

Valide du **27 mars 2025**

Au **30 octobre 2027**

Sur le procédé

SageGlass®

Famille de produit/Procédé : Vitrage à propriétés dynamiques

Titulaire(s) : **VETROTECH SAINT GOBAIN INTERNATIONAL**

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 ou 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
V2	Cette version annule et remplace le Document Technique d'Application 6/18-2387_V2. Cette version intègre les modifications suivantes : intégration des espaceurs Chromatech peints en noir ; modification des dimensions maximales ; introduction de la fonction Harmony.	Yann FAISANT	Pierre MARTIN
V3	Cette version, présentée lors de la réunion du 25 juin 2024, annule et remplace le Document Technique d'Application 6/18-2387_V2. Cette version intègre les modifications suivantes : remplissage en gaz argon ; conception en cas de performance de sécurité aux chutes des personnes ; précisions concernant les contrôles ; mise à jour des fonctions disponibles ; précisions concernant les composants ; précisions relatives au système de pilotage.	Yann FAISANT	Pierre MARTIN

Descripteur :

Les vitrages isolants **SageGlass** sont des doubles vitrages dont le composant verrier extérieur feuilleté comporte une couche céramique dite électrochrome, face à la lame d'air/de gaz, et une barrière périphérique composée d'un espaceur métallique en acier inoxydable, qui peut être peint en noir, d'une première barrière d'étanchéité en butyle et d'un mastic de scellement silicone. La couche électrochrome est alimentée par l'intermédiaire de pistes conductrices imprimées sur sa surface (bus bars), reliées à l'alimentation électrique via un connecteur puis un câble traversant la barrière d'étanchéité.

L'état d'oxydo-réduction de la couche électrochrome est piloté par l'action d'une tension électrique inférieure à 4 V, permettant le choix entre plusieurs états de transmission lumineuse et de facteur solaire.

La fonction Lightzone® permet l'obtention de 2 à 3 zones contrôlées indépendamment dans un même vitrage.

La fonction Harmony permet l'obtention d'un dégradé sur la hauteur totale du vitrage.

Les vitrages isolants **SageGlass** peuvent comporter sur la face interne à la lame de gaz du composant verrier intérieur (en face 3) une couche faiblement émissive destinée à renforcer l'isolation thermique.

Le volume intérieur du vitrage (lame de gaz) est rempli d'air, d'argon ou de krypton.

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.....	6
2.1.	Mode de commercialisation	6
2.1.1.	Coordonnées	6
2.1.2.	Mise sur le marché	6
2.1.3.	Identification	6
2.2.	Description.....	6
2.2.1.	Principe.....	6
2.2.2.	Caractéristiques des composants.....	7
2.2.3.	Propriétés spectrophotométriques	8
2.2.4.	Formes et dimensions	9
2.2.5.	Position de la sortie de câble d'un vitrage (« pigtail »)	9
2.3.	Dimensionnement et vérifications spécifiques	10
2.3.1.	Compositions et dimensions.....	10
2.4.	Dispositions de mise en œuvre	11
2.4.1.	Transport - Stockage	11
2.4.2.	Conditions de mise en œuvre.....	11
2.5.	Maintien en service du produit ou procédé.....	13
2.6.	Traitement en fin de vie	13
2.7.	Assistance technique	13
2.8.	Fabrication et contrôles des vitrages isolants SageGlass.....	13
2.8.1.	Fabrication du composant verrier électrochrome	14
2.8.2.	Fabrication du composant feuilleté extérieur	14
2.8.3.	Fabrication du vitrage isolant	14
2.8.4.	Tolérances dimensionnelles des vitrages SageGlass	14
2.8.5.	Contrôles qualité	14
2.8.6.	Marquage et identification	15
2.9.	Mention des justificatifs	15
2.9.1.	Résultats Expérimentaux.....	15
2.9.2.	Références chantiers.....	16
2.10.	Tableaux, figures et annexes du Dossier Technique	17

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 isolants **SageGlass** sont destinés à être mis en œuvre dans tout type de bâtiment et sont utilisés :

- Dans des châssis fixes ou ouvrants verticaux.
- Dans des verrières (angle minimum de 5° par rapport à l'horizontale).
- Ils sont mis en œuvre avec une prise en feuillure sur quatre côtés dans des châssis de rigidité minimale, tels que définis dans le document FD DTU 36-5 P3. Ils peuvent également être mis en œuvre avec une prise en feuillure sur deux côtés (bandes filantes avec bords libres verticaux) ou trois côtés.
- Les niveaux d'efforts dans les joints de scellement et de contraintes dans les produits verriers doivent être vérifiés selon les dispositions décrites dans le dossier technique en prenant en compte l'écart d'altitude entre le lieu de fabrication (d'altitude 310 m) et le lieu de mise en œuvre des vitrages isolants.
- L'épaisseur nominale de la lame d'air ou de gaz est comprise entre 9 mm et 20 mm.
- Les vitrages peuvent comporter une couche faiblement émissive LoE-180 de Cardinal en face 3 selon les besoins.
- Les vitrages contiennent de l'air, ou sont remplis de gaz argon ou krypton.

1.2. Appréciation

1.2.1. Aptitude à l'emploi du procédé

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

Les vitrages **SageGlass** ne font pas l'objet 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 aux chutes de personnes et aux heurts

Elle est assurée, le cas échéant, par l'emploi de vitrages de sécurité selon le document FD DTU 39 P5 (feuilletés, trempés, vitrages isolants dont la composition verrière est spécifiée par ce même DTU).

La sécurité aux chutes des personnes nécessite l'utilisation d'un composant feuilleté intérieur classé 1B1 suivant la norme EN 12600.

1.2.1.3. Sécurité sous les effets du vent

Les composants verriers des vitrages isolants **SageGlass** participent à la reprise des effets du vent. Les épaisseurs seront déterminées par application de la norme NF DTU 39 P4.

1.2.1.4. Sécurité des usagers

Compte tenu des très faibles tensions électriques (tension d'alimentation de la couche électrochrome inférieure à 4 V continue), les vitrages isolants **SageGlass** sont exclus du champ d'application de la directive 2004/108/CE concernant la compatibilité électro-magnétique et de la directive 2006/95/CE relative au matériel électrique destiné à être employé dans certaines limites de basse tension (directive « basses tensions »).

1.2.1.5. Tenue aux chocs thermiques

Elle est satisfaite par le respect de la norme NF DTU 39 P3. La résistance mécanique du verre supportant la couche électrochrome, et le choix des autres composants verriers, durcis ou trempés, permettent d'assurer la résistance aux chocs thermiques des vitrages SageGlass.

1.2.1.6. Sécurité incendie

Elle doit être appréciée dans les mêmes conditions que celles des façades ou des toitures vitrées comportant des vitrages de même nature sans couche électrochrome.

1.2.1.7. Sécurité aux risques sismiques

Tous les vitrages de façade **SageGlass** répondent aux exigences de sécurité dans les zones sismiques, décrites dans la fiche technique du COPREC n°49.

1.2.1.8. Isolation thermique

La méthode de détermination des coefficients de transmission thermique surfacique U_g des vitrages isolants **SageGlass** doit être conforme à la norme EN 673, en prenant en compte les indications suivantes :

- Dans le cas de remplissage en gaz argon ou krypton, il est pris en compte un remplissage de 85%.
- Les émissivités à prendre en compte sont celles déclarées dans le dossier technique.

Le calcul des coefficients Ψ_g à la jonction menuiserie vitrage devra être réalisé conformément au paragraphe 2.11 des règles Th-Bat édition 2017.

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

Ainsi, il sera pris en compte pour l'acier inoxydable une conductivité thermique de 15 W/(m.K), et pour le mastic silicone, il sera pris en compte une conductivité thermique de 0,35 W/(m.K).

Les coefficients de transmission solaire S_g et de transmission lumineuse TL_g des vitrages isolants SageGlass sont déterminés par application de la norme EN 410.

1.2.1.9. Isolation acoustique

Dans le cas d'exigence concernant l'isolation acoustique, des essais spécifiques devront être réalisés.

1.2.2. Durabilité

La durabilité prouvée des produits constituant les joints périphériques, et les dispositions prises lors de la fabrication conduisent à considérer le risque d'embuage comme équivalente à celui d'un vitrage isolant classique.

L'autre risque réside dans l'éventuelle défaillance du fonctionnement de la couche électrochrome. Son importance est essentiellement liée à la durabilité de cette couche, des pistes conductrices, des soudures de connexion, et des différents composants électriques. Les justifications expérimentales fournies, et le maintien d'une faible hygrométrie dans la lame d'air, permettent d'envisager un comportement satisfaisant dans des délais normaux. Il pourra toutefois être constaté avec le temps un léger décalage des caractéristiques spectrophotométriques dans les états de teinte intermédiaires. Ce décalage intervient généralement dans les premiers temps d'utilisation. Il pourra nécessiter un réglage correctif.

En cas de défaillance du fonctionnement électrochrome, ce dernier doit être déposé et remplacé par un nouveau vitrage isolant SageGlass. La procédure de remplacement d'un vitrage électrochrome se fait à l'identique du vitrage déjà en place, chaque vitrage disposant d'un marquage d'identification présent sur le verre et sur le câble du connecteur, qui permet la commande d'un vitrage de remplacement auprès de VETROTECH SAINT-GOBAIN INTERNATIONAL. En cas de nécessité, une clôture provisoire peut être mise en place.

1.2.3. Impacts environnementaux

Les vitrages **SageGlass** disposent d'une déclaration environnementale (DE) en France. Il est rappelé que les DE n'entrent pas dans le champ d'examen d'aptitude à l'emploi du produit.

Les données issues des DE ont notamment pour objet de servir au calcul des impacts environnementaux des ouvrages dans lesquels les produits visés sont susceptibles d'être intégrés.

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

Elles sont précisées dans le dossier technique. Les calculs de dimensionnement et de vérification sont réalisés suivant les dispositions du paragraphe 2.3 de ce dossier. Vetrotech Saint-Gobain International est en mesure de réaliser ces calculs.

Le fabricant des vitrages SageGlass, SageGlass Electrochromics, est tenu d'exercer un contrôle permanent portant sur les caractéristiques des matières premières, la fabrication, la qualité des produits finis. La régularité, l'efficacité et les conclusions de ces contrôles seront vérifiées régulièrement par le CSTB à raison de deux visites par an et il en sera rendu compte au Groupe Spécialisé n° 6.

Le fabricant des espaceurs Chromatech peints en noir, est tenu d'exercer un contrôle permanent portant sur les caractéristiques des matières premières, la fabrication, la qualité des produits finis. La régularité, l'efficacité et les conclusions de ces contrôles seront vérifiées régulièrement par le CSTB à raison de deux visites par an et il en sera rendu compte au Groupe Spécialisé n° 6.

1.3. Remarques complémentaires du Groupe Spécialisé

Les vitrages isolants Sageglass comportent une couche électrochrome située à l'interface avec la lame de gaz, dont le pilotage permet de moduler les apports solaires en fonction des besoins. Les principes retenus (système de scellement et d'étanchéité périphérique assimilé à un système courant, conception des composants feuilletés extérieur et intérieur), et le principe technologique de la couche électrochrome ainsi que son interface avec le système de pilotage, sont des éléments contribuant à une bonne durabilité des vitrages et de leurs performances optiques et énergétiques.

Le Groupe Spécialisé N°6 a souligné que la conception de la mise en œuvre doit prendre en compte le passage des câbles (avec en particulier, la nécessité d'une hauteur de feuillure minimale de 23 mm dans les zones de passage de câble) et ne pas perturber le plan d'étanchéité de l'ouvrage.

Le Groupe Spécialisé N°6 souligne que la sécurité aux chutes des personnes nécessite l'utilisation d'un composant feuilleté intérieur classé 1B1 suivant la norme EN 12600.

Les verrières et les coulissants font partie du domaine d'emploi, toutefois le Groupe Spécialisé N°6 souligne l'importance de réaliser au cas par cas les calculs de vérifications des températures atteintes au niveau des différents composants des vitrages et dans la lame de gaz.

Les calculs de dimensionnement et de vérification doivent dans tous les cas être réalisés suivant les dispositions décrites dans le dossier technique. Vetrotech Saint-Gobain International peut apporter son appui si nécessaire.

