

Guide pratique Fenêtres dans la zone 20-50 mbar

Effets de surpression, diagnostic et mesures de renforcement



20-50

INERIS

maîtriser le risque
pour un développement durable

Préambule

Le présent rapport a été établi sur la base des informations fournies à l'INERIS, des données (scientifiques ou techniques) disponibles et objectives et de la réglementation en vigueur.

La responsabilité de l'INERIS ne pourra être engagée si les informations qui lui ont été communiquées sont incomplètes ou erronées.

Les avis, recommandations, préconisations ou équivalent qui seraient portés par l'INERIS dans le cadre des prestations qui lui sont confiées, peuvent aider à la prise de décision. Étant donné la mission qui incombe à l'INERIS de par son décret de création, l'INERIS n'intervient pas dans la prise de décision proprement dite. La responsabilité de l'INERIS ne peut donc se substituer à celle du décideur. Le destinataire utilisera les résultats inclus dans le présent rapport intégralement ou sinon de manière objective. Son utilisation sous forme d'extraits ou de notes de synthèse sera faite sous la seule et entière responsabilité du destinataire. Il en est de même pour toute modification qui y serait apportée.

L'INERIS dégage toute responsabilité pour chaque utilisation du rapport en dehors de la destination de la prestation.

Participants au guide

Rédacteur

Benjamin LE-ROUX - Ingénieur Unité Résistance des Structures, Direction des Risques Accidentels, INERIS

Relecteurs

- Mathieu REIMERINGER - responsable unité résistance des structures, Direction des Risques Accidentels, INERIS
- Emmanuel LEPRETTE - ingénieur explosion dispersion, Direction des Risques Accidentels, INERIS
- Guillaume CHANTELAUVE -délégué adjoint appui à l'administration, Direction des Risques Accidentels, INERIS

Vérificateur

Marie - Astrid SOENEN, déléguée appui à l'administration, Direction des Risques Accidentels, INERIS

Approbateur

Bernard PIQUETTE, directeur adjoint des risques accidentels, Direction des Risques Accidentels, INERIS

L'INERIS en bref

L'INERIS, Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques, est un Établissement Public à caractère Industriel et Commercial placé sous la tutelle du Ministère français en charge du Développement durable.

L'institut a pour mission de réaliser ou de faire réaliser des études et des recherches permettant de prévenir les risques que les activités économiques font peser sur la santé, la sécurité des personnes et des biens ainsi que sur l'environnement, et de fournir toute prestation destinée à faciliter l'adaptation des entreprises à cet objectif.

Ce document comporte 48 pages, hors couverture et quatrième de couverture.

- 4 Introduction**
prescriptions et recommandations du PPRT, utilisateurs du présent document, contenu du guide

- 6 Modes de construction et typologie des fenêtres en France**
 - 7 *éléments constituant une fenêtre*
 - 8 *principaux modes d'ouverture*
 - 9 *principaux types de pose*
 - 10 *principaux types de vitrage*
 - 11 *principaux types de verre*
 - 12 *les films de sécurité anti-explosion*

- 16 Éléments pratiques pour protéger les fenêtres**
 - 17 *introduction*
 - 17 *dimensions des panneaux vitrés*
 - 28 *règles simples à respecter sur les châssis et les systèmes de fermeture*
 - 31 *fixation de la fenêtre dans le mur*

- 36 Exemple d'application pour les bâtiments existants**
protection offerte par un des types de fenêtres les plus couramment rencontrés

- 39 Références**
rapports, compléments techniques, guides

- 40 Annexe**
orientation des façades d'un bâtiment par rapport au centre d'explosion : attribution des numéros de face

Table des figures

Figure	P.
Figure 1 : dormant et ouvrants d'une fenêtre à ouverture à la française	7
Figure 2 : paumelles, châssis mobile, parcloses et panneaux vitrés d'une fenêtre	7
Figure 3 : illustration d'un système de fermeture à crémone avec sortie de tringle	8
Figure 4 : les principaux types d'ouverture des fenêtres en France	8
Figure 5 : schéma de la pose en feuillure	9
Figure 6 : schéma de la pose en tunnel	9
Figure 7 : schéma d'une pose en applique	10
Figure 8 : schéma d'un vitrage simple feuilleté de type 44.2 (à gauche) et 666.4 (à droite)	11
Figure 9 : schéma d'un vitrage isolant double de type 4/16/4 (à gauche) et 44.2/12/4 (à droite)	11
Figure 10 : fixation du film par simple adhérence	13
Figure 11 : fixation chimique du film	13
Figure 12 : fixation mécanique du film	14
Figure 13 : types de vitrages étudiés	18
Figure 14 : illustration des dimensions L et l d'un panneau vitré	18
Figure 15 : signaux de surpression typiques	18
Figure 16 : orientation des façades du bâtiment par rapport au centre de l'explosion	19
Figure 17 : largeur maximale (l) d'un panneau vitré isolant double 4/16/4 en fonction de la nature de l'explosion, de la zone dans laquelle se trouve le bâtiment, de la face du bâtiment considérée et du rapport L/l	20
Figure 18 : configuration admissibles des panneaux vitrés de type 4/16/4 de dimensions 0.6 m x 1.1 m de fenêtres à ouverture à la française à 2 vantaux de dimensions hors tout standards : l = 1.40 m et L = 1.25 m	21
Figure 19 : largeur maximale (l) d'un panneau vitré isolant double 44.2/12/4 (en fonction de : nature de l'explosion, zone dans laquelle se trouve le bâtiment, face du bâtiment considérée et rapport L/l)	22
Figure 20 : largeur maximale (l) d'un panneau vitré isolant double 4/12/44.2 (en fonction de : nature de l'explosion, zone dans laquelle se trouve le bâtiment, face du bâtiment considérée et rapport L/l)	23
Figure 21 : largeur maximale (l) d'un panneau vitré isolant double 44.2/8/44.2 (en fonction de : nature de l'explosion, zone dans laquelle se trouve le bâtiment, face du bâtiment considérée et rapport L/l)	24
Figure 22 : largeur maximale (l) d'un panneau vitré isolant double 8/8/8 en verre trempé (en fonction de : nature de l'explosion, zone dans laquelle se trouve le bâtiment, face du bâtiment considérée et rapport L/l)	25
Figure 23 : largeur maximale (l) d'un panneau vitré muni d'un vitrage simple monolithique recuit de 4mm avec film de sécurité en fonction de la nature de l'explosion, de la zone dans laquelle se trouve le bâtiment, de la face du bâtiment considérée et du rapport L/l	26
Figure 24 : largeur maximale (l) d'un panneau vitré isolant double 4/16/4 avec film de sécurité (en fonction de : nature de l'explosion, zone dans laquelle se trouve le bâtiment, face du bâtiment considérée et rapport L/l)	27
Figure 25 : exemple pour une fenêtre à ouverture à la française à deux vantaux de dimensions tableaux h=1.25 m x l = 1.40 m	29
Figure 26 : système de fermeture classique à crémone 3 points avec sortie de tringle (sans renvoi d'angle) d'une fenêtre à ouverture à la française	29
Figure 27 : disposition des fixations principales pour les fenêtres à ouverture à la française à deux vantaux munies d'un système de fermeture à sortie de tringle en face 1 à 4 d'une construction dans la zone 20-50	33
Figure 28 : disposition des fixations principales pour les fenêtres à ouverture à la française avec système de fermeture à renvoi d'angle en face 1 à 4 d'une construction dans la zone 20-50	34
Figure 29 : exemple de disposition des fixations pour une fenêtre à ouverture à la française de dimensions largeur = 1.40 m, hauteur = 1.25 m en face 1 d'une construction dans la zone 35-50	34
Figure 30 : exemple de disposition des fixations pour une fenêtre à ouverture à la française de dimensions largeur = 1.40 m, hauteur = 1.25 m en face 2, 3 et 4 d'une construction dans la zone 35-50 ou en face 1 à 4 d'une construction dans la zone 20-35	35
Figure 31 : tableau de la vulnérabilité dans la zone 20-50 mbar d'une fenêtre à ouverture à la française à deux vantaux de dimensions h=1.25 m x l=1.40 m munie de panneaux vitrés de type 4/16/4 et d'un système de fermeture 3 points avec sortie de tringle	37
Figure 32 : orientation des façades du bâtiment par rapport au centre de l'explosion	41

Introduction

Phénomène dangereux

Un phénomène dangereux correspond à une libération d'énergie (thermique par exemple) ou de substance (gaz toxique par exemple) produisant des effets susceptibles d'infliger un dommage à des enjeux vulnérables (vivants ou matériels).

