,95
	2000	11,21	11,16	11,11	10,81	10,27	10,19	10,16	9,94
	2200	11,21	11,17	11,03	10,75	10,37	10,41	10,58	10,67
	2400	11,21	11,18	11,02	10,72	10,40	10,47	10,77	11,07
	2500	11,21	11,18	11,02	10,71	10,41	10,48	10,80	11,18

Contraintes verre 4 mm - $\Delta T = 20^{\circ}\text{C}$

Largeur (mm)

Longueur (mm)		200	400	600	800	1000	1200	1400	1600
	200	0,00	0,30	4,22	6,80	7,75	7,83	7,53	7,46
	400	0,30	0,00	1,94	5,15	6,95	7,67	7,81	7,63
	600	4,22	1,94	0,42	3,32	5,58	6,86	7,44	7,61
	800	6,80	5,15	3,32	2,39	4,45	5,82	6,61	7,01
	900	7,43	6,22	4,58	3,50	4,15	5,41	6,18	6,60
	1000	7,75	6,95	5,58	4,45	4,01	5,14	5,82	6,26
	1200	7,83	7,67	6,86	5,82	5,14	4,95	5,41	5,86
	1400	7,53	7,81	7,44	6,61	5,82	5,41	5,45	5,69
	1600	7,46	7,63	7,61	7,01	6,26	5,86	5,69	5,79
	1800	7,47	7,47	7,55	7,19	6,66	6,47	6,23	5,97
	2000	7,48	7,44	7,40	7,21	6,84	6,79	6,77	6,63
	2200	7,48	7,45	7,36	7,17	6,92	6,94	7,06	7,11
	2400	7,48	7,45	7,35	7,15	6,94	6,98	7,18	7,38
	2500	7,48	7,45	7,34	7,14	6,94	6,99	7,20	7,45

Contraintes verre 6 mm - $\Delta T = 40^{\circ}\text{C}$

		Largeur (mm)							
Longueur (mm)		200	400	600	800	1000	1200	1400	1600
	200	10,56	10,75	10,88	10,88	10,86	10,86	10,86	10,86
	400	10,75	11,14	11,53	11,64	11,62	11,58	11,56	11,56
	600	10,88	11,53	12,53	13,29	13,54	13,54	13,47	13,43
	800	10,88	11,64	13,29	14,73	15,53	15,83	15,90	15,88
	1000	10,86	11,62	13,54	15,53	16,72	17,39	17,73	17,88
	1200	10,86	11,58	13,54	15,83	17,39	18,25	18,79	19,13
	1400	10,86	11,56	13,47	15,90	17,73	18,79	19,41	19,88
	1600	10,86	11,56	13,43	15,88	17,88	19,13	19,88	20,36
	1800	10,86	11,56	13,41	15,85	17,95	19,36	20,22	20,76
	2000	10,86	11,56	13,41	15,83	17,97	19,52	20,49	21,10
	2200	10,86	11,56	13,41	15,82	17,98	19,61	20,70	21,39
	2400	10,86	11,56	13,41	15,81	17,98	19,67	20,86	21,64
	2500	10,86	11,56	13,41	15,81	17,98	19,69	20,92	21,75

Contraintes verre 6 mm - $\Delta T = 30^{\circ}\text{C}$

		Largeur (mm)							
Longueur (mm)		200	400	600	800	1000	1200	1400	1600
	200	7,92	8,06	8,16	8,16	8,15	8,14	8,14	8,14
	400	8,06	8,35	8,65	8,73	8,71	8,69	8,67	8,67
	600	8,16	8,65	9,40	9,97	10,16	10,15	10,11	10,07
	800	8,16	8,73	9,97	11,04	11,65	11,88	11,92	11,91
	1000	8,15	8,71	10,16	11,65	12,54	13,04	13,30	13,41
	1200	8,14	8,69	10,15	11,88	13,04	13,69	14,10	14,35
	1400	8,14	8,67	10,11	11,92	13,30	14,10	14,56	14,91
	1600	8,14	8,67	10,07	11,91	13,41	14,35	14,91	15,27
	1800	8,14	8,67	10,06	11,89	13,46	14,52	15,17	15,57
	2000	8,14	8,67	10,06	11,87	13,48	14,64	15,37	15,82
	2200	8,14	8,67	10,05	11,86	13,48	14,71	15,53	16,05
	2400	8,14	8,67	10,06	11,86	13,48	14,75	15,64	16,23
	2500	8,14	8,67	10,06	11,86	13,48	14,77	15,69	16,31

Contraintes verre 6 mm - $\Delta T = 20^{\circ}\text{C}$

		Largeur (mm)							
Longueur (mm)		200	400	600	800	1000	1200	1400	1600
	200	5,28	5,38	5,44	5,44	5,43	5,43	5,43	5,43
	400	5,38	5,57	5,77	5,82	5,81	5,79	5,78	5,78
	600	5,44	5,77	6,26	6,65	6,77	6,77	6,74	6,71
	800	5,44	5,82	6,65	7,36	7,77	7,92	7,95	7,94
	1000	5,43	5,81	6,77	7,77	8,36	8,70	8,86	8,94
	1200	5,43	5,79	6,77	7,92	8,70	9,12	9,40	9,57
	1400	5,43	5,78	6,74	7,95	8,86	9,40	9,71	9,94
	1600	5,43	5,78	6,71	7,94	8,94	9,57	9,94	10,18
	1800	5,43	5,78	6,71	7,93	8,97	9,68	10,11	10,38
	2000	5,43	5,78	6,70	7,91	8,99	9,76	10,25	10,55
	2200	5,43	5,78	6,70	7,91	8,99	9,81	10,35	10,70
	2400	5,43	5,78	6,70	7,91	8,99	9,84	10,43	10,82
	2500	5,43	5,78	6,70	7,91	8,99	9,85	10,46	10,87

Déformations - $\Delta T = 40^{\circ}\text{C}$

Largeur (mm)

Longueur (mm)