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

Le procédé est commercialisé par le titulaire :

VETROTECH SAINT-GOBAIN INTERNATIONAL
 Bernstrasse 41-43
 3175 FLAMATT
 Suisse
 Tél. : +41 31 336 81 81
 E-mail : sales.emea@sageglass.com

Titulaire : VETROTECH SAINT-GOBAIN INTERNATIONAL

Distributeur : VETROTECH SAINT-GOBAIN INTERNATIONAL

2.1.2. Mise sur le marché

En application du règlement (UE) n°305/2011 article 4.1, les vitrages **SageGlass** font l'objet d'une déclaration des performances (DdP) lors de leur mise sur le marché, établie par le fabricant sur la base de la norme européenne NF EN 1279-5.

2.1.3. Identification

Les vitrages **SageGlass** comportent un marquage comprenant les logos SageGlass et Saint-Gobain, ainsi qu'un code unique d'identification.

2.2. Description

2.2.1. Principe

Les vitrages isolants **SageGlass** sont des doubles vitrages dont le composant verrier extérieur feuilleté comporte une couche céramique dite électrochrome, face à la lame d'air/de gaz, et d'une barrière périphérique composée d'un espaceur métallique en acier inoxydable, qui peut être peint en noir, d'une première barrière d'étanchéité en butyle et d'un scellement silicone. La couche électrochrome est alimentée par l'intermédiaire de pistes conductrices (bus bars) imprimées sur sa surface, reliées à l'alimentation électrique via un connecteur puis un câble traversant la barrière d'étanchéité d'air/de gaz.

L'état d'oxydo-réduction de la couche électrochrome est piloté par l'action d'une tension électrique inférieure à 4 V, permettant le choix entre quatre états de transmission lumineuse et de facteur solaire.

La fonction Harmony permet l'obtention d'un dégradé (appelé gradient de teinte) sur la hauteur totale du vitrage. Le dégradé s'obtient par maintien d'une différence de potentiel entre le haut et le bas du vitrage.

Les vitrages isolants SageGlass peuvent comporter en face 3 une couche faiblement émissive destinée à renforcer l'isolation thermique.

Le volume intérieur du vitrage (lame de gaz) est rempli d'air, d'argon ou de krypton.

Les vitrages isolants SageGlass sont généralement de forme rectangulaire, mais ils peuvent également être de forme triangulaire, trapézoïdale, parallélogramme, pentagonale (pentagones droits).

Les vitrages isolants SageGlass sont utilisés :

- Dans des châssis fixe ou ouvrants verticaux.
- Dans des verrières (angle minimum de 5° par rapport à l'horizontal).

Ces vitrages peuvent être mis en œuvre avec une prise en feuillure sur quatre côtés, une prise en feuillure sur deux côtés (bandes filantes avec bords verticaux libres) ou trois côtés.

Le système de contrôle permet de commander les changements de teinte automatiquement ou manuellement, en particulier, à l'aide d'un interrupteur mural, d'une application mobile ou d'une commande vocale.

Le système de contrôle SageGlass est programmé avec une fonction de temporisation qui éclaircit automatiquement les vitrages SageGlass au bout de 16 heures passées dans un état teinté. Au cours de ces 16 heures, le vitrage ne peut être à l'état le plus teinté que pendant 8 heures maximum. Après ces 8 heures, il sera ramené automatiquement à l'état teinté intermédiaire le plus proche jusqu'à ce que l'utilisateur ou le système de contrôle du bâtiment commande un changement d'état. Si le vitrage est toujours teinté après 16 heures, le système de contrôle le ramènera à l'état clair pendant 20 minutes. Après ce laps de temps, les vitrages pourront être à nouveau teintés.

Cette fonction de temporisation est destinée à garantir la longévité du produit. Elle ne doit pas être contournée, par exemple via une commande automatique de la gestion technique du bâtiment.

Le fonctionnement en mode automatique se fait via des mesures de capteurs de luminosité, ou peut être asservi à d'autres paramètres liés à la Gestion Technique du Bâtiment ; dans ce cas, le système de contrôle est équipé d'une passerelle afin d'assurer l'interface avec la Gestion Technique du Bâtiment.

2.2.2. Caractéristiques des composants

Les vitrages isolants **SageGlass** sont fabriqués à partir des constituants et composants suivants (une représentation schématique d'un vitrage isolant SageGlass est donnée en figure 1) :

2.2.2.1. Composants verriers

2.2.2.1.1. Produits verriers

Les vitrages SageGlass sont constitués de composants verriers fournis par CARDINAL, VIRACON ou SAINT-GOBAIN GLASS.

Les composants verriers utilisés proviennent des verres suivants :

- Verre float non coloré.
- Verre float teinté.
- L'un des verres, dit verre support, comporte une couche SR2.0 lorsqu'il est non coloré, il est dans ce cas fourni par CARDINAL.
- L'un des verres peut être muni d'un revêtement faiblement émissif LoE-180 (en face 3) selon les besoins, dans ce cas le verre est fourni par CARDINAL.

Les chants des verres sont généralement façonnés en arrêtes abattues. Ils peuvent si besoin être façonnés en JPI, par application du FD DTU 39 P5 (bords libres accessibles).

Les composants verriers trempés sont conformes à la norme NF EN 12150.

Les composants verriers durcis sont conformes à la norme NF EN 1863.

Les composants verriers feuilletés sont conformes aux normes NF EN 14449 et NF EN 12543.

Le vitrage de 2,2 mm recevant la couche électrochrome fait l'objet d'un façonnage des bords par découpe laser.

2.2.2.1.2. Composant feuilleté extérieur

Le composant feuilleté extérieur est fabriqué à partir de :

- Un verre support « support lite » :
 - Verre clair de 3,9 mm, 4,7 mm, 5,7 mm, 8 mm, 10mm ou 12 mm d'épaisseur nominale. Ce verre est durci ou trempé, et il est revêtu d'une couche SR2.0,
 - Verre teinté (Blue, Gray ou Green), de 5,7 mm d'épaisseur, durci.
- Une bande d'obscurcissement noire est appliquée sur la face 1' du feuilleté (côté intercalaire) :
 - Elle est située à une distance du bord du verre pouvant varier de 8,5 mm à 23,5 mm, selon la profondeur de joint secondaire,
 - Sa largeur peut varier de 17,5 mm à 19,5mm,
- Un intercalaire SentryGlas de la société KURARAY de 0.89 mm d'épaisseur.
- Le verre recuit de 2,2 mm, muni de la couche électrochrome appliquée côté gaz/air, soit en face 2. Ce composant verrier est en retrait du verre « support lite », de 2,5 mm avec une tolérance de $\pm 0,75$ mm. La découpe du verre de 2.2 mm est réalisée par laser. Cette découpe particulière confère au verre des propriétés mécaniques qui sont détaillées au paragraphe « risque de casse thermique ». En particulier, au regard du risque de casse thermique, le composant verrier peut être considéré comme possédant une résistance mécanique équivalente à celle d'un verre durci.

L'épaisseur du composant verrier extérieur est comprise entre 6,99 mm et 15,09 mm.

L'assemblage du composant feuilleté avec intercalaire SentryGlas est réalisé conformément au Document Technique d'Application relatif aux intercalaires de vitrages feuilletés SentryGlas et SentryGlas Xtra, en cours de validité.

La couche électrochrome est faite d'un empilement de couches céramiques, et son épaisseur totale est comprise entre 1200 et 1800 nm. Elle comporte sur sa périphérie, côté lame d'air/ de gaz, des pistes conductrices (bus bars) permettant l'alimentation de la couche.

2.2.2.1.3. Composant intérieur

Le verre intérieur « cover lite » du vitrage isolant SageGlass peut être constitué d'un :

- Composant monolithique clair, recuit, durci ou trempé thermiquement.
- Vitrage feuilleté clair, recuit, durci ou trempé thermiquement, avec 1 à 8 intercalaires.

L'épaisseur du composant verrier intérieur est comprise entre 3,9 mm et 22 mm.

Il peut être muni d'un revêtement faiblement émissif LoE-180 en face 3 (côté lame d'air/gaz) selon les besoins, dans ce cas le verre est fourni par CARDINAL.

2.2.2.2. Espaceurs - Equerres

Les espaceurs utilisés sont des espaceurs en acier inoxydable Chromatech de la société ROLLTECH A/S (Hjörning). La distance entre les deux composants verriers du double vitrage peut varier entre 10 mm et 20 mm.

Les espaceurs sont pliés et assemblés à l'aide d'éclisses en polyamide chargée à 35% en fibres de verre de la société CERA, la jonction est butylée.

Les espaceurs peuvent être peints en noir par la société ROLLTECH ; dans ce cas ils sont donc directement approvisionnés avec le revêtement.

2.2.2.3. Déshydratant

Le déshydratant utilisé est constitué de tamis moléculaire et de gel de silice, de référence Phonosorb® 807LD de la société GRACE ou un mélange Phonosorb 551 (90%) - SG GRADE 408 (10%) de la société GRACE. Le remplissage est réalisé sur quatre côtés. Un feuillard en aluminium recouvert de butyle est appliqué au niveau des trous de remplissage.

Il pourra être utilisé d'autres déshydratants employés dans le cadre d'une certification (CEKAL ou équivalent) ou permettant d'atteindre des performances équivalentes.

2.2.2.4. Produits d'étanchéité et de scellement

2.2.2.4.1. Première barrière d'étanchéité en polyisobutylène

Il est utilisé le butyle BUTYLVER de la société FENZI.

2.2.2.4.2. Mastic de scellement :

Le mastic suivant peut être utilisé : silicone Dowsil 3363 de la société DOW SILICONES CORPORATION.

La hauteur minimale du joint de scellement sous talon de l'espaceur est de 10 mm dans le cas d'un effort maximal dans le joint de scellement de 1,12 daN/cm, elle est de 11 mm pour un effort maximal dans le joint de scellement de 1,3 daN/cm, suivant les dispositions décrites au paragraphe 2.3.

2.2.2.4.3. Composants électriques internes au vitrage

a) Connecteur en H

Un connecteur en H, est soudé sur les bus-bars à l'aide d'une soudure à base d'argent au niveau de deux pattes métalliques. Il comporte une partie flexible recouverte de butyle (BUTYLVER de la société FENZI), appliquée lors de la fabrication le long de l'espaceur. Il est revêtu d'une gaine isolante et d'une patte adhésivée sur le talon de l'espaceur, sur laquelle est soudé le câble de sortie du vitrage. Suivant les dimensions et la forme du vitrage, et le choix éventuel des fonctions Lightzone et Harmony, un à quatre connecteurs en H peuvent être nécessaires.

b) Câble de sortie du vitrage « pigtail »

Le pigtail (un par vitrage) est un câble gainé de diamètre 2,1 mm comportant 4 fils conducteurs gainés. La longueur de la partie extérieure au vitrage de ce câble gainé peut être de 120 mm, 500 mm ou 1500mm. Il est équipé d'un connecteur spécifique SageGlass possédant un principe de détrompeur permettant d'éviter toute mauvaise connexion avec le câble de vitrage. Il est représenté en figure 2.

Chacun des fils conducteurs de ce câble est soudé sur une patte adhésivée du connecteur en H, et maintenu par des adhésifs ponctuels positionnés régulièrement le long de l'espaceur jusqu'à la sortie du câble (voir paragraphe 2.2.5).

c) Guide câble en T

Un guide câble moulé en forme de T est utilisé pour guider les fils conducteurs gainés du pigtail et déterminer la position de la sortie de câble. Ce guide permet d'assurer que les sollicitations mécaniques du pigtail ne nuisent pas à l'étanchéité des joints primaires et secondaires.

2.2.2.4.4. Produits électriques externes au vitrage (hors périmètre de l'avis technique)

Vetrotech Saint-Gobain International fournit les composants électriques permettant le contrôle des vitrages :

- Les tableaux de commande.
- Les câbles d'extension vitrage (câblage reliant les tableaux de commande et les boîtiers de répartition).
- Les boîtiers de répartition (boîtiers intermédiaires permettant de faire la connexion entre les câbles d'extension vitrage et les câbles 8-conducteurs).
- Les câbles 8-conducteurs (reliant les boîtiers de répartition aux tableaux de commande).
- Les câbles d'extension vitrage (reliant les vitrages aux tableaux de commande ou aux boîtiers de répartition).
- Les capteurs de luminosité.
- Les interrupteurs SageGlass (commande manuelle de la teinte).
- Un ordinateur industriel, qui assure le pilotage de l'installation.
- Les routeurs nécessaires à la mise en réseau de ces composants.