Par analogie, un phénomène dangereux associé au risque naturel est la crue. Une « inondation » peut être vue comme l'effet dû au phénomène dangereux « crue » qui possède un caractère récurrent (décennale, centennale...) et une intensité (hauteur, durée, vitesse).

Onde de surpression

C'est une onde de pression dans l'air provoquée par une explosion. Celle-ci peut être par exemple causée par un explosif, par une réaction chimique, une combustion violente, ou suite à la décompression brutale d'un gaz sous pression.

PPRT

Le PPRT correspond à la mise en oeuvre du volet « maîtrise de l'urbanisation » de la politique de prévention du risque industriel autour des sites SEVESO AS.

Aléa technologique

Il désigne la probabilité qu'un phénomène dangereux produise en un point donné du territoire, des effets d'une intensité physique définie.

Enjeux

Les enjeux sont les personnes, biens, activités, éléments du patrimoine culturel ou environnemental, menacés par un aléa ou susceptibles d'être affectés ou endommagés par celui-ci.

Vulnérabilité

La vulnérabilité est la sensibilité plus ou moins forte d'un enjeu à un aléa donné, c'est-à-dire l'ampleur des dommages que l'enjeu est susceptible de subir.

Domaine d'application

Dans le cas où un établissement à risques est à l'origine de phénomène dangereux d'explosion conduisant dans son environnement à des ondes de surpression d'intensité 20 à 50 mbar, le règlement du Plan de Prévention des Risques Technologiques (PPRT) prescrit ou recommande, dans cette zone, la tenue des fenêtres standards des maisons individuelles ou bâtiments d'activité situés dans cette zone.

Ce document est à destination des maîtres d'ouvrage, maîtres d'œuvre et professionnels de la construction. Il a pour objectif de les aider à mieux appréhender les demandes de travaux faites par les propriétaires dans le cadre de la mise en oeuvre des prescriptions d'objectif de performance ou des recommandations du règlement du PPRT.

Il propose des éléments pratiques simples permettant de protéger les fenêtres des bâtis actuels ou futurs et ainsi garantir une protection efficace des personnes situées à l'intérieur des habitations dans la zone des effets de surpression d'intensité 20-50 mbar. Les mesures constructives proposées sont choisies pour être les moins onéreuses possibles.

Élaboré par l'INERIS, il se fonde sur des travaux tant théoriques que pratiques et complète un certain nombre de documents référencés en dernière page du présent rapport (références [1], [2], [3] et [4], p39). Il présente :

- Les principaux **modes de construction** des fenêtres en France [Chap. « modes de construction et typologie des fenêtres en France » p5] ;
- Des éléments pratiques pour garantir la **tenue des fenêtres** dans la zone des effets de surpression d'intensité 20-50 mbar [Chap. 3 « éléments pratiques pour protéger les fenêtres » p16], afférents :
 - à la *nature* et aux *dimensions* des panneaux vitrés [Chap. « dimensions des panneaux vitrés » p17] ;
 - à la *nature du châssis*, au *système de fermeture* et au mode de pose de la fenêtre [Chap. « règles simples à respecter sur les châssis... » p28] ;
 - au *mode de fixation* de la fenêtre dans le mur [Chap. 3.4 « fixation de la fenêtre dans le mur » p 31].
- Un **exemple d'application** dressant la protection offerte par un des types de fenêtres les plus couramment rencontrés dans l'habitat français.



Modes de construction

Typologie des fenêtres en France

Modes de construction

Typologie des fenêtres en France

Éléments constituant une fenêtre

Une fenêtre est typiquement constituée des éléments suivants :

- ❑ le **dormant** : encadrement fixe de la fenêtre fixé au mur et sur lequel sont fixés les vantaux (cadre ouvrant) de la fenêtre ; Le dormant est aussi appelé le fixe, le bâti, ou le châssis dormant ;
- ❑ le **cadre ouvrant** : partie mobile de la fenêtre qui s'articule autour de paumelles ou gonds ; l'ouvrant est encore appelé le battant ou le vantail.



Figure 1 : dormant et ouvrants d'une fenêtre à ouverture à la française

- ❑ les **paumelles** : organes constituées de 2 pièces métalliques mobiles qui assurent la fixation du battant sur le dormant en permettant la rotation du battant ;
- ❑ le **vitrage** proprement dit, encore appelé « **panneau vitré** » ;
- ❑ le **châssis mobile** : assemblage de montants (parties verticales) et de traverses (parties horizontales) qui encadre et maintient le vitrage ;
- ❑ les **parcloses** : pièces de petite section servant au maintien des vitrages ;

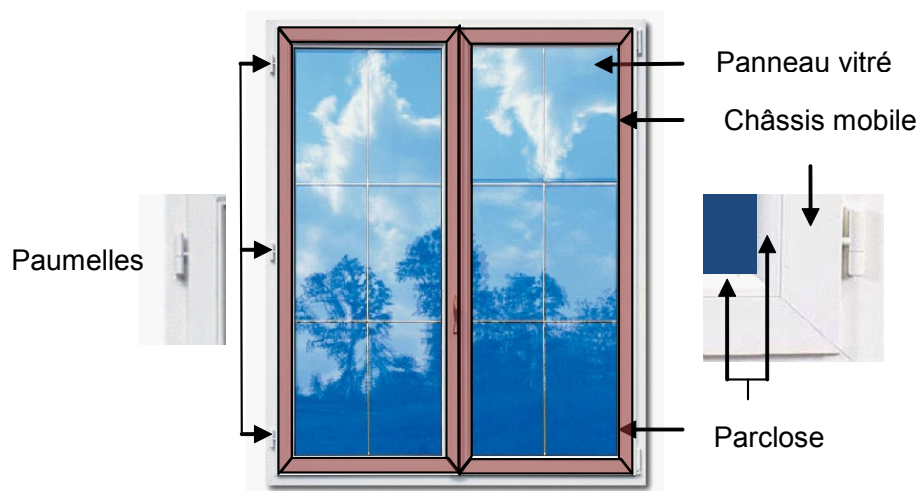


Figure 2 : paumelles, châssis mobile, parcloses et panneaux vitrés d'une fenêtre

- ❑ sans oublier le **système de fermeture**. Parmi les plus courants, peut être cité le système de fermeture à *crémone* avec sortie de tringle. Le verrouillage est assuré en partie basse et en haute par une *gâche* (pièce en métal ou en plastique) fixée au dormant et dans laquelle vient s'engager une tige métallique.