	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600
200	0,49	1,05	1,32	1,22	1,10	1,09	1,09	1,09
400	1,05	1,86	2,51	2,63	2,50	2,36	2,32	2,32
600	1,32	2,51	3,70	4,32	4,46	4,39	4,28	4,19
800	1,22	2,63	4,32	5,53	6,15	6,42	6,51	6,51
1000	1,10	2,50	4,46	6,15	7,25	7,93	8,37	8,67
1200	1,09	2,36	4,39	6,42	7,93	8,98	9,76	10,36
1400	1,09	2,32	4,28	6,51	8,37	9,76	10,80	11,66
1600	1,09	2,32	4,19	6,51	8,67	10,36	11,66	12,72
1800	1,10	2,33	4,17	6,48	8,86	10,85	12,40	13,64
2000	1,09	2,33	4,17	6,45	8,98	11,23	13,04	14,46
2200	1,09	2,33	4,17	6,42	9,06	11,55	13,61	15,23
2400	1,09	2,33	4,17	6,41	9,11	11,79	14,10	15,93
2500	1,09	2,33	4,17	6,41	9,13	11,89	14,32	16,26

Déformations - $\Delta T = 30^{\circ}\text{C}$

Largeur (mm)

Longueur (mm)

	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600
200	0,37	0,79	0,99	0,92	0,83	0,81	0,82	0,82
400	0,79	1,39	1,88	1,97	1,88	1,77	1,74	1,74
600	0,99	1,88	2,78	3,24	3,34	3,29	3,21	3,15
800	0,92	1,97	3,24	4,15	4,61	4,81	4,88	4,89
1000	0,83	1,88	3,34	4,61	5,44	5,95	6,28	6,50
1200	0,81	1,77	3,29	4,81	5,95	6,74	7,32	7,77
1400	0,82	1,74	3,21	4,88	6,28	7,32	8,10	8,75
1600	0,82	1,74	3,15	4,89	6,50	7,77	8,75	9,54
1800	0,82	1,75	3,13	4,86	6,64	8,14	9,30	10,23
2000	0,82	1,75	3,13	4,83	6,73	8,43	9,78	10,85
2200	0,82	1,75	3,13	4,82	6,79	8,66	10,21	11,42
2400	0,82	1,75	3,13	4,81	6,83	8,84	10,58	11,95
2500	0,82	1,75	3,13	4,80	6,84	8,92	10,74	12,20

Déformations - $\Delta T = 20^{\circ}\text{C}$

Largeur (mm)

Longueur (mm)

	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600
200	0,24	0,53	0,66	0,61	0,55	0,54	0,55	0,55
400	0,53	0,93	1,25	1,32	1,25	1,18	1,16	1,16
600	0,66	1,25	1,85	2,16	2,23	2,20	2,14	2,10
800	0,61	1,32	2,16	2,77	3,07	3,21	3,25	3,26
1000	0,55	1,25	2,23	3,07	3,62	3,96	4,19	4,33
1200	0,54	1,18	2,20	3,21	3,96	4,49	4,88	5,18
1400	0,55	1,16	2,14	3,25	4,19	4,88	5,40	5,83
1600	0,55	1,16	2,10	3,26	4,33	5,18	5,83	6,36
1800	0,55	1,16	2,09	3,24	4,43	5,42	6,20	6,82
2000	0,55	1,17	2,08	3,22	4,49	5,62	6,52	7,23
2200	0,55	1,17	2,08	3,21	4,53	5,77	6,80	7,61
2400	0,55	1,17	2,08	3,20	4,55	5,90	7,05	7,97
2500	0,55	1,17	2,08	3,20	4,56	5,95	7,16	8,13

Tableau 3-4– contraintes et déformations induites par un gradient thermique en fonction des dimensions des vitrages pour FINEO 12 (cas été et hiver)**Contraintes verre 6 mm côté froid - $\Delta T = 40^{\circ}\text{C}$**

		Largeur (mm)							
Longueur (mm)		200	400	600	800	1000	1200	1400	1600
	200	0,00	0,00	1,70	7,89	11,16	12,28	12,28	11,72
	400	0,00	0,00	0,00	4,18	8,78	11,22	12,19	12,33
	600	1,70	0,00	0,00	0,45	5,64	9,10	11,03	11,89
	800	7,89	4,18	0,45	0,00	2,95	6,68	9,13	10,56
	1000	11,16	8,78	5,64	2,95	1,71	5,00	7,35	8,90
	1200	12,28	11,22	9,10	6,68	5,00	4,35	6,30	7,59
	1400	12,28	12,19	11,03	9,13	7,35	6,30	5,94	6,88
	1600	11,72	12,33	11,89	10,56	8,90	7,59	6,88	6,85
	1800	11,54	12,00	12,12	11,30	9,85	8,60	7,82	7,31
	2000	11,55	11,63	11,98	11,58	10,39	9,56	9,08	8,47
	2200	11,57	11,54	11,63	11,60	10,69	10,11	9,90	9,66
	2400	11,57	11,54	11,48	11,41	10,83	10,40	10,36	10,40
	2500	11,57	11,55	11,45	11,32	10,82	10,48	10,49	10,63

Contraintes verre 6 mm côté froid - $\Delta T = 30^{\circ}\text{C}$

		Largeur (mm)							
Longueur (mm)		200	400	600	800	1000	1200	1400	1600
	200	0,00	0,00	1,28	5,92	8,37	9,21	9,21	8,79
	400	0,00	0,00	0,00	3,13	6,58	8,42	9,14	9,25
	600	1,28	0,00	0,00	0,34	4,23	6,82	8,27	8,92
	800	5,92	3,13	0,34	0,00	2,22	5,01	6,84	7,92
	1000	8,37	6,58	4,23	2,22	1,28	3,75	5,52	6,67
	1200	9,21	8,42	6,82	5,01	3,75	3,26	4,72	5,69
	1400	9,21	9,14	8,27	6,84	5,52	4,72	4,46	5,16
	1600	8,79	9,25	8,92	7,92	6,67	5,69	5,16	5,13
	1800	8,66	9,00	9,09	8,47	7,39	6,45	5,87	5,49
	2000	8,66	8,73	8,99	8,69	7,80	7,17	6,81	6,35
	2200	8,67	8,66	8,72	8,70	8,02	7,58	7,43	7,25
	2400	8,68	8,66	8,61	8,56	8,12	7,80	7,77	7,80
	2500	8,68	8,66	8,59	8,49	8,11	7,86	7,87	7,97