2.2.3. Propriétés spectrophotométriques

2.2.3.1. Etats de teinte

Les vitrages SageGlass offrent plusieurs états de teinte : l'état clair, l'état le plus teinté, deux états intermédiaires et, dans le cas de la fonction Harmony, quatre états complémentaires présentant un dégradé de teinte. La transition d'un état à l'autre se fait de manière progressive.

Les propriétés spectrophotométriques du composant verrier extérieur, et de vitrages isolants dans leurs différents états de teinte sont données dans les tableaux 1 à 3 en annexe. D'autres états intermédiaires sont disponibles sur demande. Les valeurs de coefficient de transmission thermique U_g sont déterminées selon la norme EN 673. Les valeurs de transmission lumineuse T_l et de facteur solaire g sont déterminées selon la norme EN 410.

La fonction Harmony permet l'obtention d'un dégradé sur la hauteur totale du vitrage. Le dégradé s'obtient par maintien d'une différence de potentiel entre le haut et le bas du vitrage (représentation schématique en figure 3). Cette fonction n'est possible que pour les vitrages SageGlass rectangulaires.

Le dégradé est réalisé entre l'état clair dit « clear » et l'état le plus teinté dit « full » (deux états étant possibles, l'état clair se trouvant soit en haut, soit en bas du vitrage), ou entre l'état clair dit « clear » et l'état de teinte intermédiaire dit « faiblement teinté » ou « light » (deux états étant également possibles, l'état clair se trouvant soit en haut, soit en bas du vitrage), les caractéristiques des différents états étant décrites dans le tableau 1 de ce dossier.

2.2.3.2. Commutation

Les temps de commutation sont dépendants de la température, des conditions d'ensoleillement, ainsi que de la distance entre les bus bars. Les temps de commutation sont donnés ci-dessous à titre indicatif.

Distance entre bus bars	-10°C, sans soleil	0°C, avec soleil	20°C, sans soleil	40°C, avec soleil
0.5m	8-15min	7-12 min	4-8 min	3-6 min
1m	20-25 min	14-18 min	16-20 min	5-8 min
1.5m	35-40 min	30-35 min	25-30 min	25-30 min

Tableau 4 : temps de commutation entre l'état clair et l'état le plus teinté (critère : 90% de la plage de teinte souhaitée, atteinte)

2.2.4. Formes et dimensions

Les vitrages SageGlass présentent une épaisseur comprise entre 20,09 mm et 52 mm.

2.2.4.1. Généralités, cas des rectangles

Les limites dimensionnelles des vitrages isolants SageGlass sont les suivantes :

- Hauteur maximale : 3048mm.
- Largeur maximale : 1828mm.
- Hauteur minimale : 350mm.
- Largeur minimale : 350mm.

Les vitrages isolants SageGlass rectangulaires peuvent comporter un ou des bords décalés (représentés en figure 4), suivant les dispositions ci-après :

- Le ou les bords décalés sont possibles uniquement sur le verre support.
- Le ou les bords décalés doivent être ≥ 19 mm et ≤ 140 mm.
- Jusqu'à deux côtés du rectangle peuvent avoir un bord décalé.
- Un seul long côté du rectangle peut avoir un bord décalé. La sortie de câble du vitrage ne peut pas se faire sur le bord décalé.

2.2.4.2. Formes autres que rectangulaires

Les vitrages isolants SageGlass peuvent être réalisés avec des formes autres que rectangulaires :

- Triangles et triangles rectangles.
- Trapèzes et trapèzes rectangles.
- Parallélogrammes.
- Pentagones droits (possédant 3 angles droits).

Les angles doivent être compris entre 30° et 150°.

Si un angle est inférieur à 30°, il sera recoupé de manière à obtenir une longueur résiduelle de 120mm.

Les vitrages isolants seront par ailleurs plus grands qu'une zone délimitée de 350 × 350 mm, et compris dans une zone de 2975 × 1498 mm.

2.2.4.1. Cas des vitrages Harmony

Les vitrages isolants SageGlass peuvent être prévus pour un usage avec la fonction Harmony. Dans ce cas les dimensions maximales sont les suivantes :

- Largeur maximale : 1828mm.
- Hauteur minimale : 1200mm si la largeur est inférieure ou égale à 1600mm.

Hauteur minimale : 1400mm si la largeur est supérieure à 1600mm.

2.2.5. Position de la sortie de câble d'un vitrage (« pigtail »)

De manière générale, la sortie du câble vitrage peut se situer :

- Soit au milieu d'un côté.
- Soit à 250mm (± 25 mm) d'un angle.

Ce positionnement est réalisé suivant les règles ci-après :

- la sortie de câble du vitrage ne peut pas être sur une base d'installation,
- la sortie de câble du vitrage ne peut pas être sur une base de production,
- si le côté du vitrage sur lequel est positionnée la sortie de câble du vitrage mesure entre 200 mm et 500 mm, la sortie de câble du vitrage doit être centrée sur ce côté.

La longueur du côté sur lequel est positionnée la sortie de câble du vitrage doit mesurer au moins 200 mm.

(Les positions possibles sont représentées sur les figures 5 et 6).

2.3. Dimensionnement et vérifications spécifiques

2.3.1. Compositions et dimensions

2.3.1.1. Vitrages SageGlass pris en feuillure sur 4 côtés

L'altitude du lieu de fabrication est de 310 m. La différence d'altitude entre le lieu de fabrication et le lieu de pose sera systématiquement prise en compte dans les calculs et/ou vérifications.

La détermination de l'épaisseur des composants verriers sera réalisée par application de la norme NF DTU 39 P4.

Doivent par ailleurs être vérifiés la température maximale atteinte et l'effort maximal sur la barrière d'étanchéité et les contraintes maximales dans les produits verriers, sous l'effet des variations de température et des variations d'altitude : dans ce cadre, les calculs de l'épaisseur équivalente du composant feuilleté extérieur avec l'intercalaire SentryGlas sont effectués conformément au Document Technique d'Application en cours de validité «SentryGlas® et SentryGlas® Xtra™».

Dans le cas de vitrages SageGlass mis en œuvre avec une prise en feuillure sur quatre côtés, il convient d'effectuer au cas par cas les calculs de dimensionnement ou de vérification précisés ci-après.

Il conviendra de vérifier :

- Que la température de la barrière de scellement et dans la lame d'air ne dépasse pas 60°C.
- Que la température du composant verrier feuilleté extérieur ne dépasse pas la température limite spécifiée pour les vitrages feuilletés avec intercalaire SentryGlas.
- Que l'effort maximal par unité de longueur dans le joint de scellement soit conforme au tableau ci-dessous :

Effort maximal dans les joints de scellement	1.12 daN/cm	1.3 daN/cm
Hauteur minimale des joints de scellement	10 mm	11 mm

- Que les contraintes dans les produits verriers sous les variations de pression dans la lame d'air, hors effets du vent, ne dépassent pas :
 - 20 MPa pour les produits verriers recuits,
 - 35 MPa pour les produits verriers « durcis »,
 - 70 MPa pour les produits verriers trempés.

L'effort maximal admissible dans le joint de scellement, et les contraintes dans les verres sous les variations de pression dans la lame d'air, sont calculés suivant la méthode du cahier 3488_V2.

Dans le cadre de ces dimensionnements / vérifications, il sera pris en compte :

- Les dimensions des vitrages.
- Les épaisseurs des composants verriers et leurs caractéristiques énergétiques (en prenant en compte les différents états de teinte).
- Les caractéristiques des produits verriers (recuits, trempés, durcis, feuilletés).
- L'épaisseur de la lame d'air.
- La différence d'altitude entre le lieu de pose et le lieu de fabrication et le cas échéant l'altitude de transit.
- La température ambiante extérieure maximale et la température ambiante intérieure.
- L'orientation de la façade et le rayonnement solaire correspondant.
- La situation du vitrage vis-à-vis des flux de vent et en particulier toute situation de confinement.

Les différentes hypothèses climatiques à prendre en compte pourront être déterminées à partir du cahier du CSTB n° 3242 « Conditions climatiques à considérer pour le calcul des températures maximales et minimales des vitrages » (localisation réelle). Lorsque les conditions sont réunies, il est également possible de s'appuyer sur la norme NF P78-470 (§6.2.2).

Risque de casse thermique :

L'absence de risque de bris par choc thermique des composants verriers intérieurs ou extérieurs est assurée par le respect des dispositions de la norme NF DTU 39-P3. Dans le cadre de ces vérifications, la résistance mécanique du composant verrier de 2,2 mm supportant la couche électrochrome, découpé par laser, est considérée équivalente à celle d'un verre durci, et les différents états de teinte sont pris en compte.

2.3.1.2. Vitrages SageGlass pris en feuillure sur deux côtés ou trois côtés

Les dispositions indiquées à l'alinéa précédent sont, sur le principe, applicables. Elles sont complétées par les précisions ci-après.

Dans ce cas, l'effort maximal dans le joint de scellement doit être inférieur ou égal à 1,12 daN/cm, et les vérifications afférentes sont réalisées au cas par cas.

Les vitrages en œuvre sont verticaux et les bords libres correspondent aux côtés verticaux.

Les vitrages SageGlass peuvent posséder des bords décalés, suivant la description du paragraphe 2.2.4.1, ce décalage pourra nécessiter des justifications spécifiques.

2.4. Dispositions de mise en œuvre

2.4.1. Transport - Stockage

En attendant leur mise en œuvre, les vitrages isolants **SageGlass** seront stockés conformément aux indications de la norme NF DTU 39. Les câbles ne doivent pas être exposés à l'éclairage naturel direct ; il conviendra de mettre en place une protection provisoire si nécessaire.

Les vitrages sont positionnés et sanglés sur des chevalets en bois pour un poids unitaire n'excédant pas 1134kg. Les angles des vitrages sont protégés par des cornières cartonnées et chaque chevalet est enveloppé par un film. Les chevalets sont ensuite positionnés et sécurisés dans des containers qui sont ainsi livrés sur chantier.

2.4.2. Conditions de mise en œuvre

Les vitrages peuvent être mis en œuvre dans les châssis soit en atelier, soit sur chantier dans le cas de prise en feuillure sur 4 côtés. Dans le cas de mise en œuvre avec prise en feuillure sur deux côtés (bords verticaux libres), les vitrages seront nécessairement mis en œuvre sur chantier.

2.4.2.1. Mise en œuvre avec prises en feuillure sur 4 côtés

Les dispositions de mise en œuvre prévues dans de la norme NF DTU 39 (hauteur de feuillures, drainage des feuillures, calages...) seront respectées.

Les dispositions de mise en œuvre pourront aussi être celles prévues dans les normes XP P20-650-1 et XP P20-650-2.

La mise en œuvre doit par ailleurs respecter :

- Les recommandations du gammiste.
- Les instructions du guide d'installation SageGlass.
- Le bon raccordement en respectant le sens d'emboîtement.

Les vitrages SageGlass sont prévus pour être intégrés à tous les systèmes (mur-rideaux, menuiseries...) quel que soit le matériau (aluminium, acier, bois,...).

Chacun d'eux est équipé d'un câble de 125 mm avec un connecteur spécifique.

La sortie du câble du vitrage peut être positionnée sur les montants verticaux ou en traverse haute. Les dispositions relatives au passage des câbles, et détaillées au paragraphe 2.4.2.3, doivent être respectées.

Dans tous les cas, les critères complémentaires suivants sont à prendre en compte :

- Le rayon de courbure du câble en sortie de vitrage impose une distance au fond de feuillure minimale de 7 mm dans les zones de passage de câble.
- SageGlass recommande une prise de volume minimale de 16 mm pour des raisons esthétiques, soit une hauteur de feuillure minimale de 23 mm sur les côtés nécessitant un passage de câble.
- La sortie de câble du vitrage est insérée dans la feuillure vitrage. Elle doit être placée dans une zone drainée. Si le vitrage SageGlass participe à l'étanchéité à l'eau de la façade, la sortie du câble ne pourra pas être située en traverse basse.
- Les châssis doivent être usinés afin de permettre le passage du câble pour chaque vitrage vers l'intérieur du bâtiment (installation suivant le paragraphe 2.4.2.3).