Modes de construction

Typologie des fenêtres en France



Figure 3 : illustration d'un système de fermeture à crémone avec sortie de tringle

Les principaux modes d'ouverture

Il existe une douzaine de types d'ouverture. On retiendra pour l'essentiel :

- ❑ L'ouverture **à la française** : l'ouverture se fait vers l'intérieur. Le nombre de battant peut varier de 1 à 2 ;
- ❑ L'ouverture **à soufflet** : l'ouverture se fait vers l'intérieur sur un axe horizontal, ce qui permet d'entrebâiller la fenêtre sur sa partie haute ;
- ❑ L'ouverture en **oscillo-battant** : la fenêtre s'ouvre de 2 façons :
 - « *normalement* » comme une fenêtre à battant, avec ouverture à la française ;
 - *en soufflet* sur un axe horizontal (fenêtre entrebâillée sur sa partie haute), ou bien sur un axe vertical ;
- ❑ L'ouverture **coulissante** : la fenêtre s'ouvre par glissement d'un vantail sur un autre ;
- ❑ L'ouverture **basculante** : la fenêtre s'ouvre en haut vers l'intérieur, en bas vers l'extérieur. En France, ce type d'ouverture est surtout utilisé pour les fenêtres de toit.

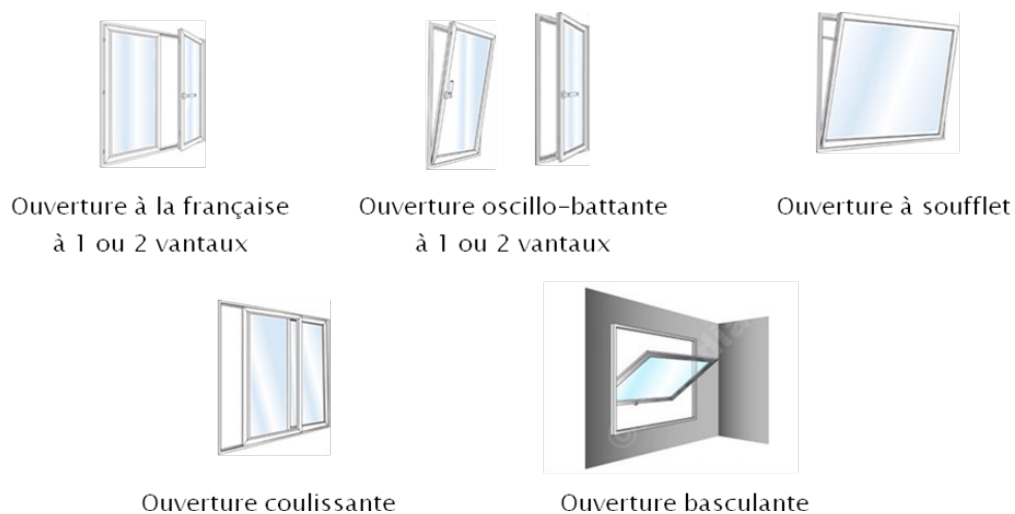


Figure 4 : les principaux types d'ouverture des fenêtres en France

Modes de construction

Typologie des fenêtres en France

Les principaux types de pose

Il existe trois grands types de pose :

□ La pose en feuillure

La fenêtre, plus grande que le tableau, vient se placer à l'intérieur de la feuillure de l'ancien bâti. Elle est scellée dans le mur par l'intermédiaire de pattes de scellement généralement disposées au niveau des organes de rotation et un ancrage sur la traverse haute et basse.

La pose en feuillure est utilisée pour les *constructions neuves* ou en rénovation pour le *remplacement total* d'une ancienne fenêtre par une nouvelle.

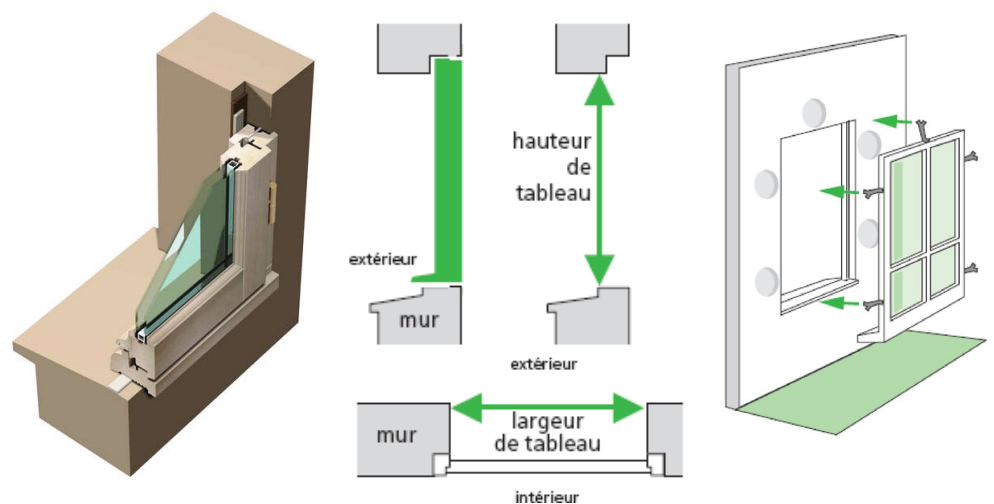


Figure 5 : schéma de la pose en feuillure

□ La pose en tunnel (ou encore appelée pose en tableau) :

La fenêtre est fixée dans l'épaisseur du mur par chevillage à travers l' huisserie. Les chevillages sont disposés au niveau des organes de rotation et en traverses hautes et basses. La dimension totale de la menuiserie est donc légèrement inférieure à la dimension de l'ouverture.

La pose en tunnel est utilisée pour les *constructions neuves* ou pour les *rénovations*, avec ou sans isolation.

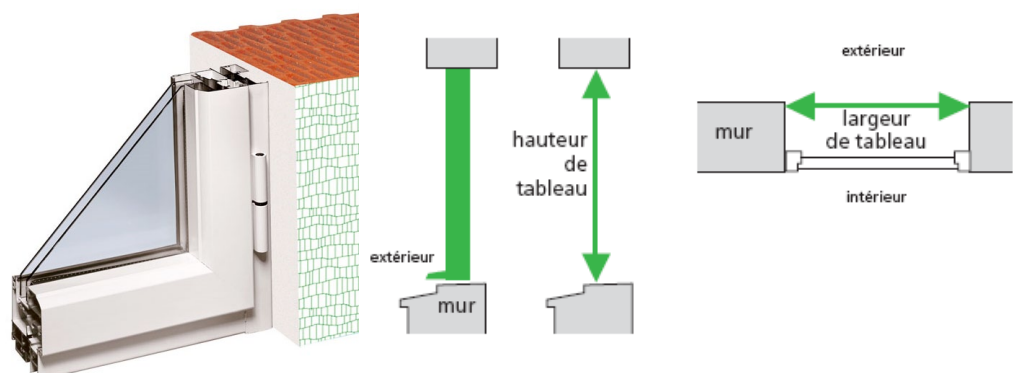


Figure 6 : schéma de la pose en tunnel

Modes de construction

Typologie des fenêtres en France

□ La pose **en applique**

Comme son nom l'indique, la fenêtre vient s'appliquer sur le mur et est fixée à celui-ci par l'intermédiaire de pattes de fixation. Ces dernières sont disposées en priorité au voisinage des organes de rotation et des points de condamnation sur le dormant avec un écartement maximum entre les fixations de 80 cm et une à 10 cm de chaque angle. La menuiserie est plus grande que le tableau.

La pose en applique est utilisée pour les *constructions neuves avec isolation intérieure* ou en *rénovation avec pose d'une isolation*.