Contraintes verre 6 mm côté froid - $\Delta T = 20^{\circ}\text{C}$

		Largeur (mm)							
Longueur (mm)		200	400	600	800	1000	1200	1400	1600
	200	0,00	0,00	0,85	3,95	5,58	6,14	6,14	5,86
	400	0,00	0,00	0,00	2,09	4,39	5,61	6,09	6,17
	600	0,85	0,00	0,00	0,23	2,82	4,55	5,51	5,95
	800	3,95	2,09	0,23	0,00	1,48	3,34	4,56	5,28
	1000	5,58	4,39	2,82	1,48	0,85	2,50	3,68	4,45
	1200	6,14	5,61	4,55	3,34	2,50	2,18	3,15	3,79
	1400	6,14	6,09	5,51	4,56	3,68	3,15	2,97	3,44
	1600	5,86	6,17	5,95	5,28	4,45	3,79	3,44	3,42
	1800	5,77	6,00	6,06	5,65	4,92	4,30	3,91	3,66
	2000	5,77	5,82	5,99	5,79	5,20	4,78	4,54	4,23
	2200	5,78	5,77	5,82	5,80	5,34	5,06	4,95	4,83
	2400	5,79	5,77	5,74	5,71	5,41	5,20	5,18	5,20
	2500	5,79	5,77	5,72	5,66	5,41	5,24	5,25	5,32

Contraintes verre 6 mm côté chaud - $\Delta T = 40^{\circ}\text{C}$

		Largeur (mm)							
Longueur (mm)		200	400	600	800	1000	1200	1400	1600
	200	7,77	8,09	8,26	8,23	8,13	8,11	8,11	8,11
	400	8,09	8,13	8,78	9,17	9,10	8,85	8,68	8,67
	600	8,26	8,78	9,24	9,91	10,16	10,15	10,09	10,03
	800	8,23	9,17	9,91	11,02	11,76	12,08	12,15	12,12
	1000	8,13	9,10	10,16	11,76	12,96	13,67	14,01	14,13
	1200	8,11	8,85	10,15	12,08	13,67	14,64	15,24	15,58
	1400	8,11	8,68	10,09	12,15	14,01	15,24	15,96	16,46
	1600	8,11	8,67	10,03	12,12	14,13	15,58	16,46	17,02
	1800	8,11	8,67	10,00	12,07	14,16	15,76	16,79	17,44
	2000	8,11	8,67	9,99	12,03	14,14	15,85	17,02	17,76
	2200	8,11	8,67	9,99	12,01	14,12	15,90	17,17	18,01
	2400	8,11	8,67	9,99	12,00	14,11	15,92	17,28	18,21
	2500	8,11	8,67	9,99	12,00	14,10	15,92	17,32	18,29

Contraintes verre 6 mm côté chaud - $\Delta T = 30^{\circ}\text{C}$

		Largeur (mm)							
Longueur (mm)		200	400	600	800	1000	1200	1400	1600
	200	5,83	6,07	6,19	6,17	6,10	6,08	6,08	6,08
	400	6,07	6,10	6,58	6,88	6,83	6,64	6,51	6,50
	600	6,19	6,58	6,93	7,43	7,62	7,62	7,57	7,52
	800	6,17	6,88	7,43	8,27	8,82	9,06	9,11	9,09
	1000	6,10	6,83	7,62	8,82	9,72	10,25	10,51	10,60
	1200	6,08	6,64	7,62	9,06	10,25	10,98	11,43	11,68
	1400	6,08	6,51	7,57	9,11	10,51	11,43	11,97	12,34
	1600	6,08	6,50	7,52	9,09	10,60	11,68	12,34	12,76
	1800	6,08	6,50	7,50	9,05	10,62	11,82	12,59	13,08
	2000	6,08	6,50	7,49	9,02	10,61	11,89	12,76	13,32
	2200	6,08	6,50	7,49	9,01	10,59	11,92	12,88	13,50
	2400	6,08	6,50	7,49	9,00	10,58	11,94	12,96	13,66
	2500	6,08	6,50	7,50	9,00	10,58	11,94	12,99	13,72

Contraintes verre 6 mm côté chaud - $\Delta T = 20^{\circ}\text{C}$

		Largeur (mm)							
Longueur (mm)		200	400	600	800	1000	1200	1400	1600
	200	3,89	4,04	4,13	4,12	4,06	4,06	4,05	4,05
	400	4,04	4,07	4,39	4,59	4,55	4,43	4,34	4,33
	600	4,13	4,39	4,62	4,95	5,08	5,08	5,04	5,02
	800	4,12	4,59	4,95	5,51	5,88	6,04	6,07	6,06
	1000	4,06	4,55	5,08	5,88	6,48	6,83	7,00	7,07
	1200	4,06	4,43	5,08	6,04	6,83	7,32	7,62	7,79
	1400	4,05	4,34	5,04	6,07	7,00	7,62	7,98	8,23
	1600	4,05	4,33	5,02	6,06	7,07	7,79	8,23	8,51
	1800	4,05	4,33	5,00	6,03	7,08	7,88	8,39	8,72
	2000	4,05	4,33	5,00	6,02	7,07	7,93	8,51	8,88
	2200	4,05	4,33	5,00	6,01	7,06	7,95	8,59	9,00
	2400	4,05	4,33	5,00	6,00	7,05	7,96	8,64	9,10
	2500	4,05	4,33	5,00	6,00	7,05	7,96	8,66	9,15

Déformations - $\Delta T = 40^{\circ}\text{C}$

Longueur (mm)	Largeur (mm)							
	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600
	200	0,42	0,97	1,39	1,41	1,25	1,18	1,17
	400	0,97	1,65	2,34	2,63	2,57	2,41	2,28
	600	1,39	2,34	3,43	4,14	4,36	4,31	4,17
	800	1,41	2,63	4,14	5,37	6,04	6,30	6,34
	1000	1,25	2,57	4,36	6,04	7,20	7,88	8,25
	1200	1,18	2,41	4,31	6,30	7,88	8,95	9,68
	1400	1,17	2,30	4,17	6,34	8,25	9,68	10,73
	1600	1,17	2,28	4,04	6,29	8,45	10,20	11,53
Longueur (mm)	1800	1,18	2,28	3,98	6,20	8,54	10,57	12,18
	2000	1,18	2,28	3,97	6,12	8,57	10,83	12,71
	2200	1,18	2,29	3,97	6,07	8,57	11,02	13,14
	2400	1,18	2,29	3,97	6,06	8,54	11,15	13,50
	2500	1,18	2,29	3,97	6,05	8,53	11,20	13,65