2.4.2.2. Mise en œuvre avec prise en feuillure sur deux côtés horizontaux avec côtés verticaux libres

Les dispositions indiquées au paragraphe précédent sont applicables et elles sont complétées par les prescriptions ci-après.

- La sortie de câble du vitrage sera prévue en traverse haute. Les dispositions relatives au passage des câbles, et détaillées au paragraphe 2.4.2.2, doivent être respectées.
- L'immobilisation des vitrages vis-à-vis des déplacements horizontaux dans leur plan doit être réalisée. Pour réaliser cette immobilisation, il conviendra de mettre en œuvre un dispositif fixé à la traverse au niveau d'un vitrage sur trois au moins sans excéder un intervalle de 4 mm entre deux vitrages (localement sur les angles par exemple cette immobilisation pourra être assurée par la garniture d'étanchéité si elle est liée à une ossature secondaire stable).
- Les garnitures d'étanchéité verticales doivent :
 - assurer durablement l'étanchéité entre remplissages,
 - ne pas nuire à la durabilité des vitrages ou de leurs composants ; c'est-à-dire être compatibles avec les produits présents sur les chants des vitrages et permettre l'équilibrage des pressions de vapeur d'eau sur les chants des vitrages également,
 - les joints des vitrages au niveau des angles de bâtiment qui présentent généralement des déformations relatives conséquentes, seront conçus pour les absorber.
- Les feuillures basses seront drainées.

Par ailleurs, les éventuelles arêtes accessibles seront traitées pour éviter d'occasionner des blessures.

De façon générale, les dispositions prévues au chapitre 11.3 du DTU 39 P1-1 sont applicables.

2.4.2.3. Installation électrique – passage des câbles

L'installation électrique, le raccordement et le tirage de ligne doivent être réalisés par des entreprises spécialisées.

Il conviendra de suivre les recommandations ci-dessous concernant le passage des câbles d'extension des vitrages et des capteurs :

- Les arêtes du système en contact avec les câbles (passage au travers des toiles, liaisons montants/traverses, raccordements en pieds ou têtes de façades...) doivent être traitées afin d'éviter tout dommage sur les câbles.

- Le passage des câbles doit être réalisé après la mise en place de passe-câbles (Référence SAGE 310-0092-001). SageGlass fournit ces passe-câbles PVC à étancher à l'aide d'un silicone élastomère neutre compatible.
- Les câbles laissés en attente d'intervention du lot électricité doivent être étiquetés et comporter la référence des vitrages suivant les plans d'élévation fournis par SageGlass.
- Les câbles ne doivent pas être exposés à l'éclairage naturel direct ; il conviendra de mettre en place une protection provisoire si nécessaire.

De manière générale, il est toujours possible d'intégrer les vitrages SageGlass dans des ouvrants (par exemple à soufflet, à la française ou à l'anglaise) ou coulissants, du moment qu'aucune tension mécanique n'est générée dans le câble.

Les consignes suivantes doivent être respectées :

2.4.2.3.1. Ouvrants à frappe

La pose du vitrage dans son cadre doit respecter les critères cités au paragraphe Etapes de mise en œuvre

Le passage des câbles dans les feuillures d'ouvrant doit être réalisé à l'aide de passe-câbles flexibles encastrés. A défaut, utiliser un passe-câble en applique.

2.4.2.3.2. Ouvrants coulissants

La pose du vitrage dans un cadre parclosé doit respecter les critères cités au paragraphe Etapes de mise en œuvre.

La pose du vitrage dans un cadre portefeuille impose le raccordement du câble d'extension avant l'assemblage. De plus, un calage spécifique, conforme au DTU 39, de 7 mm minimum doit être prévu afin d'éviter son écrasement.

Le passage des câbles dans les feuillures d'ouvrants impose l'utilisation d'un passe-câble encastré (à chaînette par exemple) ou en applique (type cordon spirale par exemple).

Le menuisier/façadier doit implémenter dans le passe-câble à chaînette un câble ad hoc et faire la connexion avec le câble d'extension de vitrage de part et d'autre.

Quel que soit le principe de passe-câble retenu (à chaînette, spirale, etc...) il conviendra que le menuisier/façadier s'assure auprès de son fournisseur que les conducteurs électriques prévus pour cette application en passe-câble soient de classe dite « dynamique » et testés pour au moins 100 000 cycles (les cycles ayant une amplitude de sollicitation cohérente avec le débattement de l'ouvrant).

Sur demande, une étude particulière peut être menée en collaboration avec le support technique SageGlass.

2.4.2.4. Etapes de mise en œuvre

Les étapes suivantes doivent être respectées :

- 1) Décaisser le vitrage en prêtant attention aux sorties de câbles et connectiques.
Note : l'étiquette SageGlass est apposée sur la face intérieure du vitrage.
- 2) Avant de présenter le vitrage, repérer sur le châssis l'emplacement de la sortie de câble.
- 3) Positionner les supports de cale de vitrage conformément aux référentiels techniques (Normes, DTU, préconisations techniques du gammiste...).
- 4) Installer les différents passe-câbles dans les cadres.
- 5) Installer les câbles d'extension vitrage.
- 6) Présenter le vitrage en prenant soin de ne pas pincer le câble de sortie du vitrage et le câble d'extension de vitrage.
- 7) Raccorder les connectiques du câble d'extension vitrage et du câble de sortie vitrage.
Note : ne pas forcer, ils sont équipés de détrompeurs.
- 8) Glisser les câbles dans la feuillure vitrage.
- 9) Réaliser le calage du vitrage conformément aux référentiels techniques (Normes, DTU, préconisations techniques du gammiste...).
Note : s'assurer que la mise en place des cales ne pince pas le câblage.
- 10) Installer les parecloses ou capots serreurs.
Note : il conviendra de respecter les couples parecloses/joints et capots serreurs/joints du gammiste afin d'assurer une prise de volume correcte.
Note : s'assurer que la mise en place des cales ne pince pas le câblage.
- 11) Pour les ouvrants, glisser le câble d'extension vitrage au travers du passe-câble flexible avant d'installer ce dernier ;
- 12) Enrouler et laisser les câbles en attente de l'intervention de l'électricien.
- 13) Protéger les tranches des menuiseries afin de protéger les câbles.
- 14) Si l'application du point ci-avant ou le capotage des feuillures n'est pas immédiatement possible, mettre en place une protection provisoire les câbles contre l'éclairage naturel direct.
- 15) Retirer l'étiquette du vitrage.

Après installation et raccordement des vitrages au système de contrôle, la mise en service est réalisée par un technicien de VETROTECH SAINT-GOBAIN INTERNATIONAL.

2.4.2.5. Principe et installation du système de contrôle/commande

2.4.2.5.1. Principe du système de contrôle/commande

Dans le cas d'une utilisation en mode automatique, les vitrages SageGlass se teintent ou s'éclaircissent en fonction de la luminosité extérieure, détectée par le biais de capteurs.

L'utilisation d'un capteur 360° situé en toiture est préconisée pour toutes les installations. Sa position doit faire l'objet d'une attention particulière afin d'éviter les masques et ombres portées ; si toutefois cela s'avère impossible, il conviendra de multiplier les capteurs afin de couvrir l'ensemble des applications.

Dans le cas des façades, des capteurs extérieurs supplémentaires fixés sur la menuiserie ou sur la maçonnerie peuvent être utilisés pour permettre une mesure des conditions de luminosité spécifiques à une zone de la façade, notamment pour tenir compte des ombres portées.

Le système de contrôle SageGlass est programmé avec une fonction de temporisation qui éclaircit automatiquement les vitrages SageGlass au bout de 16 heures passées dans un état teinté. Au cours de ces 16 heures, le vitrage ne peut être à l'état le plus teinté que pendant 8 heures maximum. Après ces 8 heures, il sera ramené automatiquement à l'état teinté intermédiaire le plus proche jusqu'à ce que l'utilisateur ou le système de contrôle du bâtiment commande un changement d'état. Si le vitrage est toujours teinté après 16 heures, le système de contrôle le ramènera à l'état clair pendant 20 minutes. Après ce laps de temps, les vitrages pourront être à nouveau teintés.

Cette fonction de temporisation est destinée à garantir la longévité du produit. Elle ne doit pas être contournée, par exemple via une commande automatique de la gestion technique du bâtiment.

2.4.2.5.2. Installation du système de contrôle /commande

Les vitrages sont raccordés aux boîtiers de répartition via des câbles d'extension vitrage équipés de connectiques spécifiques et les boîtiers de répartition sont raccordés aux panneaux de contrôle via des câbles 8-conducteurs ; dans ce cas, la distance filaire maximale entre le vitrage et le tableau de commande est de 105 m.

Il est possible de raccorder directement les capteurs et/ou les vitrages dans les boîtiers de commandes ; dans ce cas la distance filaire maximale entre vitrage et tableau de commande est de 38m.

Il convient de suivre les préconisations du plan de raccordement (schéma électrique) fourni par VETROTECH SAINT-GOBAIN INTERNATIONAL.

Les panneaux de contrôle, interrupteurs tactiles, capteurs de luminosité et ordinateur industriel sont reliés ensemble via un réseau Ethernet.

Le système de contrôle SageGlass est autonome ; toutefois, pour des applications particulières, Sageglass peut fournir une passerelle permettant d'interfacier avec une GTB (gestion des teintes suivant la température, capteur de présence...).

2.4.2.6. Mise en œuvre en zone sismique

La mise en œuvre des vitrages SageGlass en zone sismique devra prendre en compte la fiche technique du COPREC n°49 ; en complément, le câble d'extension vitrage installé en feuillure devra être installé avec une boucle d'au moins 20 cm afin de ne pas exercer de contraintes dans le câble en cas de faibles secousses sismiques.

2.5. Maintenance en service du produit ou procédé

En cas de défaillance d'un vitrage nécessitant son remplacement, ce dernier est déposé et remplacé par un nouveau vitrage isolant **SageGlass**. La procédure de remplacement d'un vitrage électrochrome se fait à l'identique du vitrage déjà en place, chaque vitrage disposant d'un marquage d'identification présent sur le verre et sur le câble du connecteur, qui permet la commande d'un vitrage de remplacement auprès de VETROTECH SAINT-GOBAIN INTERNATIONAL.

2.6. Traitement en fin de vie

Conformément à la directive 20008/98/EC de l'Union Européenne concernant le traitement des déchets, en l'absence de filières de recyclage clairement identifiées à ce jour, les vitrages SageGlass en fin de vie devront faire l'objet d'un traitement de type enfouissement de déchets.

2.7. Assistance technique

A la demande du client, l'assistance technique de l'équipe SageGlass peut être sollicitée pour le dimensionnement des vitrages ainsi que l'aide au suivi de chantier. L'équipe technique en charge de la mise en service du procédé SageGlass intervient après installation de l'ensemble des vitrages et des raccordements électriques. A titre informatif, lors de la vie de l'ouvrage, l'équipe technique SageGlass peut intervenir, sur demande, pour réaliser des réglages systèmes (seuils de déclenchement, ajustement des teintes, programmation...)

2.8. Fabrication et contrôles des vitrages isolants SageGlass

Les vitrages isolants SageGlass sont fabriqués dans l'usine de SAGE Electrochromics, Inc. à Faribault, aux Etats-Unis (Minnesota).

2.8.1. Fabrication du composant verrier électrochrome

Les étapes de fabrication sont les suivantes :

- Préparation du verre float (découpe, usinage, lavage et contrôle).
- Dépôt de la première moitié de l'empilement électrochrome composée de :
 - couche ITO (couche d'oxyde d'indium-étain, conductrice électriquement et transparente à la lumière visible),
 - couche électrochrome,
 - couche conductrice d'ions.
- Série de gravures laser pour créer la première moitié du circuit électrique.
- Dépôt de la 2ème moitié de l'empilement électrochrome composée de :
 - couche conductrice d'ions,
 - couche réceptrice d'ions,
 - seconde couche ITO,
- Application des pistes conductrices (bus bars), seconde série de gravures lasers pour terminer le dessin du circuit électrique, et découpe par laser du vitrage aux dimensions spécifiées.