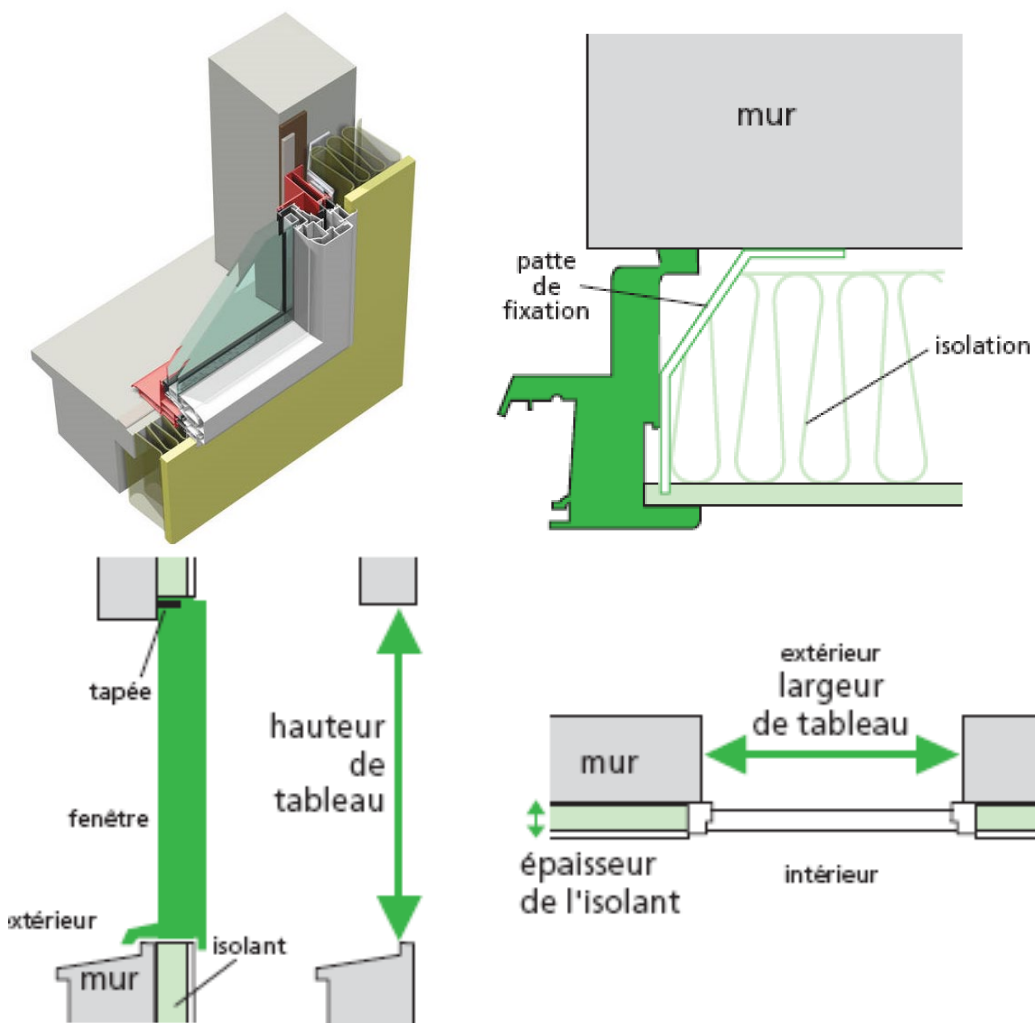


Figure 7 : schéma d'une pose en applique

Les principaux types de vitrage

On peut distinguer trois grands types de vitrage :

- Vitrages **simples monolithiques** : constitués d'une seule feuille de verre ;
- Vitrages **simples feuilletés** : composés de 2 ou plusieurs feuilles de verre assemblées entre elles par un ou plusieurs films intercalaires en butyral de polyvinyle (PVB). Ces films de PVB permettent de retenir les fragments formés lors de la rupture du verre.

Ils sont caractérisés par leur importante capacité d'allongement pouvant atteindre 240% (1 mètre de PVB peut s'allonger jusqu'à 2,40 m). Ces vitrages

Modes de construction

Typologie des fenêtres en France

sont notés XX.Y. Le nombre de "X" donne le nombre de panneaux de verre utilisé dans l'assemblage. La valeur de X indique (en mm) l'épaisseur. Le dernier chiffre Y, séparé des précédents par un point indique le nombre de couches de films PVB. Par exemple un vitrage feuilleté 44.2 sera constitué de deux panneaux de verre de 4 mm séparés par deux couches de film PVB.



Figure 8 : schéma d'un vitrage simple feuilleté de type 44.2 (à gauche) et 666.4 (à droite)

- Vitrages **isolants doubles** : composés de deux vitrages qui peuvent être simples monolithiques ou simples feuilletés séparés par une lame d'air ou autre gaz (argon).

Ces vitrages sont notés X/Y/Z. Les lettres X et Z indiquent l'épaisseur de chacun des composants verriers situés de part et d'autre de la lame d'isolant d'épaisseur Y (en mm). Par exemple un vitrage 4/16/4 est un vitrage constitué de deux vitrages simples monolithiques de 4mm séparés par une lame d'isolant de 16 mm. Un vitrage 44.2/12/4 est un vitrage composé d'un vitrage simple feuilleté de type 44.2, d'une lame d'air de 12 mm et d'un vitrage simple monolithique de 4 mm d'épaisseur.

Il existe sur le même principe des vitrages triples isolants.



Figure 9 : schéma d'un vitrage isolant double de type 4/16/4 (à gauche) et 44.2/12/4 (à droite)

Les principaux types de verre

Le type de verre le plus couramment rencontré est le **verre recuit**. Lorsqu'il se fragmente, ce type de verre forme de grands fragments, très coupants, pouvant causer de nombreuses blessures.

Il existe également deux grands autres types de verres :

- le verre **trempe thermiquement** : ce verre a subi un processus de trempe thermique modifiant ses propriétés de résistance mécanique. Le volume de verre est chauffé jusqu'à 700°C (température où les molécules peuvent se déplacer), puis refroidi très rapidement et uniformément à 300°C par des jets

Modes de construction

Typologie des fenêtres en France

d'air froid. Les couches externes sont refroidies en premier. Quand les régions internes se contractent à leur tour, elles «tirent» sur la surface et créent une *tension résiduelle de compression*.

Par ce processus, la résistance à la flexion du verre se trouve considérablement accrue : elle est 3 à 5 fois plus résistante qu'un verre recuit. Par ailleurs, lors de sa rupture, le verre présente la particularité de se fragmenter en une multitude de petits éclats.

- le verre **semi-trempe ou durci** : ce verre a également subi un traitement thermique visant à renforcer sa résistance mécanique. Son mode d'obtention est similaire à celui d'un verre trempé. Cependant la phase de refroidissement est plus lente.

Par ce processus, la résistance du verre à la flexion se trouve accrue. Elle est comprise entre celle du verre recuit et du verre trempé. Cependant le mode de rupture de ce type de verre se rapproche davantage d'un verre recuit. Il se fragmente en effet en morceaux de grandes dimensions et très coupants.

Les films de sécurité anti-explosion

Définition - caractéristiques - performances

Les films de sécurité en plastique plus communément appelés films de sécurité anti-explosion sont utilisés pour améliorer les performances post-rupture des vitrages. Ils sont appliqués sur les faces intérieures des fenêtres. Il existe sur le marché un grand nombre de produits.

Ils peuvent être teintés ou non. Les films non teintés ont de faibles effets sur les caractéristiques optiques du vitrage (ils maintiennent la totalité de la luminosité du vitrage). Ceux teintés peuvent améliorer les caractéristiques du vitrage actuel en terme de déperdition thermique notamment. La plupart d'entre eux sont conçus pour bloquer les rayons UV.

Ils peuvent être monocouche ou multicouches dont l'épaisseur totale varie en général de 50 microns à 400 microns.