Déformations - $\Delta T = 30^{\circ}\text{C}$

Longueur (mm)	Largeur (mm)							
	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600
	200	0,32	0,73	1,04	1,06	0,94	0,88	0,88
	400	0,73	1,24	1,76	1,97	1,93	1,80	1,73
	600	1,04	1,76	2,57	3,10	3,27	3,23	3,13
	800	1,06	1,97	3,10	4,02	4,53	4,72	4,76
	1000	0,94	1,93	3,27	4,53	5,40	5,91	6,19
	1200	0,88	1,80	3,23	4,72	5,91	6,71	7,26
	1400	0,88	1,73	3,13	4,76	6,19	7,26	8,04
	1600	0,88	1,71	3,03	4,72	6,34	7,65	8,65
Longueur (mm)	1800	0,88	1,71	2,99	4,65	6,41	7,93	9,13
	2000	0,88	1,71	2,97	4,59	6,43	8,12	9,53
	2200	0,88	1,71	2,98	4,55	6,42	8,27	9,86
	2400	0,88	1,71	2,98	4,54	6,41	8,36	10,12
	2500	0,88	1,71	2,98	4,54	6,40	8,40	10,24

Déformations - $\Delta T = 20^{\circ}\text{C}$

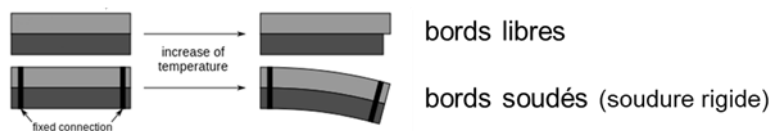
Longueur (mm)	Largeur (mm)							
	200	400	600	800	1000	1200	1400	1600
	200	0,21	0,48	0,69	0,70	0,63	0,59	0,59
	400	0,48	0,82	1,17	1,31	1,29	1,20	1,15
	600	0,69	1,17	1,72	2,07	2,18	2,15	2,08
	800	0,70	1,31	2,07	2,68	3,02	3,15	3,17
	1000	0,63	1,29	2,18	3,02	3,60	3,94	4,13
	1200	0,59	1,20	2,15	3,15	3,94	4,48	4,84
	1400	0,58	1,15	2,08	3,17	4,13	4,84	5,36
	1600	0,59	1,14	2,02	3,15	4,23	5,10	5,76
Longueur (mm)	1800	0,59	1,14	1,99	3,10	4,27	5,28	6,09
	2000	0,59	1,14	1,98	3,06	4,29	5,42	6,35
	2200	0,59	1,14	1,98	3,04	4,28	5,51	6,57
	2400	0,59	1,14	1,99	3,03	4,27	5,58	6,75
	2500	0,59	1,14	1,99	3,03	4,27	5,60	6,83

2.10.4. Illustrations

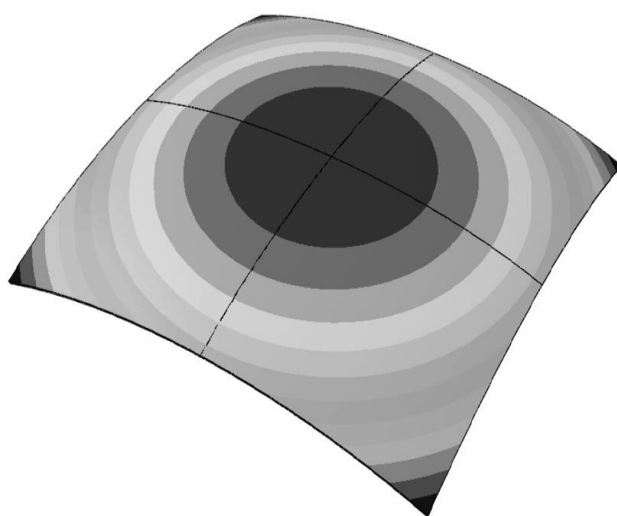
Figure 1 – Illustrations du vitrage sous vide FINEO



Figure 2 – Illustration de la déformation d'un vitrage FINEO sous l'effet d'un gradient thermique entre les deux verres