2.8.2. Fabrication du composant feuilleté extérieur

Le composant verrier électrochrome, après sa fabrication, est stocké dans un espace à hygrométrie contrôlée.

Une impression par jet d'encre après application d'un primaire est réalisée sur le vitrage support.

L'assemblage du composant verrier „support-lite“ et du composant verrier électrochrome est réalisé suivant les dispositions précisées dans le Document Technique d'Application relatif aux vitrages feuilletés avec intercalaire SentryGlas et SentryGlas Xtra.

2.8.3. Fabrication du vitrage isolant

L'assemblage en double vitrage est réalisé suivant les étapes décrites ci-après:

- Lavage des composants verrier extérieur et intérieur.
- Soudure du/des connecteurs en H sur les pistes conductrices.
- Mise en place de l'espaceur.
- Assemblage du vitrage isolant (remplissage gaz et pressage).
- Mise en place des pigtails, soudure sur le/les connecteurs en H, positionnement des adhésifs de maintien et du guide câble en T.
- Enduction du mastic de scellement Dowsil 3363.

Le positionnement du ou des connecteurs en H, le cheminement des fils et le positionnement des adhésifs de maintien, suivent un plan de fabrication établi pour chaque vitrage.

La réparation par laser des éventuels défauts de surface de la couche électrochrome, est par ailleurs effectuée sur chaque vitrage concerné. Chaque réparation se traduit par la présence d'un pinhole (zone sans couche, de diamètre inférieur à 1,5 mm, et 2 mm pour les verrières grande hauteur).

2.8.4. Tolérances dimensionnelles des vitrages SageGlass

Les tolérances sur les dimensions finales des vitrages SageGlass sont les suivantes :

- Longueur et largeur : ± 3 mm.
- Epaisseur : ± 1 mm.

2.8.5. Contrôles qualité

Il existe entre SAGE Electrochromics, Inc. et ses fournisseurs des cahiers des charges décrivant les spécifications auxquelles doivent répondre les matières et composants concernés.

A chacun des trois grands stades de la fabrication (fabrication du composant verrier électrochrome, du composant verrier extérieur, et du vitrage isolant), on distingue les contrôles et dispositions suivants :

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

Les principaux contrôles sont résumés dans les annexes 1 à 3.

On note :

- La réalisation de contrôles réguliers internes et externes relatifs à la fabrication du composant verrier feuilleté extérieur avec intercalaire SentryGlas muni de sa couche électrochrome et de la bande d'obscurcissement, suivant les dispositions du Document Technique d'Application relatif aux vitrages feuilletés SentryGlas. Des essais complémentaires sont par ailleurs réalisés mensuellement au centre de recherche SGR Compiègne et annuellement par KURARAY.

- La réalisation de contrôles relatifs à la fabrication des vitrages isolants, réalisés sur la base de l'EN 1279-6.
- La réalisation de contrôles relatifs à la fonctionnalité électrochrome des vitrages isolants SageGlass.

Par ailleurs, sont réalisés dans l'usine de SAGE Electrochromics, Inc. et au centre de recherche SGR Compiègne des essais de durabilité, parmi lesquels :

- Contrôles mensuels sur les vitrages isolants SageGlass avant et après cycles courts suivant la norme EN 1279-6, avec une limite d'indice I de 0,05. Ces essais sont réalisés au centre de recherche SGR Compiègne, et ils pourront être réalisés dans l'usine de Sage Electrochromics sous réserve d'une validation et d'un suivi par le CSTB.
- Essais complémentaires de perte de gaz et de fonctionnement de la couche électrochrome après des essais de cyclages climatiques et d'exposition à une ambiance haute humidité avec exposition UV.
- Par ailleurs des mesures spectrophotométriques sont réalisées après des périodes de vieillissement accéléré.

2.8.6. Marquage et identification

Les vitrages ont une identification propre, inscrite au laser ou imprimée à l'encre sur le panneau de verre extérieur (représentée en figure 7), et située à l'intérieur de la cavité du vitrage isolant. Ce marquage est réalisé par défaut dans l'un des angles bas du vitrage ; cette position peut être modifiée suivant une demande particulière.

De plus, chaque sortie de câble est équipée d'une étiquette comprenant un code QR qui identifie chaque vitrage et identique au code QR imprimé sur le vitrage (figure 8).

2.9. Mention des justificatifs

2.9.1. Résultats Expérimentaux

- Essais de vieillissement suivant ASTM E2141-14 and E2953-14 (50 000 cycles électriques entre état clair et état teinté, 5000 h de vieillissement UV avec T=89,9°C en moyenne), sur des doubles vitrages SageGlass avec un composant extérieur 4 mm/0,89/2,2 mm. Tech-nical report du NREL, de septembre 2016, contrat n°DE-AC36-08GO28308).
- Essais de cyclages climatiques (entre -15°C et 85°C) et 250 cyclages électriques couplés entre l'état clair et l'état le plus teinté, pendant 1800h. Rapport d'essai RE17-26070794 du CSTB du 30 octobre 2018.
- Essais de pénétration d'humidité avec mesures de gaz suivant DTU39 P1-2 168 cycles avec UV et vérification du fonctionnement et de l'homogénéité de la couche électrochrome avant et après vieillissement, sur vitrages SageGlass, efforts dans le joint de scellement de 1,12 daN/cm, rapport d'essai CSTB n°BV18-0841 du 17 juillet 2018.
- Essais de pénétration d'humidité avec mesures de gaz suivant DTU39 P1-2 168 cycles avec UV et vérification du fonctionnement et de l'homogénéité de la couche électrochrome avant et après vieillissement, sur vitrages SageGlass, efforts dans le joint de scellement de 1,3 daN/cm, rapport d'essai CSTB n°BV18-1466 du 19 novembre 2018.
- Essais suivant EN 1279-2 ; rapport d'essai n°89205641-03 du 25 juillet 2014 du TÜV Rheinland Nederland B.V.
- Essais suivant EN 1279-3, remplissage en gaz argon, rapport d'essai n°14-003860-PR01 de l'IFT Rosenheim du 7 juillet 2015.
- Essai de fogging suivant EN 12179-6 annexe C, rapport n°89210548-01 rev01 du TÜV Rheinland du 23 décembre 2016.
- Essais sous charges de vent à l'ELS (9900 cycles) et à l'ELU (100 cycles) d'un double vitrage SageGlass de dimensions 1500 mm x 2400 mm. Rapport d'essai n° FaCeT 18-26073329 du CSTB du 30 mai 2018.
- Essais de flexion 4 points suivant EN 1288, rapport d'essai n° n°B 16 0905-E du MPA Darmstadt du 19 août 2016.
- Essais suivant EN 12600 sur composant feuilleté extérieur avec un verre support (« support lite ») de 5 mm durci, rapport d'essai n° BEB1.F.4021-1/2 du CEBTP du 7/05/2015, classement 1B1.
- Essais suivant EN 356 sur composant feuilleté extérieur avec un verre support (« support lite ») de 5 mm durci, rapport d'essai n° BEB1.F.4021-2/2 du CEBTP du 4/05/2015, classement P1A.
- Essais suivant EN 12543-4 haute température (16h à 100°C) et haute humidité avec condensation, rapport d'essai n°B 16 0905-E du MPA Darmstadt du 19 août 2016.
- Essai suivant EN 12543-4 exposition aux UV (2000h), rapport d'essai n°892111003-01-rev.1 de TÜV Rheinland du 20 septembre 2017.
- Essai de caractérisation mécanique sur composant feuilleté extérieur témoin et après vieillissement artificiel WOM pendant 4000h (Rapport d'essai CSTB BV18-1209 du 6 septembre 2018).
- Essai dit de bake-test (48h à 100°C+1h à 110°C+1h à 120°C+1h à 130°C+1h à 140°C), rapport d'essai n°BV18-0756 du CSTB du 12 juillet 2018.
- Essai de compatibilité verre à couche avec Dowsil 3363. Rapport d'essai BEB7.1.0040 du 10 septembre 2018 du CEBTP.
- Essais de compatibilité (suivant ASTM 1087) de Dow Corning entre composants et mastic de scellement DC 3363.
- Mesures spectrophotométriques, rapport d'essai EMI 17-26070794-1 du 3 décembre 2018.
- Essai d'exposition à des cycles de température des espaceurs Chromatech peints en noir. Rapport d'essai CSTB DBV-2026086368 du 31 mars 2021.
- Essai d'exposition 3000h WOM avec mesures colorimétriques, cotation par échelle des gris et caractérisation de l'adhérence sur espaceur Chromatech peints en noir. Rapport d'essai n°20-26086367 du 20 avril 2021.
- Essai de fogging suivant EN 1279-6:2004 avec espaceur Chromatech peint en noir, rapport 124340/REV001 du SSV du 26 juin 2015.
- Essai de fogging sur vitrages SageGlass suivant EN 1279-6:2004 avec espaceur Chromatech peint en noir. Rapport d'essai du CEBTP n°BEB7-L-0018 V2 de mai 2021.
- Essais de pénétration d'humidité avec mesures de gaz suivant DTU39 P1-2 168 cycles avec UV et vérification du fonctionnement et de l'homogénéité de la couche électrochrome avant et après vieillissement, sur vitrages SageGlass avec espaceurs Chromatech peints en noir, rapport d'essai CSTB n°DBV21-26086366 de 2021.

- Essais de pénétration d'humidité avec mesures de gaz suivant DTU39 P1-2 168 cycles sans UV et vérification du fonctionnement et de l'homogénéité de la couche électrochrome avant et après vieillissement, sur vitrages SageGlass, rapport d'essai CSTB n°DBV24-30440.

2.9.2. Références chantiers

Les vitrages SageGlass® sont commercialisés en France depuis 2012.

Liste de projets France de référence :

- 2015 : Esprit Sagan, Paris, 621 m² - ATEEx 2063 (type B).
- 2015 : TIPEE, Lagord, 99 m².
- 2016 : INPI, Courbevoie, 970 m².
- 2016 : La Bérangerie, Pantin, 111 m².
- 2015 : Café Delorme, Paris, 332 m².
- 2016 : Lycée Sainte Catherine, Le Mans, 170 m².
- 2016 : Vitor, Bonneville, 153 m².
- 2017 : Ubisoft, Villeurbanne, 120 m².
- 2018 : Lodève Gambetta, Avignon, 110 m².
- 2019 : X-PÔLE, Grenoble, 413 m² - ATEEx 2556 (type B).
- 2019 : Tour Saint-Gobain – Espace Plein Ciel, 307m² - ATEEx 2650 (type B).
- 2019 : Tour Saint-Gobain – Salle du Conseil, 140 m².
- 2019 : SCI THIERALP, Bonneville (73), 100 m².
- 2019-2021 : EHPAD Le Chasseur, Saint Genest Lerpt, 350m².
- 2019 : INTERXION, Marseille, 400m².
- 2020 : Campus Voyage Privé, Aix-en-Provence, 800m².
- 2020 : COVIVIO, Paris, 450m².
- 2021 : Metal 57, Boulogne-Billancourt, 1500m².
- 2021 : AG2R La Mondiale, Toulouse, 300m².
- 2021 : ARCHIPEL, Nanterre, 500m² (Harmony).
- 2022 : Port Vauban, Antibes, 400m².
- 2022 : Atrium Creative Office, Narbonne, 150m².
- 2023 : Smart Campus, Bordeaux, 370m².
- 2024 : CATRAN, Vitry-Sur-Sein, 100m².

2.10. Tableaux, figures et annexes du Dossier Technique

Tableau 1 – caractéristiques optiques et énergétiques du composant verrier extérieur - verre support (« support lite ») en verre clair ou teinté. L'indice 1 désigne la face 1, l'indice 2 désigne la face 2 du composant feuilleté.