L'application d'un film de sécurité permet d'améliorer les performances post-rupture des vitrages :

- **augmentation de la résistance** du vitrage. Lors de la rupture de la vitre soumise à une onde de surpression, les fragments de verre restent collés au film et ce dernier absorbe une grande partie de l'énergie par déformation élastique et plastique ;
- **forte réduction** de la formation de **fragments** ;
- **diminution** de la **vitesse** des fragments projetés ;
- **réduction** de la **distance** de projection des fragments ;

L'efficacité des films plastiques dépend notamment :

- des **caractéristiques** des matériaux du film : résistance à la rupture, capacité d'élongation, résistance à l'élongation ;
- de l'**épaisseur** du film : plus le film est épais, et plus la protection qu'il offre augmente.
- du **mode de pose** du film ;

Modes de construction

Typologie des fenêtres en France

Mode de pose

Les films plastiques anti-explosion peuvent être classés en trois grandes catégories selon leur mode d'installation :

- Pose par *simple adhérence* au vitrage ;
- Installation par *adhérence et fixation chimique* au châssis ;
- Installation par *adhérence et fixation mécanique* au châssis ;

Pose par simple adhérence

Ce mode d'installation du film de sécurité est la pose standard. Le film est simplement posé sur le vitrage sans être fixé d'une quelconque manière au châssis. L'application de ce type de film doit au minimum couvrir la partie visible du vitrage de la fenêtre.

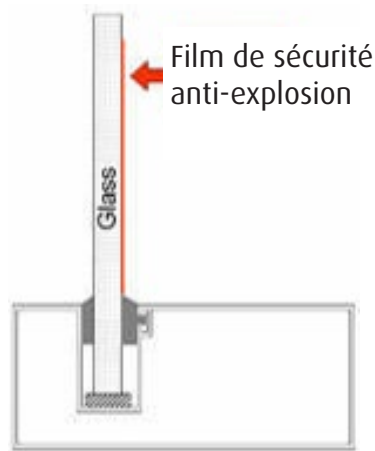


Figure 10 : fixation du film par simple adhérence

Système de protection chimique

Ce système de fixation est aussi appelé fixation par enduit humide. Ce mode d'installation permet de fixer définitivement le film de sécurité au cadre de la vitre à l'aide d'un enduit structural ou d'un adhésif en silicone. Le film de sécurité est tout d'abord appliqué au verre, et il est ensuite fixé au cadre du verre à l'aide d'un enduit structural. L'enduit est appliqué aux quatre coins du film, comblant les orifices par où passe la lumière et faisant déborder le film du cadre afin de créer un lien chimique entre le film et le cadre.

Cette méthode est utilisée pour renforcer la capacité de rétention d'éclats de verre du film. Il offre une protection plus grande que le système précédent. Cependant son coût est plus élevé, de l'ordre de 150 euros / m² hors pose.

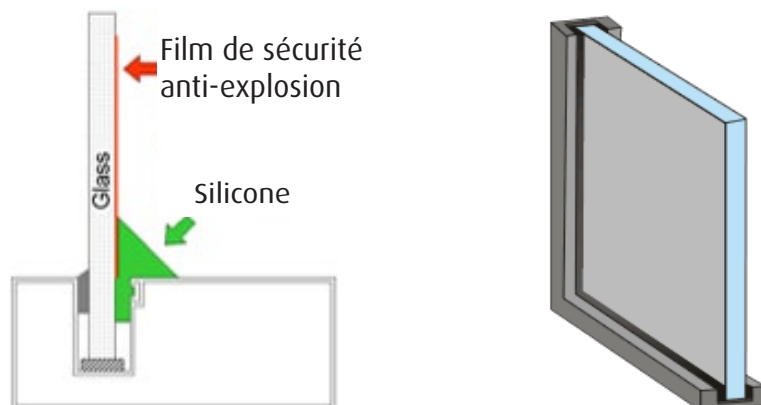


Figure 11 : fixation chimique du film

Modes de construction

Typologie des fenêtres en France

Système de fixation mécanique

Ce type d'installation permet de fixer de manière mécanique le film au cadre de la vitre à l'aide d'un système de lattes métalliques. Le film de sécurité est appliqué au verre et dépasse le cadre de la vitre d'environ 2,5 cm.

Une série de lattes métalliques est placée sur le film apposé et vissée au cadre de la vitre existant, ce qui permet de fixer définitivement le film au cadre. En fonction du type de rétention d'éclats de verre recherché, ce système mécanique peut être fixé sur un côté (bord supérieur), deux côtés ou sur les quatre côtés.

Ce système permet de diminuer la probabilité du vitrage à quitter le châssis. Il est plus efficace que les deux autres mais également beaucoup plus onéreux. Par ailleurs, il peut se révéler moins esthétique.

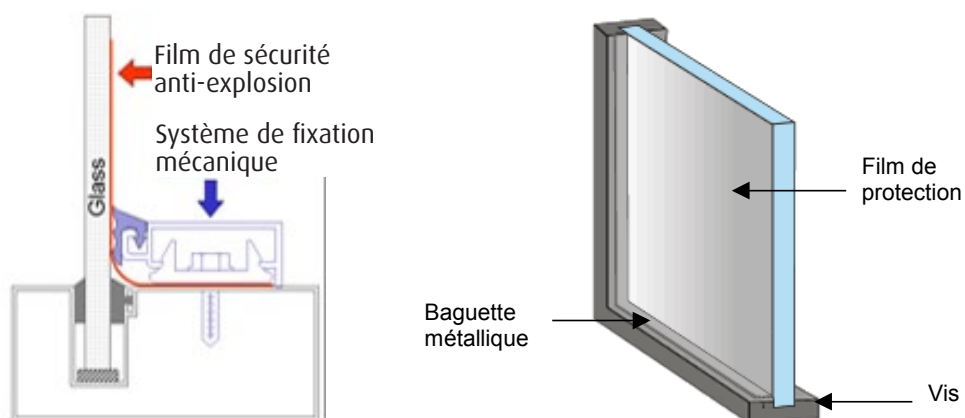


Figure 12 : fixation mécanique du film

Toutes ces méthodes d'installation peuvent être utilisées sur des châssis en acier, en aluminium ou en bois. Sur les *châssis en PVC* seules sont possibles la pose par *simple adhérence* et la *fixation chimique*.





Éléments pratiques

Pour protéger les fenêtres

Éléments pratiques

pour protéger les fenêtres

Introduction

Afin de garantir la protection des personnes se trouvant à l'intérieur d'une habitation située dans la zone des effets de surpression d'intensité 20-50 mbar (appelé par la suite « zone 20-50 mbar »), la tenue des fenêtres dans une telle zone doit être assurée.

L'analyse des accidents passés et les expertises techniques montrent qu'un des risques prédominants de blessure en cas d'explosion est dû aux bris de vitres. Ce dernier apparaît pour des niveaux d'intensité faible (dès la vingtaine de mbar) et les fragments sont susceptibles d'être projetés dans toute la pièce. Cependant, cela ne suffit pas. D'autres risques de blessures peuvent survenir en cas d'ouverture, d'arrachement et de projection des ouvrants ou de la fenêtre à l'intérieur de l'habitation.

Ainsi, garantir la tenue d'une fenêtre dans la zone 20-50 mbar, nécessite une démarche en 3 étapes :

- définir les **dimensions maximales** pour lesquelles les différents panneaux vitrés isolants doubles standards ou feuilletés résistent, ou cassent sans risque de blessure dans la zone 20-50 mbar. On trouvera les éléments correspondants au chapitre « dimensions des panneaux vitrés » ci-dessous.
- définir la **configuration du châssis** admissible en tenant compte :
 - du *matériau* constituant le châssis (PVC, aluminium, bois) ;
 - du *mode d'ouverture* de la fenêtre (ouverture à la française, coulissant, ...) ;
 - du *système de fermeture* de la fenêtre ;
 - du *mode de pose* ;On trouvera les éléments correspondants au chapitre « règles simples à respecter sur les châssis et le système de fermeture » p28.
- définir la configuration admissible du **mode de fixation** du châssis dans le mur (chapitre « fixation de la fenêtre dans le mur » p31)

Ces règles définissent un ensemble d'éléments pratiques permettant de garantir la tenue des fenêtres et ainsi protéger efficacement les personnes.