Analogi' de l'effet bilame



Déformation théorique de FINEO sous l'effet d'un gradient thermique

Figure 3 – Illustration détaillée du bord du vitrage sous vide FINEO

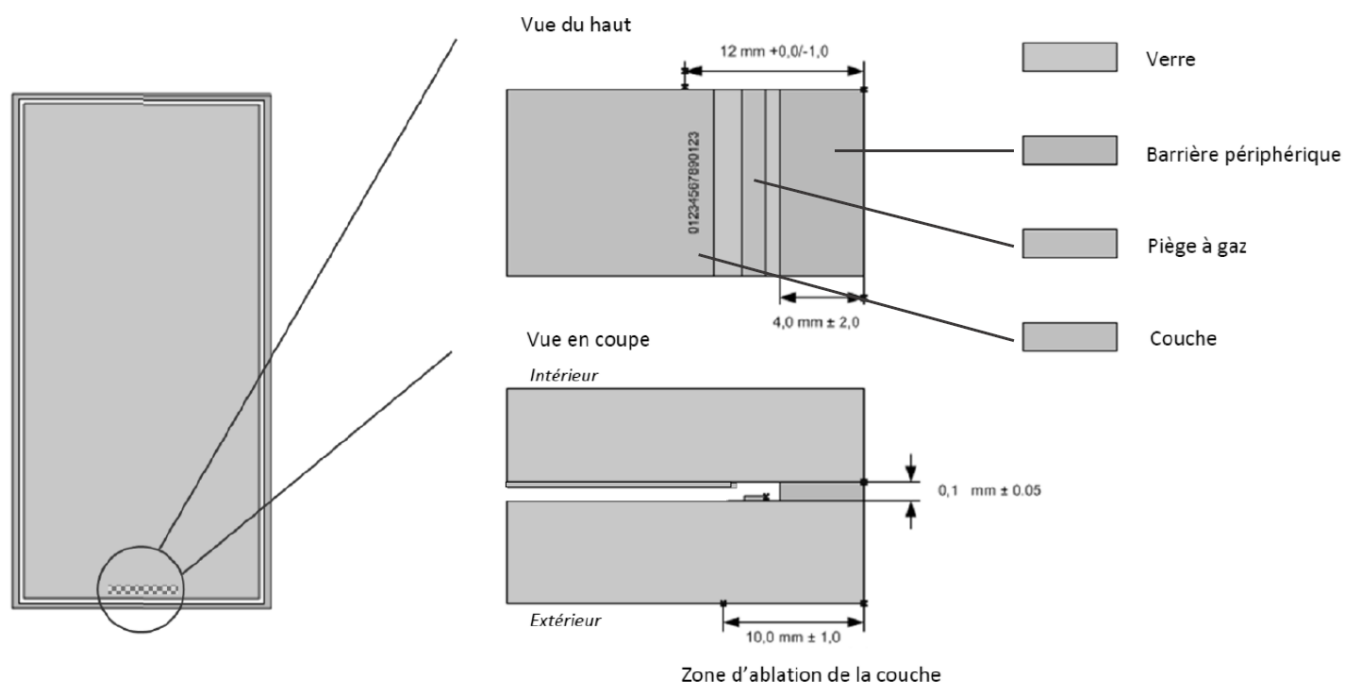
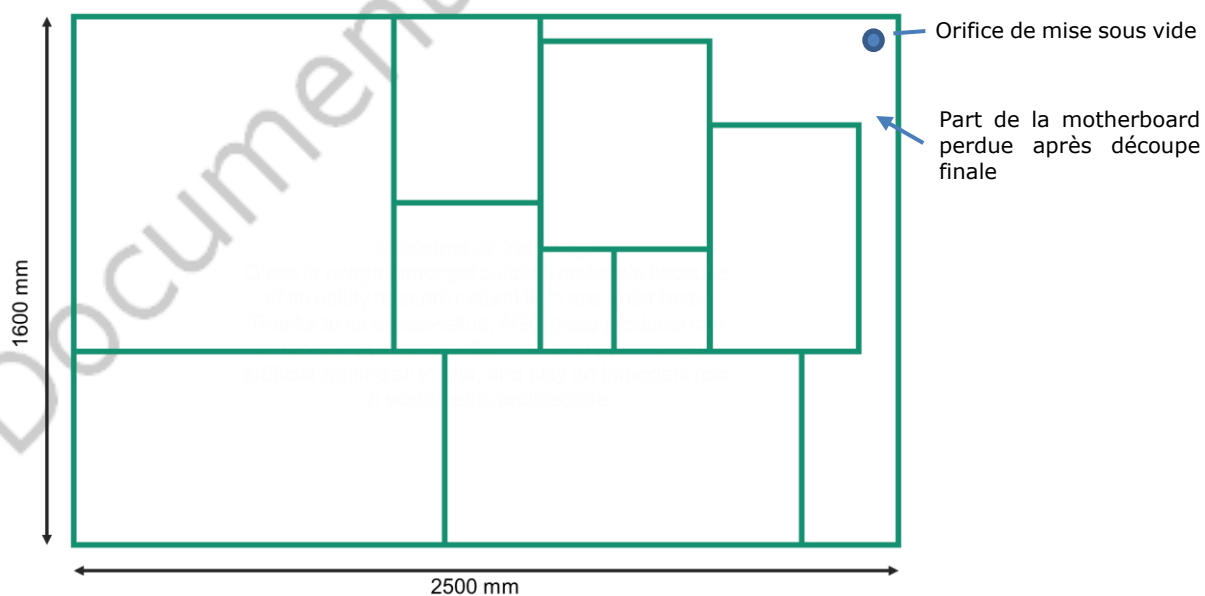


Figure 4 – Illustration d'une motherboard



ANNEXE 1

Contrôles de réception des matières premières

Elément contrôlé	Paramètres à contrôler	Critères d'acceptation	Méthode	Fréquence	Enregistrements
Verre à couche	Provenance du verre clair	Conformité avec l'ordre d'achat	Examen visuel & mesure	A la réception de chaque pallet (=livraison)	Rapport d'inspection dimensionnelle + VIG_FE_AS_005
	Type de verre clair				
	Type de couche				
	Epaisseur du verre				
	Longueur				
	Largeur				
	Rapport d'inspection dimensionnelle				
Verre float	Provenance verre clair	Conformité avec l'ordre d'achat	Examen visuel & mesure	A la réception de chaque pallet (=livraison)	Rapport d'inspection dimensionnelle + VIG_FE_AS_005
	Type de verre clair				
	Epaisseur du verre				
	Longueur				
	Largeur				
	Rapport d'inspection dimensionnelle				
Barrière périphérique	Exploitation du rapport de contrôle	Spécifications du fournisseur	Visuel	Chaque lot livré	Rapport de contrôle Labo externe Rapport de contrôle fournisseur
	Coefficient d'expansion thermique		TMA	Trimestriellement & à chaque nouvelle matière	
	Point de ramollissement		TMA		
	Point de transition vitreuse		DSC or DTA		
	Résistance au cisaillement		Machine Instron		
	Proportion du solvant		TGA	Chaque lot livré	
	Proportion de la résine		TGA	Chaque lot livré	
	Piège à gaz	Exploitation du rapport de contrôle fournisseur	Spécifications du fournisseur	Examen visuel	Chaque lot livré

	Capacité d'absorption		BET	Semestriellement & à chaque nouvelle matière	Rapport de contrôle fournisseur Rapport de contrôle Labo externe
Piliers (sous forme de ruban)	Exploitation du rapport de contrôle fournisseur	Spécifications du fournisseur	Visuel	Chaque lot livré	Rapport de contrôle fournisseur
	Résistance au fluage sur VIG	Stabilité VS références initiales		Trimestriellement & à chaque nouvelle matière	Rapport de contrôle Labo
	Résistance à la compression	Stabilité VS références initiales		A chaque nouvelle matière	
Tube d'évacuation	Exploitation du rapport de contrôle fournisseur	Spécifications du fournisseur	Visuel	Chaque lot livré	Rapport de contrôle fournisseur