A l'état clair									
Vitrage extérieur	Tl	RI1	RI2	Re1	Re2	Te	Ae1	Emn1	Emn2
Verre 3.9mm + Verre EC 2,2mm + SGP + SR2.0	68	12	8	13	13	42	44	89	14
Verre 4.7mm + Verre EC 2,2mm + SGP + SR2.0	68	12	8	13	13	42	45	89	14
Verre 5.7mm Blue + Verre EC 2,2mm + SGP	45	5	3	6	10	27	67	89	14
Verre 5.7mm Gray + Verre EC 2,2mm + SGP	51	5	3	6	11	30	64	89	14
Verre 5.7mm Green + Verre EC 2,2mm + SGP	55	5	4	5	11	23	72	89	14
Verre 5.7mm + Verre EC 2,2mm + SGP + SR2.0	68	12	8	13	13	42	45	89	14
Verre 8mm + Verre EC 2,2mm + SGP + SR2.0	67	12	8	12	12	40	48	89	14
Verre 10mm + Verre EC 2,2mm + SGP + SR2.0	66	12	8	12	12	39	49	89	14
Verre 12mm + Verre EC 2,2mm + SGP + SR2.0	65	12	8	11	13	38	52	89	14
Etat de teinte intermédiaire : faible									
Vitrage extérieur	Tl	RI1	RI2	Re1	Re2	Te	Ae1	Emn1	Emn2
Verre 3.9mm + Verre EC 2,2mm + SGP + SR2.0	20	10	2	10	9	9	81	89	14
Verre 4.7mm + Verre EC 2,2mm + SGP + SR2.0	18	11	2	11	9	8	80	89	14
Verre 5.7mm Blue + Verre EC 2,2mm + SGP	17	5	1	5	9	8	87	89	14
Verre 5.7mm Gray + Verre EC 2,2mm + SGP	17	5	1	6	9	8	87	89	14
Verre 5.7mm Green + Verre EC 2,2mm + SGP	16	5	1	5	10	7	89	89	14
Verre 5.7mm + Verre EC 2,2mm + SGP + SR2.0	18	11	2	11	9	8	80	89	14
Verre 8mm + Verre EC 2,2mm + SGP + SR2.0	18	11	2	11	9	8	81	89	14
Verre 10mm + Verre EC 2,2mm + SGP + SR2.0	18	11	2	10	9	8	82	89	14
Verre 12mm + Verre EC 2,2mm + SGP + SR2.0	18	11	2	10	9	8	82	89	14

Etat de teinte intermédiaire : fort									
Vitrage extérieur	TI	RI1	RI2	Re1	Re2	Te	Ae1	Emn1	Emn2
Verre 3.9mm + Verre EC 2,2mm + SGP + SR2.0	6	10	1	10	8	3	87	89	14
Verre 4.7mm + Verre EC 2,2mm + SGP + SR2.0	5	11	1	11	6	3	86	89	14
Verre 5.7mm Blue + Verre EC 2,2mm + SGP	8	5	1	5	9	4	91	89	14
Verre 5.7mm Gray + Verre EC 2,2mm + SGP	7	5	1	6	9	3	91	89	14
Verre 5.7mm Green + Verre EC 2,2mm + SGP	8	5	1	4	8	3	92	89	14
Verre 5.7mm + Verre EC 2,2mm + SGP + SR2.0	5	11	1	11	6	3	86	89	14
Verre 8mm + Verre EC 2,2mm + SGP + SR2.0	5	11	1	11	6	3	87	89	14
Verre 10mm + Verre EC 2,2mm + SGP + SR2.0	5	11	1	10	6	2	87	89	14
Verre 12mm + Verre EC 2,2mm + SGP + SR2.0	5	11	1	10	6	2	88	89	14
Etat le plus teinté									
Vitrage extérieur	TI	RI1	RI2	Re1	Re2	Te	Ae1	Emn1	Emn2
Verre 3.9mm + Verre EC 2,2mm + SGP + SR2.0	1	11	1	8	10	1	88	89	14
Verre 4.7mm + Verre EC 2,2mm + SGP + SR2.0	1	11	2	12	9	1	88	89	14
Verre 5.7mm Blue + Verre EC 2,2mm + SGP	1	5	1	5	9	0	94	89	14
Verre 5.7mm Gray + Verre EC 2,2mm + SGP	1	5	1	6	10	0	94	89	14
Verre 5.7mm Green + Verre EC 2,2mm + SGP	1	5	1	5	8	0	95	89	14
Verre 5.7mm + Verre EC 2,2mm + SGP + SR2.0	1	11	2	11	9	1	88	89	14
Verre 8mm + Verre EC 2,2mm + SGP + SR2.0	1	11	2	11	9	1	89	89	14
Verre 10mm + Verre EC 2,2mm + SGP + SR2.0	1	11	2	10	9	1	89	89	14
Verre 12mm + Verre EC 2,2mm + SGP + SR2.0	1	11	2	10	9	1	90	89	14

Tableau 2 – caractéristiques optiques et énergétiques des verres LoE-180 Cardinal. L'indice 1 désigne la face 1, l'indice 2 désigne la face 2 du composant.

Exemples de verres intérieurs									
Verre intérieur	TI	RI1	RI2	Re1	Re2	Te	Ae1	Emn1	Emn2
3,9mm + LoE-180	86,8	7,8	9,1	17,3	14,6	68,5	14,2	7	89
4,7mm + LoE-180	86,3	7,7	9	17,2	14,2	67,5	15,3	7	89
5,7mm + LoE-180	85,7	7,7	9	17,1	13,5	65,8	17,1	7	89
44.4 + LoE-180	84,2	7,6	8,9	16,8	9,3	58,4	24,8	7	89
55.4 + LoE-180	83,4	7,4	8,6	16,6	8,9	57	26,4	7	89
66.4 + LoE-180	82,3	7,4	8,6	16,6	8,5	54,4	29	7	89

Tableau 3 – caractéristiques optiques et énergétiques d'un vitrage isolant SageGlass (exemples).

Etat de teinte	Verre extérieur ou « support lite » – épaisseur nominale en mm	Lame de gaz	Verre intérieur ou « cover lite »	Ug	g	Tl %	RI1 %	RI2 %	Re1 %	Re2 %	Te %
Clair	3,9	12mm Kr 85%	5,7mm + LowE- 180	1,1	0,4	59	16	15	15	19	34
Faible				1,1	0,12	17	10	10	10	17	8
Fort				1,1	0,06	6	10	10	10	17	2
Max				1,1	0,05	1	11	10	11	17	0
Clair	5,7	12mm Kr 85%	66.4 + LowE-180	1,1	0,4	56	16	14	15	12	29
Faible				1,1	0,11	15	12	10	11	10	6
Fort				1,1	0,06	5	11	9	11	9	2
Max				1,1	0,05	1	11	10	11	10	0

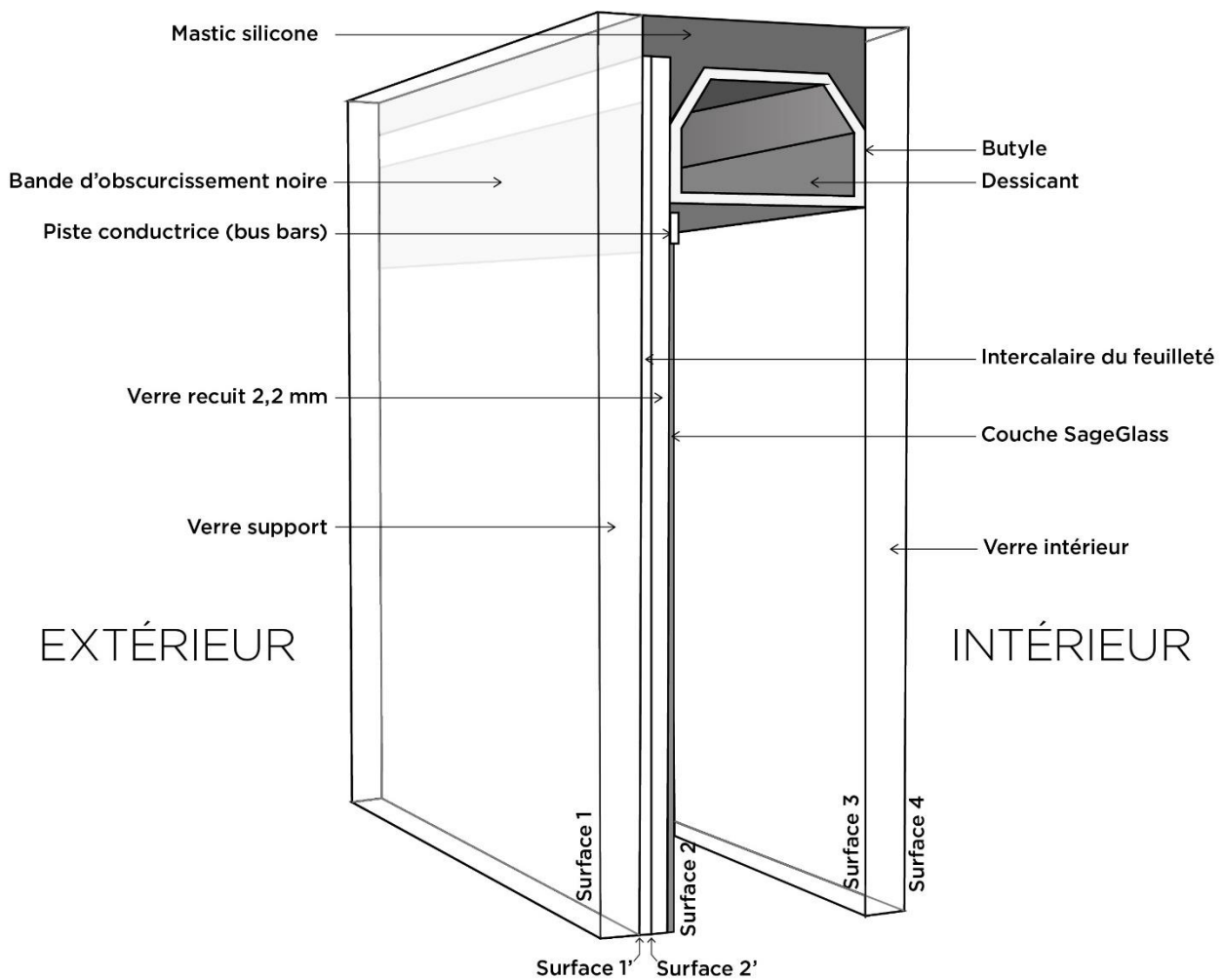
Figure 1 – Représentation schématique de vitrages isolants SageGlass

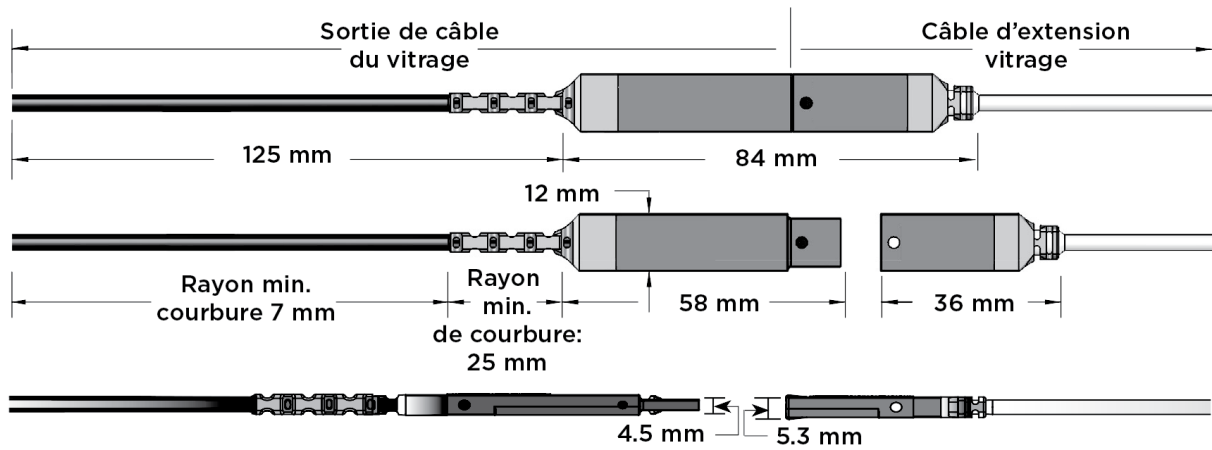
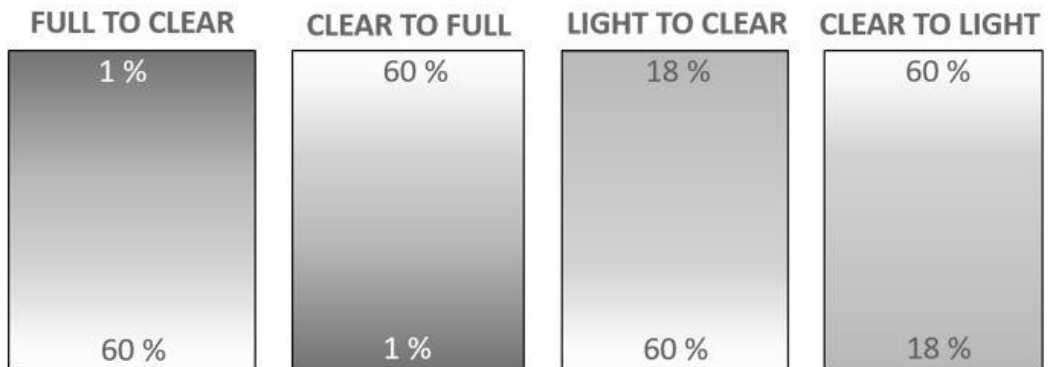
Figure 2 – Câble vitrage (« pigtail »)**Figure 3 – Représentation schématique de la fonction Harmony****Fonction Harmony**