Dimensions des panneaux vitrés

Le comportement d'un panneau vitré face à une onde de surpression dépend notamment :

- des **caractéristiques du vitrage** proprement dit : vitrage isolant double « standard », vitrage isolant double feuilleté ;
- des **caractéristiques géométriques du panneau vitré** : longueur L, largeur l, épaisseur e ;

Les tableaux en **figures 17 à 23** présentent pour 5 vitrages isolants doubles différents, les dimensions maximales du panneau vitré correspondant permettant :

- de résister à une **onde de surpression** de **20 à 50** mbar ;
- ou dans une moindre mesure de **protéger** efficacement les **personnes** contre ces agressions en cassant sans risque de blessure.

Éléments pratiques

pour protéger les fenêtres

Déflagration

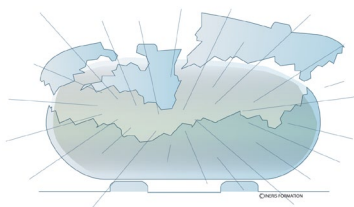
Il s'agit d'une forme d'explosion au cours de laquelle la surpression maximale est atteinte de façon « progressive » dans le temps. La montée et la redescende de la pression sont en général de durée équivalente.

On la rencontre par exemple dans le cas d'explosion d'un nuage de vapeurs en champ libre.

Onde de choc

Par opposition à la déflagration, l'onde de choc désigne une explosion dont le niveau de surpression maximal est atteint de façon instantanée. La diminution de la pression est en général moins rapide que pour la déflagration.

On la rencontre par exemple dans le cas d'explosions d'explosifs ou de réservoirs d'hydrocarbures



Vitrage isolant double standard	4/16/4
Vitrages isolants doubles feuilletés	44.2/12/4
	4/12/44.2
	44.2/8/44.2
Vitrage sur mesure	8/8/8

Figure 13 : Types de vitrages étudiés

Les valeurs sont données pour des vitrages constitués de composants verriers en verre recuit (sauf pour le 8/8/8 où les composants sont en verre trempé). Elles sont cependant encore applicables de manière conservatrice si le verre considéré est un verre durci ou semi-trempé.

Les panneaux vitrés considérés sont des panneaux rectangulaires de longueur L (considérée par définition comme la plus grande des deux dimensions) et de largeur l (correspondant par définition à la plus petite des deux dimensions). De fait, le rapport des dimensions L/l est supérieur ou égal à 1.

Il est à noter que les dimensions du panneau vitré sont à distinguer de celles de la fenêtre puisque par exemple une fenêtre à ouverture à la française à 2 vantaux est composée de deux panneaux vitrés.

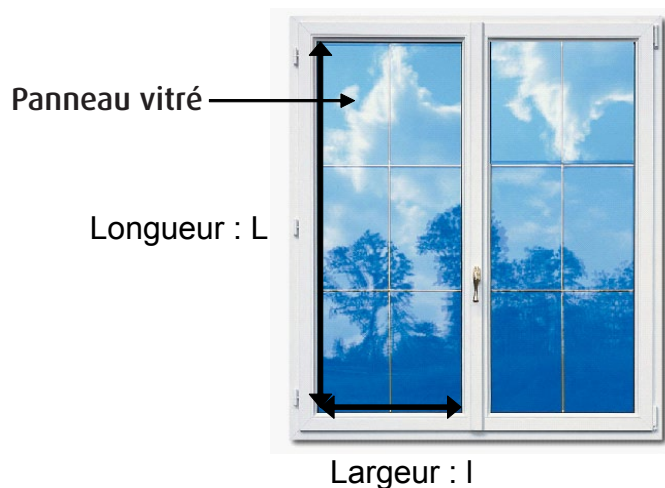


Figure 14 : illustration des dimensions L et l d'un panneau vitré

Ces tableaux tiennent également compte :

- de la **nature de l'onde de surpression** générée par l'explosion : le « cahier applicatif du complément technique de la vulnérabilité du bâti aux effets de surpression » [3] regroupe les phénomènes accidentels d'explosion en 6 catégories. Il est ici à retenir que selon le type de phénomène, la nature du produit mis en jeu, la masse ou le volume de produit retenu, deux régimes d'explosion sont à distinguer : le régime de déflagration et le régime de détonation (appelé par la suite onde de choc).

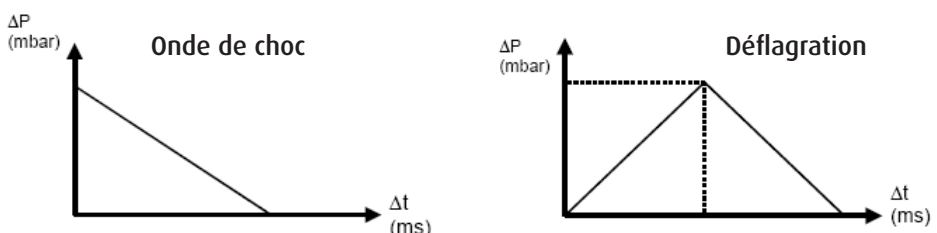


Figure 15 : Signaux de surpression typiques

Éléments pratiques

pour protéger les fenêtres

Note

L'attribution des numéros de face obéit à des règles précises spécifiées dans le « cahier applicatif du complément technique de la vulnérabilité du bâti aux effets de surpression » [3] et présentées en annexe 1.

- de la **zone** dans laquelle se trouve le bâtiment. La zone réglementaire 20-50 mbar peut en effet être *divisée en deux zones*. Ainsi un bâtiment peut soit se trouver dans la *zone 20-35 mbar* soit dans la *zone 35-50 mbar*. Si vous manquez d'information, considérez que le bâtiment est dans la zone 35-50 mbar.
- de l'**orientation des façades** du bâtiment par rapport au centre de l'explosion, orientation repérée par un numéro : *face 1* (la plus exposée), *face 2*, *face 3* ou *face 4* (la moins exposée). En effet, suivant leur orientation, les façades et donc les fenêtres sont plus ou moins exposées aux effets de l'explosion. Cela conduit à différencier en fonction des faces les dimensions maximales des panneaux vitrés composant les fenêtres.

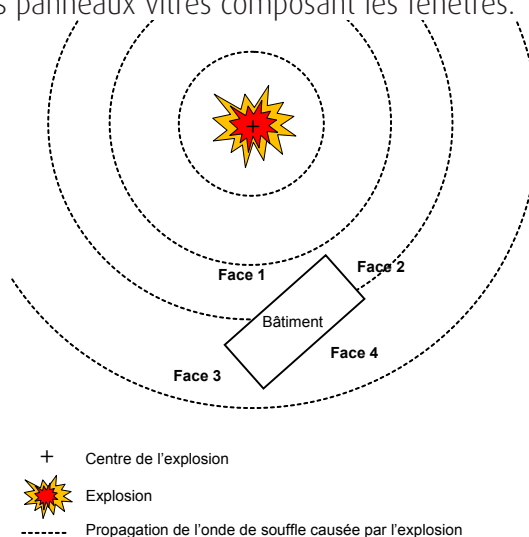


Figure 16 : orientation des façades du bâtiment par rapport au centre de l'explosion

Ainsi connaissant la nature de l'explosion, la zone dans laquelle se trouve le bâtiment et le numéro de face du bâtiment, le tableau donne en fonction du rapport L/l variant de 1 à 4 (1, 1.5, 2, 3 et 4) la largeur maximale (l) admissible du panneau vitré afin de résister ou casser sans risque de blessure.