ANNEXE 2

Contrôles principaux en cours de production

Elément contrôlé	Paramètres à contrôler	Critères d'acceptation	Méthode	Fréquence	Enregistrements
Contrôle visuel au chargement	Produit				
	Présence de casse	Pas de casse	Visuel	100%	VIG_FE_AS_005
	Présence de fissure	Pas de fissure	Visuel	100%	
	Présence de griffe visible	Pas griffe visible	Visuel	100%	
Ablation de couche	Produit				
	Présence de couche résiduelle	Résidu de couche continu au centre de la bande émarginée de largeur $\leq 2\text{mm}$	Visuel	Une fois/poste min	
Lavage du verre à couche	Process				
	Conductivité de l'eau	$< 40\mu\text{S/cm}$	Analyseur d'eau	Une fois/ poste	VIG_FE_AS_006
Marquage sur verre float					
Perçage sur verre float					
Lavage du verre float	Process				
	Conductivité de l'eau	$< 40\mu\text{S/cm}$	Analyseur d'eau	Une fois/ poste	VIG_FE_AS_006
Contrôle des verres	Produit				
	Nombre, taille et concentration des défauts		Scanner+opérateur	100%	Fiche d'enregistrement ERP
Placement des piliers	Produit				
	Aspect des piliers	Pas de fissure Pas de bavure	Microscope	Une fois/ poste	Photos microscope VIG_FE_AS_002
	Pitch	$20\text{mm} \pm 1\text{mm}$	Scanner	100%	
	Résistance à la compression		Machine Instron	A la demande	Rapport de contrôle ATC
	Process				
	Température en salle grise	$21^\circ\text{C} \pm 2$	Thermomètre	Une fois/ poste	VIG_FE_AS_003
	Humidité en salle grise	Min 60%	Hygromètre	Une fois/ poste	VIG_FE_AS_003
Mixage primaire du piège à gaz					

Mixage ultrason du piège à gaz					
Dépose du piège à gaz	Produit				
	Aspect du trait	Trait continu et régulier	Visuel	Une fois/ poste	
	Process				
	Débit de dépose		Balance électronique	Une fois/ poste	VIG_FE_AS_003
Mixage de la barrière périphérique					
Dépose de la barrière périphérique	Produit				
	Aspect du cordon	Trait continu et régulier	Visuel	Une fois/poste	
	Process				
	Débit de dépose		Balance électronique	Une fois/poste	VIG_FE_AS_003
Séchage					
Contrôle des piliers	Produit				
	Nombre de piliers manquants et/ou additionnels	- Pas de piliers manquants contigus - Si pilier manquant, pas d'autre manquant dans un rayon de 15cm - En général, max 10 piliers manquants /m²	Scanner	100%	Fiche d'enregistrement ERP
Correction en cas de piliers manquants	Produit				
	Aspect des piliers	Pas de fissures Pas de bavures	Microscope	Une fois/poste	Photos microscope VIG_FE_AS_002
	Résistance à la compression		Machine Instron	Trimestriellement et à chaque nouvelle matière	Rapport de contrôle ATC
	Process				
	Température en salle grise	21°C ±2	Thermomètre	Une fois/poste	VIG_FE_AS_003
	Humidité en salle grise	Min 60%	Hygromètre	Une fois/poste	VIG_FE_AS_003
Contrôle de la barrière périphérique	Produit				
	Longueur de la discontinuité	≤ 2cm	Visuel	100%	Fiche d'enregistrement ERP
	Nombre de discontinuités à réparer	≤ 5 par motherboard	Visuel	100%	Fiche d'enregistrement ERP
	Produit				

Contrôle de la motherboard non-scellée	Aspect du trou	Pas de casse	Visuel	100%	VIG_FE_FO_001
	Position du trou	X= 22mm±2, Y= 22mm±2 (au centre du tube lors du chargement du four)	Visuel	Une fois/jour	VIG_FE_FO_001
Montage des clips					
Montage du tube d'évacuation et du système sous-vide					
Soudure					
Contrôle visuel d'indicateur de la mise sous-vide	Produit				
	Mise sous vide de la motherboard	Inférieur à 10 ⁻³ mbar	Visuel	100%	
Démontage du système sous-vide					
Démontage des clips et enlèvement du tube					
Découpe par jet d'eau					
Dimensions des vitrages (finis)		Tolérances dimensionnelles -2mm/+1mm			
Contrôle visuel à 100%	Produit				
	Présence de casse	Visuel	100%		VIG_FE_DE_002
Rodage (JPI)					
Lavage					

ANNEXE 3

Contrôles principaux sur vitrages finis

Elément contrôlé	Paramètres à contrôler	Critères d'acceptation	Méthode	Fréquence	Enregistrements
Contrôle	Produit				
	Nombre, taille et concentration des défauts	VIG_SPEC_CQ_001	Scanner	100%	VIG_FE_CQ_001
Contrôle du niveau de l'isolation thermique	Différence de température entre faces 1 et 4	Delta T $\leq 1,5^{\circ}\text{C}$ (verticale) Delta T $\leq 2^{\circ}\text{C}$ (horizontale)	Instrument de mesure de Delta T	100%	VIG_FE_CQ_001
	Valeur Ug	Ug = 0,7 W/(m ² .K)	Fluxmètre FOX 600	1 fois par mois sur échantillon dédié et au moins 1 fois par semaine sur base stat. d'échantillonnage de produits (si production dans les dimensions adaptées au contrôle)	VIG_FE_CQ_001
Contrôle des piliers	Produit				
	Nombre de piliers manquants	VIG_SPEC_CQ_001	Visuel	100%	VIG_FE_CQ_001
Contrôle de la barrière périphérique	Produit				
	Largeur minimale du joint	$\geq 2\text{mm}$	Pied à coulisse/loupe graduée	100%	VIG_FE_CQ_001
	Présence de pilier	0	Visuel	100%	VIG_FE_CQ_001
	Couleur brune ou noire	Absence de couleur brune ou noire	Visuel	100%	VIG_FE_CQ_001
	Emargeage de couche	Emargeage continu	Visuel	100%	VIG_FE_CQ_001
	Présence de casse ou de fissures	Pas de casse, pas de fissures après rodage	Visuel	100%	VIG_FE_CQ_001