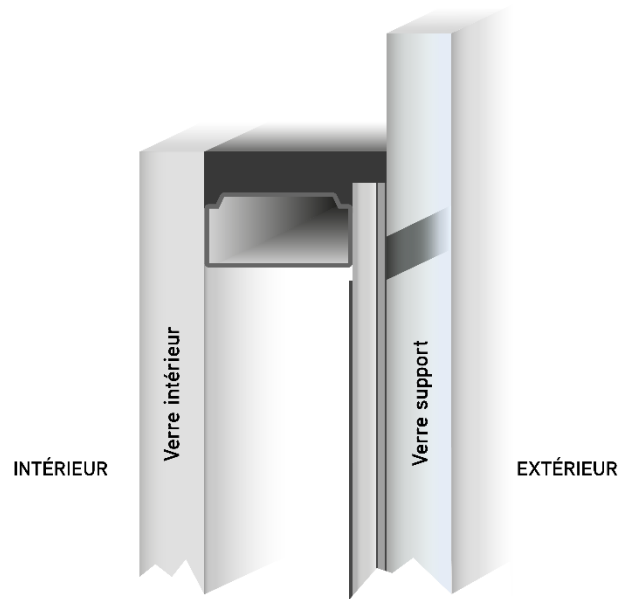
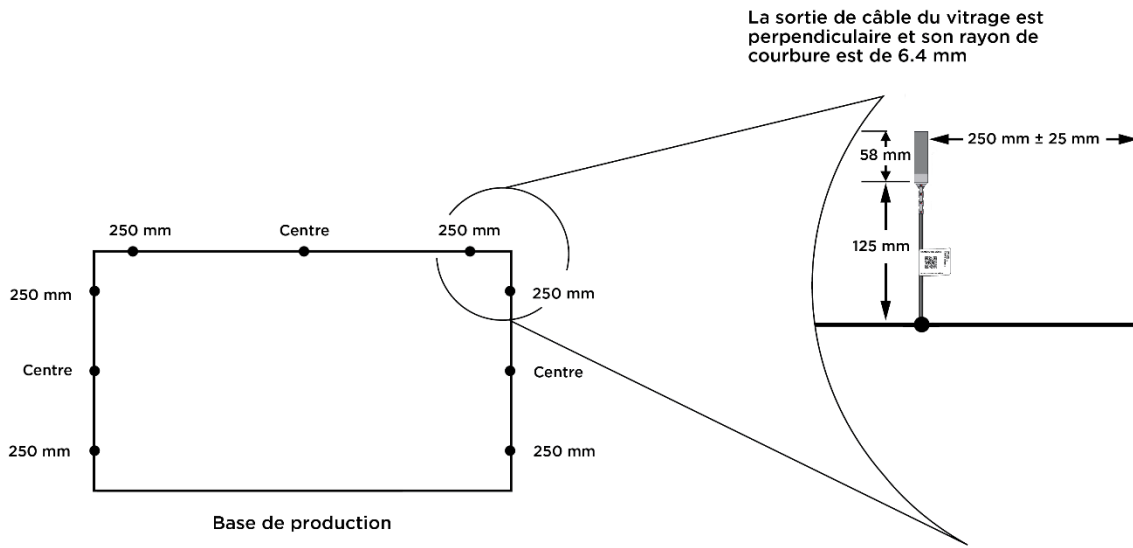
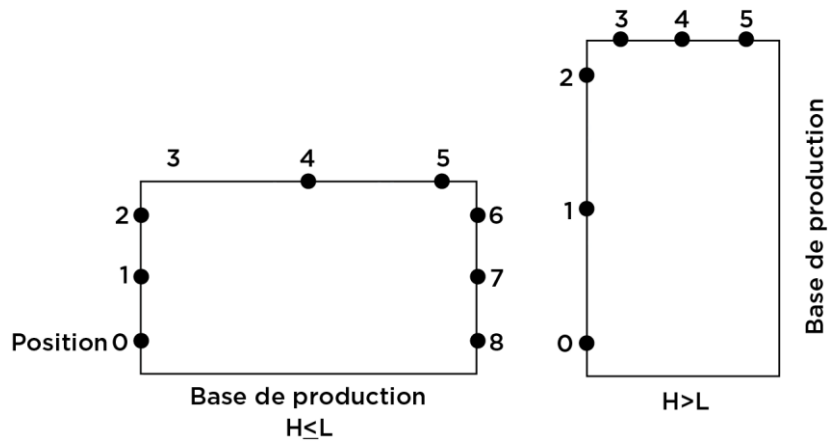
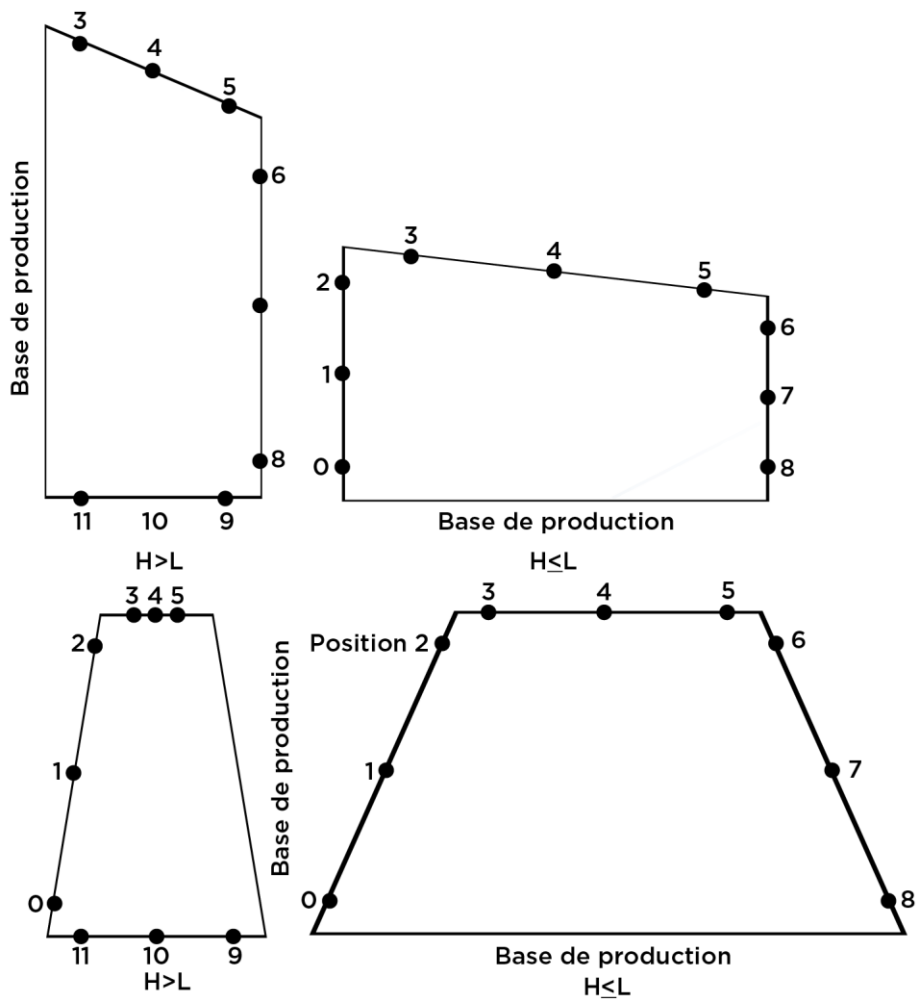
Figure 4 – Vitrage à bords décalés (principe)**Figure 5 – Représentation des positions de sortie des câbles vitrages (principe)**

Figure 6 – Sortie du câble vitrage (vitrages rectangulaires et formes spécifiques)

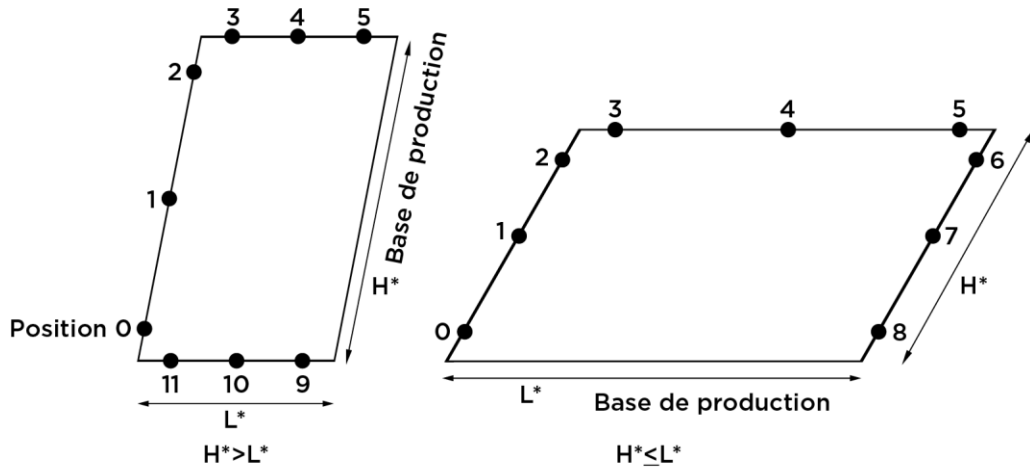
- Cas des vitrages de forme rectangulaire :



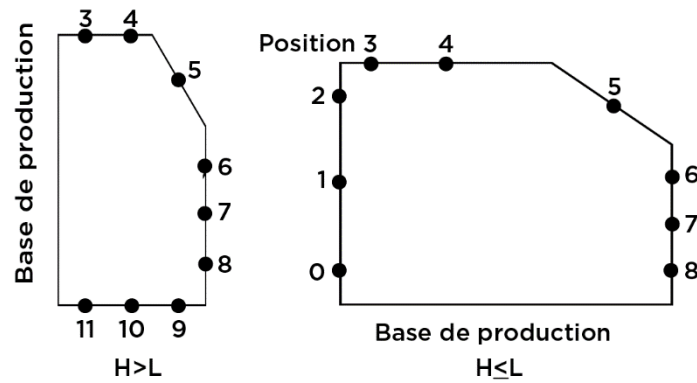
- Cas des vitrages de forme trapézoïdale :



- Cas de vitrages de forme parallélogramme :



- Cas de pentagones droits :



- Cas de vitrages de forme triangulaire :