Panneaux vitrés en double vitrage 4/16/4

Les tableaux suivants donnent les dimensions maximales admissibles d'un panneau vitré constitué d'un vitrage 4/16/4 permettant de résister à une onde de choc ou une déflagration caractérisée par une surpression de 20-35 mbar ou 35-50 mbar.

4/16/4		Onde de choc					
Zone	N° de face	Largeur du panneau vitré	L/l				
			1	1.5	2	3	4
Zone 35-50	Face 1	l (m)	0.55	0.40	0.30	0.25	0.25
	Face 2		0.65	0.55	0.40	0.30	0.30
	Face 3		0.90	0.70	0.65	0.40	0.40
	Face 4		0.95	0.75	0.70	0.45	0.45
Zone 20-35	Face 1	l (m)	0.70	0.55	0.40	0.35	0.35
	Face 2		0.90	0.70	0.65	0.40	0.40
	Face 3		1.15	0.90	0.80	0.55	0.50
	Face 4		1.20	0.95	0.85	0.55	0.55

Note

L : longueur du panneau vitré,
l : largeur du panneau vitré.

Éléments pratiques

pour protéger les fenêtres

4/16/4		Déflagration					
Zone	N° de face	Largeur du panneau vitré	L/l				
			1	1.5	2	3	4
Zone 35-50	Face 1	l (m)	0.80	0.60	0.45	0.35	0.35
	Face 2		0.90	0.70	0.65	0.40	0.40
	Face 3		1.05	0.85	0.75	0.50	0.50
	Face 4		1.15	0.90	0.80	0.55	0.50
Zone 20-35	Face 1	l (m)	0.95	0.75	0.70	0.45	0.45
	Face 2		1.15	0.90	0.80	0.55	0.50
	Face 3		1.30	1.05	0.95	0.65	0.60
	Face 4		1.35	1.10	1.0	0.70	0.65

Figure 17 : Largeur maximale (l) d'un panneau vitré isolant double 4/16/4 en fonction de la nature de l'explosion, de la zone dans laquelle se trouve le bâtiment, de la face du bâtiment considérée et du rapport L/l

Exemple d'application :

⇒ Exemple n°1 : panneau vitré isolant double 4/16/4, situé en face 1 d'une construction qui se trouve dans la zone 35-50 d'une onde de choc (0,6 m x 0,2 m).

Considérons un panneau de dimensions L (longueur) = 0,60 m et l (largeur) = 0,20 m. Le rapport L/l est donc égal à 3 (=0,60/0,20).

Le premier tableau (page précédente) nous indique que la largeur maximale d'un panneau vitré situé en face 1, pour une onde de choc de 35-50 mbar et un rapport L/l de 3 est de 0,25 m. Notre panneau vitré, qui a une largeur de 0,20 (inférieure à 0,25), ne casse donc pas.

Ainsi un tel panneau semble donc pouvoir protéger efficacement les personnes contre les blessures par bris de vitre.

⇒ Exemple n°2 : panneau vitré isolant double 4/16/4, situé en face 1 d'une construction qui se trouve dans la zone 35-50 d'une onde de choc (1,1 m x 0,6 m).

Considérons un panneau de dimensions L (longueur) = 1,10 m et l (largeur) = 0,60 m. Le rapport L/l est donc égal à 1,83 (=1,1/0,6).

La valeur du rapport L/l de 1.83 ne figure pas dans le premier tableau (page précédente), la valeur L/l à retenir est donc la valeur supérieure la plus proche figurant dans le tableau, soit L/l = 2.

Pour cette valeur de L/l=2, en face 1 et avec une onde de choc d'intensité 35 à 50 mbar, la largeur maximale admissible est de 0,30 m. La largeur de notre panneau vitré (0,6 m) est supérieure à 0,30 m, donc il casse.

Les personnes ne peuvent pas être efficacement protégées. En effet, les fragments formés lors de la rupture de ce type de vitrage sont généralement de taille relativement importante et sont projetés avec des vitesses moyennes de l'ordre de 20 m/s, susceptibles d'engendrer des risques de blessures pour une personne située derrière la fenêtre.

Note

Ces dimensions (1,10x0,60) sont typiquement celles des panneaux vitrés composant un des types de fenêtres les plus couramment rencontrés dans l'habitat français à savoir les fenêtres à ouverture à la française à 2 vantaux de 1.40 m de large et de 1.25 m de haut.

Éléments pratiques

pour protéger les fenêtres

Plus généralement, ces panneaux standards (1,10 m x 0,60 m), situés sur les faces des constructions les plus exposées par rapport à l'explosion (face 1 et face 2) ne résistent pas à une onde de choc de surpression de 35-50 mbar. De tels panneaux ne peuvent résister à de tels effets, et donc protéger les personnes contre les blessures par bris de vitre, que s'ils sont placés sur les faces 3 et 4 des constructions.

Dans la zone 20-35 mbar d'une onde de choc ou dans la zone 35-50 mbar d'une déflagration, ces panneaux standard placés en face 2, 3 ou 4 des constructions peuvent résister.

Dans la zone 20-35 mbar d'une déflagration, les panneaux standard peuvent résister quelle que soit la face des constructions sur laquelle ils sont posés, et ainsi protéger les personnes contre les blessures par bris de vitre.

Zone	Nature de l'onde de surpression	Face du bâtiment sur laquelle est la fenêtre
Zone 35-50	Onde de choc	Face 3 et 4
	Déflagration	Face 2, 3 et 4
Zone 20-35	Onde de choc	Face 2, 3 et 4
	Déflagration	Face 1, 2, 3 et 4

Figure 18 : configurations admissibles des panneaux vitrés de type 4/16/4 de dimensions 0.6 m x 1.1 m de fenêtres à ouverture à la française à 2 vantaux de dimensions hors tout standards : 1.40 m de large et de 1.25 m de haut

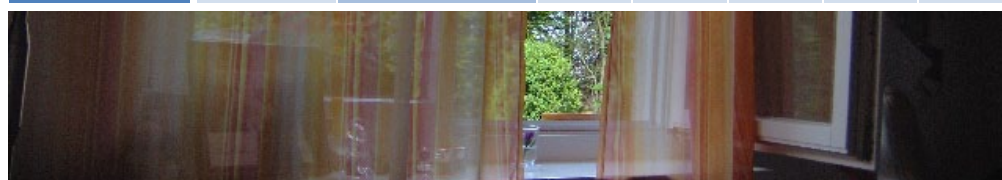
Panneaux vitrés en double vitrage 44.2/12/4, verre feuilleté 44.2 posé côté extérieur

Les tableaux suivants donnent les dimensions maximales admissibles d'un panneau vitré constitué d'un vitrage 44.2/12/4, le verre simple monolithique de 4 mm étant posé côté intérieur, permettant de résister à une onde de choc ou une déflagration caractérisées par une surpression de 20-35 mbar ou 35-50 mbar.

44.2/12/4		Onde de choc					
Zone	N° de face	Largeur du panneau vitré	L/l				
			1	1.5	2	3	4
Zone 35-50	Face 1	l (m)	0.90	0.75	0.70	0.50	0.45
	Face 2		1.0	0.80	0.80	0.55	0.50
	Face 3		1.30	1.05	0.95	0.75	0.65
	Face 4		1.35	1.10	1.0	0.80	0.70
Zone 20-35	Face 1	l (m)	1.10	0.90	0.85	0.65	0.55
	Face 2		1.30	1.05	0.95	0.75	0.65
	Face 3		1.55	1.25	1.15	0.90	0.80
	Face 4		1.65	1.35	1.25	1.05	0.90

Note

L : longueur du panneau vitré,
l : largeur du panneau vitré.