ANNEXE 4

Informations nécessaires pour la validation des garnitures de joints

- Mastic ou joint, silicone par exemple
 - Marque et nom commercial du joint (et fourniture de la fiche technique)
 - Composition du produit
 - Caractéristiques mécaniques :
 - capacité de compression et d'élongation (%)
 - module d'élasticité en compression et en élongation (MPa ou N/mm²)
- Joint extrudé, en EPDM par exemple
 - Marque ou référence du fabricant, dénomination commerciale du joint
 - Type de matériau
 - Caractéristiques mécaniques :
 - Courbe de compression : force de résistance (N/mm) en fonction de l'écrasement (mm)
 - Largeur du joint à l'état initial (mm)
 - Valeur de pré-compression du joint lors de l'installation (mm)

Informations nécessaires pour la validation de l'épaisseur d'un vitrage FINEO

- Bâtiment :
 - localisation exacte: adresse postale
 - dimensions du bâtiment (en m): longueur, largeur, hauteur totale
 - catégorie de terrain
- Orientation de la façade où sera installé le vitrage
- Dimensions du vitrage à installer (en mm)
- Présence ou non d'un store
- Eventuellement : pressions de vent spécifiques

ANNEXE 5

Méthodologie de validation de l'épaisseur de FINEO et de validation de sa mise en œuvre : liste des actions successives à suivre :

- Détermination de la localisation et des caractéristiques du bâtiment
 - Adresse postale et altitude
 - Catégorie de terrain
 - Dimensions du bâtiment
- Détermination des caractéristiques du vitrage à mettre en oeuvre
 - Référence du vitrage : Fineo6, 8, 10 ou 12.
 - Dimensions du vitrage
 - Orientation de la fenêtre ou de la façade
 - Hauteur d'installation (au-dessus du niveau du sol)
- Sur base des informations précédentes, sélection des conditions climatiques à prendre en compte
 - Pressions de vent (pression, dépression), selon normes et réglementations usuelles
 - Gradient thermique (en été et en hiver)
- Détermination des charges, pour chaque verre de FINEO :
 - Charge due aux piliers
 - Charge due au gradient thermique, en été et en hiver
 - Charge due au vent, en pression et en dépression
- Calcul des combinaisons de contraintes aux états limites de service
- Calcul des déformations aux états limites de service
- Vérification des critères par combinaison
- Vérification des risques de choc thermique
- Validation des garnitures de joints

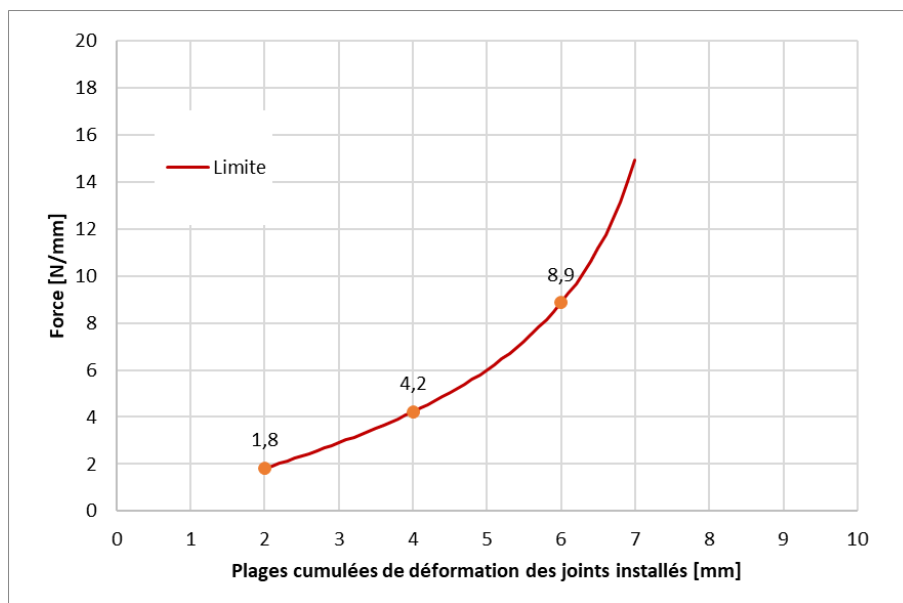
Fineo Vertical - Deformation Outer pane																	
						Dominant			γ_{α}		ψ_{θ}		Accompanied		$w_{max,calc}$	w_{adm}	
SLS 1						1,000	x w-	0,83							0,83	13,33	OK
SLS 2						1,000	x w+	0,66							0,66	13,33	OK
SLS 3						1,000	x T°s	2,21							2,21	13,33	OK
SLS 4						1,000	x T°w	4,93							4,93	13,33	OK
SLS 5						1,000	x w-	0,83	1,0	x	0,30	x	T°s	2,21	1,49	13,33	OK
SLS 6						1,000	x w-	0,83	1,0	x	0,30	x	T°w	4,93	2,30	13,33	OK
SLS 7						1,000	x T°s	2,21	1,0	x	0,60	x	w-	0,83	2,71	13,33	OK
SLS 8						1,000	x T°w	4,93	1,0	x	0,60	x	w-	0,83	5,42	13,33	OK
Fineo Vertical - Deformation Inner pane																	
						Dominant			γ_{α}		ψ_{θ}		Accompanied		$w_{max,calc}$	w_{adm}	
SLS 1						1,000	x w-	0,83							0,83	13,33	OK
SLS 2						1,000	x w+	0,66							0,66	13,33	OK
SLS 3						1,000	x T°s	2,21							2,21	13,33	OK
SLS 4						1,000	x T°w	4,93							4,93	13,33	OK
SLS 5						1,000	x w+	0,66	1,0	x	0,30	x	T°s	2,21	1,33	13,33	OK
SLS 6						1,000	x w+	0,66	1,0	x	0,30	x	T°w	4,93	2,14	13,33	OK
SLS 7						1,000	x T°s	2,21	1,0	x	0,60	x	w+	0,66	2,61	13,33	OK
SLS 8						1,000	x T°w	4,93	1,0	x	0,60	x	w+	0,66	5,33	13,33	OK