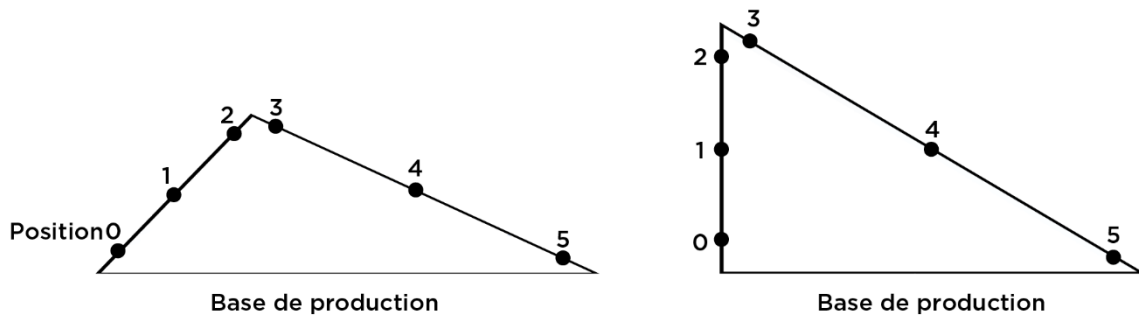


Figure 7 – Marquage présent sur les vitrages

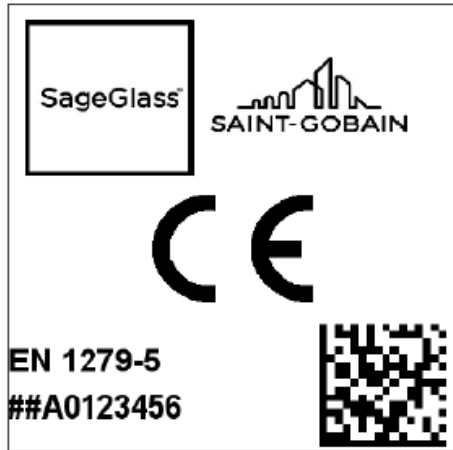
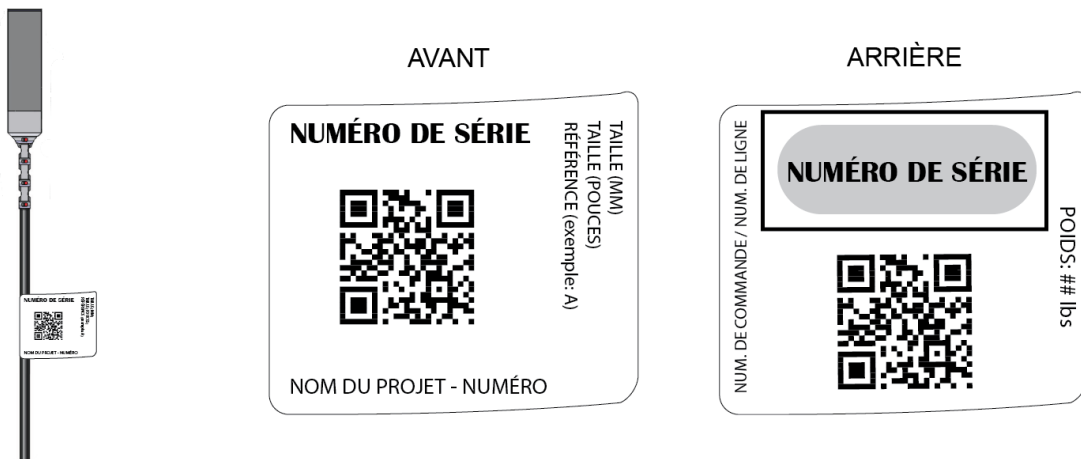


Figure 8 – Étiquetage du câble de sortie



ANNEXE 1

Contrôles de réception par la société SAGE ELECTROCHROMICS

Pour chaque matière première (espaceur, butyle, silicone, déshydratant, intercalaire SentryGlas, composants électriques, matériaux de soudure, matériau des bus-bars, matériaux nécessaires à la fabrication de la couche électrochrome, encre et primaire utilisés pour la réalisation de la bande d'obscurcissement), il est réalisé les contrôles suivants :

- identification du produit et de la livraison (conformité à la commande),
- état de l'emballage (pas de dégradation),
- contrôle visuel,
- vérification des certificats de contrôles faits par les fabricants.

Les produits verriers (avec couche ou non) sont contrôlés par vérification de la conformité de l'étiquetage à la commande avec enregistrement.

Les contrôles de réception prévus par la norme EN 1279-6 concernant l'adhérence sur espaceur et verre sont considérés comme étant réalisés en cours de production par le test papillon.

Les contrôles de réception sont enregistrés.

Paramètres contrôlés	Documents de référence	Méthode	Fréquence
VERRE			
Emballage, étiquette, identification (type, dimensions, épaisseur), caractéristiques	Documents d'expédition, étiquette du colis, documents de référence internes	Contrôle visuel	Chaque livraison
ESPACEUR			
Emballage, étiquette, rectitude, Dimensions, forme, état de surface, contenu volatil	Documents d'expédition, étiquette d'emballage, spécification fournisseur	Contrôle visuel (contrôle spécifique pour les composés organiques volatils)	Chaque livraison
DESHYDRATANT			
Emballage, étiquette, activité	Documents d'expédition, étiquette du colis	Contrôle visuel (contrôle spécifique pour l'activité du déshydratant)	Chaque livraison
DEUXIEME BARRIERE D'ETANCHEITE			
Emballage, étiquette, durée de conservation (date de péremption), adhésion sur le verre et l'espaceur, dureté, contenu volatil	Documents d'expédition, étiquette d'emballage, spécification du fournisseur et certificat d'authenticité	Contrôle visuel	Chaque livraison
PREMIERE BARRIERE D'ETANCHEITE			
Emballage, étiquette, pénétration, adhésion, fluage, perméabilité, contenu volatil	Documents d'expédition, étiquette d'emballage, spécification du fournisseur et certificat d'authenticité	Contrôle visuel	Chaque livraison
MATERIAUX DE FABRICATION DIVERS			
Fils, ruban PIB, adhésifs / ruban adhésif, soudure, connecteur, connecteur flexible (emballage et étiquette)	Documents d'expédition, étiquette du colis	Contrôle visuel	Chaque livraison /lot
GAZ			
Gaz ou mélange gazeux	Documents d'expédition, étiquette du colis	Contrôle visuel	Chaque livraison /lot
VERRE EXTERIEUR (SUPPORT LITE) ET VERRE INTERIEUR CORRESPONDANT (COVER LITE)			
Type de verre, Epaisseur, Logo, Qualité de coupe, Dimensions, Précision	Documents d'expédition, étiquette du colis, documents de référence internes	Contrôle visuel	Chaque livraison, chaque pièce
Intercalaire SentryGlas®	Documents d'expédition, étiquette du colis, documents de référence internes	Contrôle visuel	Chaque livraison,
LoE-180 (Cardinal) - émissivité	Plan de contrôle et procédures internes	Mesure d'émissivité 0,07 ± 0.02	1 fois par mois

ANNEXE 2

Contrôles principaux en cours de production par la société SAGE ELECTROCHROMICS

Paramètres contrôlés	Documents de référence	Méthode	Fréquence
FABRICATION DU VERRE ELECTROCHROME (DEVICE LITE)			
Paramètres process (vide, températures, tensions)	Plan de contrôle et procédures internes	Mesures	En continu
Propriétés électriques et optiques en cours de fabrication	Plan de contrôle et procédures internes	Mesures	En continu
Gravures laser	Plan de contrôle et procédure interne	Microscope	1 fois par poste
Pistes conductrices (position, adhésion, épaisseur, conductivité)	Plan de contrôle et procédures internes	Mesures de conductivité Test d'adhésion	1 fois par campagne (motherboard)
Qualité de découpe	Plan de contrôle et procédures internes	Contrôle visuel Essai de flexion 4 points ≥ 70 MPa	100% 1 fois par jour
Vérifications électriques et optiques sur verre électrochrome fini	Plan de contrôle et procédures internes	Mesures électriques et visualisation	1 fois par heure
Verre électrochrome - émissivité	Plan de contrôle et procédures internes	Mesure électrique Mesure d'émissivité $0,14 \pm 0,02$	En continu 1 fois par campagne
FABRICATION DU COMPOSANT FEUILLETE SENTRYGLAS			
Composants verriers : Qualité de l'eau, correspondance des verres, propreté des verres, résidu de lubrifiant de coupe	Documents de référence internes	Mesure de conductivité $\leq 10 \mu S$, Contrôle visuel	Journalier, au démarrage de chaque poste
Paramètres process assemblage, dégazage et autoclave	Documents de référence internes DTA SentryGlas (6/15-2253)	Mesures	En continu
Bake test (2h + 14h à 100°C + 1h à 145°C)	Document de référence interne	Visuel	1 fois par jour
Test Pummel	Document de référence interne	Visuel	1 fois par jour
ESPACEUR			
Dimensions du cadre espaceur, fermeture des trous de remplissage de déshydratant, qualité de pliage, contamination, joint principal, positionnement du cadre sur le verre	Documents de référence internes, spécifications de production, diagramme SPC	Mesure, visuel, jauge pré-réglée	1ère pièce de chaque dimension unique, une fois par poste
DESHYDRATANT			
Taux de remplissage, activité	Documents de référence internes et spécification fournisseur	Test ΔT , ratio de masse cadre vide/cadre plein	Chaque jour, chaque conditionnement, 1 cadre pour chaque espaceur et par poste
BUTYL			
Continuité, contamination et quantité	Description du système, documents de référence internes Poids de butyl	Contrôle visuel, Mesure poids de butyl	Inspection continue sur la chaîne de production Mesure 1 fois par poste

MASTIC SILICONE			
Rapport de mélange	Documents de référence internes, spécification fournisseur	Mesure	1 fois par poste
Dureté	Documents de référence internes, spécification fournisseur	Mesure dureté shore	1 fois par poste
Adhésion sur espaceur et sur verre	Documents de référence internes	Test papillon	1 fois par poste
PRESSE			
Epaisseur et uniformité du cordon de butyl	Diagramme SPC	Mesure aux 4 angles et au centre des côtés	1 fois par poste
GAZ			
Fonctionnement du système de remplissage	Manuel d'équipement, Documents de référence internes	Contrôle visuel	2 fois par poste
SOUDURES ET POSITIONNEMENT CONNECTEURS ET PIGTAIL			
Tenue du fil	Documents de référence internes	Contrôle visuel	2 fois par jour
Process de soudure	Documents de référence internes	Soudure sur busbar : photo Soudure du Pigtail : contrôle visuel	100% 5 fois par poste
Positionnement composants	Plan de fabrication	Contrôle visuel	1 fois par poste

A N N E X E 3

Contrôles principaux sur vitrages finis par la société SAGEGLASS ELECTROCHROMICS

Paramètres contrôlés	Documents de référence	Méthode	Fréquence
VITRAGE ISOLANT			
Butyl : dimensions, continuité du butyl	Description du système et documents de référence internes	Contrôle visuel et mesure	Suivant plan d'inspection qualité
Mastic de scellement silicone : hauteur de mastic, continuité	Description du système et documents de référence internes	Contrôle visuel et mesures	Suivant plan d'inspection qualité
Composants verriers	Documents produit, spécification, commande, étiquettes	Contrôle visuel	Suivant plan d'inspection qualité
Remplissage gaz	Description du système et documents de référence internes	Mesure ($\geq 85\%$)	Suivant plan d'inspection qualité
Dimensions	Plan de fabrication et tolérances internes	Mesures	Suivant plan d'inspection qualité
PERFORMANCES OPTIQUES ET ENERGETIQUES			
Défauts ponctuels et homogénéité	Spécifications internes et ASL 036 pinholes $\leq 1,5$ ou 2 mm	Visuel + mesures	100 %
Propriétés électriques et optiques de la couche : Transmission lumineuse à l'état intermédiaire (delta L*)	Spécifications internes – « TES-150 Variable tint testing »	Mesure au luxmètre manuel sur table lumineuse	Toutes les heures
Propriétés électriques et optiques de la couche : Réflexion lumineuse à l'état clair	Spécifications internes	Spectrophotomètre portable Minolta	1 fois par poste
<p>Nota : Par ailleurs, il est réalisé :</p> <ul style="list-style-type: none"> - un essai d'exposition en étuve haute humidité (58°C et 95%HR) pendant 21 jours, tous les mois au minimum, sur un vitrage SageGlass de dimensions 352 x 502 mm, 8+0.89+2.2/12Kr or Ar/10LoE-180 (critère : indice I $\leq 0,05$). 			