ANNEXE 6

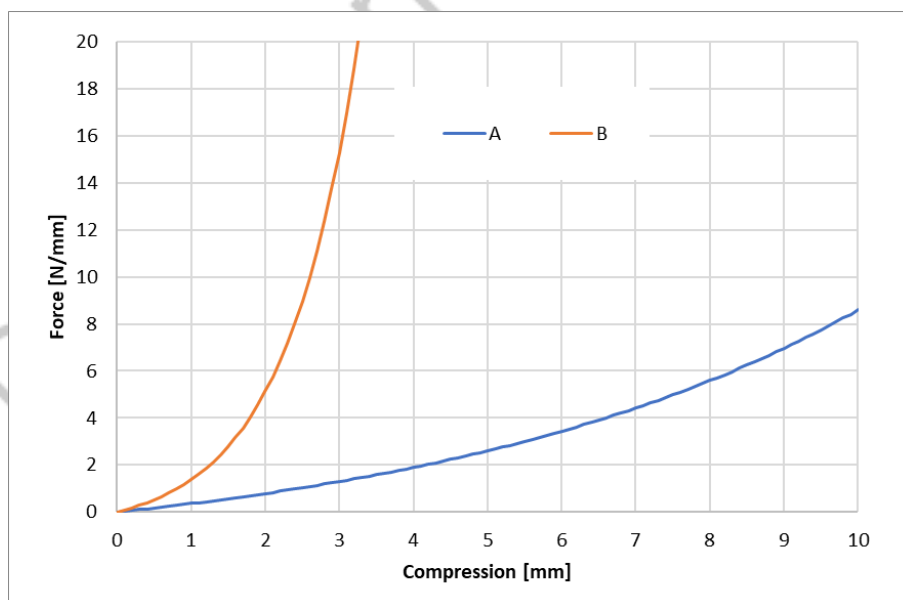
Spécifications relatives aux garnitures de joint extrudées

Le critère suivant, vérifié à partir des courbes de compression des deux garnitures de joint, doit être vérifié quelle que soit la température de la garniture d'étanchéité (par défaut, il est vérifié pour une température de -10°C dans le cas de la garniture d'étanchéité extérieure).

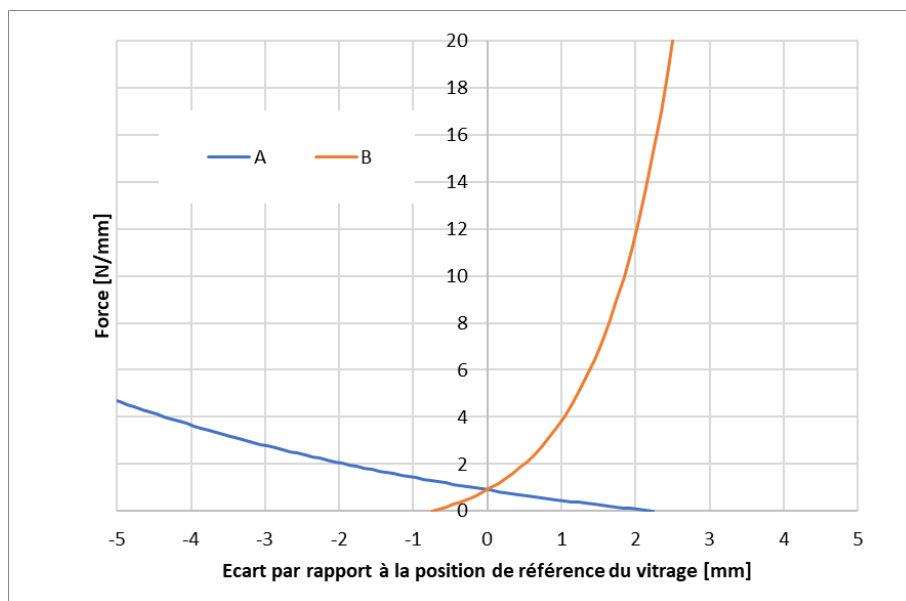
La différence des deux courbes, une fois la pré-compression à l'installation déduite, doit se trouver sous la courbe de référence suivante :



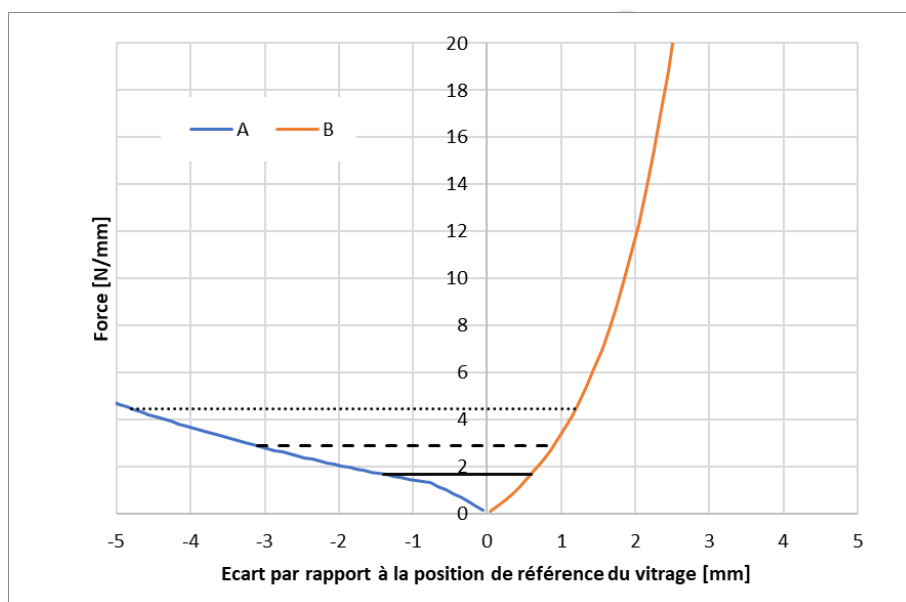
Afin de vérifier ce critère, partant des courbes des deux garnitures de joint (exemple : joint A et joint B) :



Ces courbes sont positionnées en tenant compte de la pré-compression des joints lors de leur installation de part et d'autre du vitrage



Par soustraction des forces exercées par les joints, une courbe résultante est obtenue. Elle illustre la force exercée par le couple de joints sur le vitrage en fonction du déplacement de ce dernier dans un sens et dans l'autre après son installation (position de référence). Nous pouvons y observer pour les différentes forces exercées, la plage de fonctionnement cumulée des deux joints (traits en pointillés).



La différence des forces des deux courbes donne la courbe unique suivante, qui doit inférieure à la courbe de référence.