Éléments pratiques

pour protéger les fenêtres

44.2/12/4		Déflagration					
Zone	N° de face	Largeur du panneau vitré	L/I				
			1	1.5	2	3	4
Zone 35-50	Face 1	l (m)	1.2	1.0	0.90	0.70	0.60
	Face 2		1.30	1.05	0.95	0.75	0.65
	Face 3		1.45	1.20	1.10	0.85	0.75
	Face 4		1.55	1.25	1.15	0.90	0.80
Zone 20-35	Face 1	l (m)	1.35	1.10	1.0	0.80	0.70
	Face 2		1.55	1.25	1.15	0.90	0.80
	Face 3		1.80	1.45	1.35	1.15	1.0
	Face 4		1.85	1.55	1.40	1.20	1.05

Figure 19 : largeur maximale (l) d'un panneau vitré isolant double 44.2/12/4 en fonction de la nature de l'explosion, de la zone dans laquelle se trouve le bâtiment, de la face du bâtiment considérée et du rapport L/I

Exemple d'application :

⇒ Exemple n°3 : panneau vitré isolant double 44.2/12/4 (44.2 côté extérieur), situé en face 1 d'une habitation dans la zone 35-50 mbar d'une onde de choc

Considérons un panneau de dimensions identiques à celles de l'exemple n°2 : 0,60 m x 1,10 m. Le rapport L/I est ici encore pris égal à 2 (voir exemple n°2).

La largeur du panneau vitré est inférieure à 0,70 m, la largeur maximale admissible (l) pour ne pas casser face à une onde de choc dans la zone 35-50 mbar, pour un rapport L/I=2.

Le panneau vitré ne casse pas. Il semble pouvoir protéger efficacement les personnes contre les blessures par bris de vitre.

Panneaux vitrés en double vitrage 4/12/44.2, verre feuilleté 44.2 posé côté intérieur

Les tableaux suivants donnent les dimensions maximales admissibles d'un panneau vitré constitué d'un vitrage 4/12/44.2 (verre simple feuilleté 44.2 posé côté intérieur), permettant de résister à une onde de choc ou une déflagration caractérisées par une surpression de 20-35 mbar ou 35-50 mbar.

4/12/44.2		Onde de choc					
Zone	N° de face	Largeur du panneau vitré	L/I				
			1	1.5	2	3	4
Zone 35-50	Face 1	l (m)	1.40	1.15	0.80	0.70	0.70
	Face 2		1.65	1.35	1.0	0.85	0.80
	Face 3		2.10	1.70	1.55	1.10	1.0
	Face 4		2.15	1.75	1.60	1.15	1.05
Zone 20-35	Face 1	l (m)	1.70	1.35	1.05	0.85	0.80
	Face 2		1.95	1.60	1.45	1.0	0.95
	Face 3		2.40	1.95	1.80	1.30	1.20
	Face 4		2.50	2.05	1.90	1.40	1.25

Note

L : longueur du panneau vitré,
l : largeur du panneau vitré.

Éléments pratiques

pour protéger les fenêtres

4/12/44.2		Déflagration					
Zone	N° de face	Largeur du panneau vitré	L/l				
			1	1.5	2	3	4
Zone 35-50	Face 1	l (m)	1.85	1.50	1.40	0.95	0.90
	Face 2		2.10	1.70	1.55	1.10	1.0
	Face 3		2.35	1.90	1.75	1.25	1.15
	Face 4		2.50	2.05	1.90	1.40	1.25
Zone 20-35	Face 1	l (m)	2.15	1.75	1.60	1.15	1.05
	Face 2		2.40	1.95	1.80	1.30	1.20
	Face 3		2.70	2.25	2.10	1.60	1.40
	Face 4		2.80	2.35	2.20	1.70	1.50

Figure 20 : largeur maximale (l) d'un panneau vitré isolant double 4/12/44.2 en fonction de la nature de l'explosion, de la zone dans laquelle se trouve le bâtiment, de la face du bâtiment considérée et du rapport L/l

Panneaux vitrés en double vitrage 44.2/8/44.2

Les tableaux suivants donnent les dimensions maximales admissibles d'un panneau vitré constitué d'un vitrage 44.2/8/44.2 permettant de résister ou de casser sans risque de blessure contre une onde de choc ou une déflagration caractérisées par une surpression de 20-35 mbar ou 35-50 mbar.

44.2/8/44.2		Onde de choc					
Zone	N° de face	Largeur du panneau vitré	L/l				
			1	1.5	2	3	4
Zone 35-50	Face 1	l (m)	1.80	1.45	1.20	0.90	0.85
	Face 2		2.10	1.70	1.55	1.10	1.0
	Face 3		2.65	2.20	2.0	1.50	1.35
	Face 4		2.70	2.25	2.05	1.60	1.40
Zone 20-35	Face 1	l (m)	2.15	1.75	1.60	1.15	1.05
	Face 2		2.50	2.05	1.85	1.40	1.25
	Face 3		3.15	2.55	2.30	2.10	1.65
	Face 4		3.25	2.65	2.40	2.20	1.75

Note

L : longueur du panneau vitré,
l : largeur du panneau vitré.



Photo : Calvin TEO

Éléments pratiques

pour protéger les fenêtres

44.2/8/44.2		Déflagration					
Zone	N° de face	Largeur du panneau vitré	L/l				
			1	1.5	2	3	4
Zone 35-50	Face 1	l (m)	2.35	1.95	1.80	1.30	1.15
	Face 2		2.65	2.20	2.0	1.50	1.35
	Face 3		3.05	2.50	2.25	2.0	1.60
	Face 4		3.25	2.65	2.40	2.20	1.75
Zone 20-35	Face 1	l (m)	2.70	2.25	2.05	1.60	1.40
	Face 2		3.15	2.55	2.30	2.10	1.65
	Face 3		3.40	2.85	2.60	2.40	1.95
	Face 4		3.50	3.0	2.75	2.50	2.05

Figure 21 : largeur maximale (l) d'un panneau vitré isolant double 44.2/8/44.2 en fonction de la nature de l'explosion, de la zone dans laquelle se trouve le bâtiment, de la face du bâtiment considérée et du rapport L/l

Exemple d'application :

⇒ Exemple n°4 : panneau vitré isolant double 44.2/8/44.2, situé en face 1 d'une construction dans la zone 35-50 mbar (onde de choc)

Considérons un panneau de dimensions L (longueur) = 1,80 m et l (largeur) = 0,60 m. L/l est donc égal à 3.

La largeur du panneau vitré est inférieure à la largeur maximale admissible égale à 0,90 m pour un rapport L/l de 3 (tableau page précédente). Un tel panneau vitré ne casse donc pas ou casse sans risque de blessure face à une onde de choc de 35-50 mbar. Ainsi un tel panneau semble pouvoir protéger efficacement les personnes contre les blessures par bris de vitre.

Panneaux vitrés en double vitrage 8/8/8 en verre trempé

Les tableaux suivants donnent les dimensions maximales admissibles d'un panneau vitré constitué d'un vitrage 8/8/8 en verre trempé, permettant de résister à une onde de choc ou une déflagration (20-35 mbar ou 35-50 mbar).

8/8/8		Onde de choc					
Zone	N° de face	Largeur du panneau vitré	L/l				
			1	1.5	2	3	4
Zone 35-50	Face 1	l (m)	1.50	1.20	1.05	0.70	0.70
	Face 2		1.75	1.40	1.30	0.90	0.80
	Face 3		2.20	1.80	1.65	1.20	1.10
	Face 4		2.30	1.85	1.70	1.30	1.15
Zone 20-35	Face 1	l (m)	1.80	1.45	1.35	0.90	0.85
	Face 2		2.15	1.75	1.60	1.15	1.05
	Face 3		2.60	2.15	1.95	1.75	1.40
	Face 4		2.75	2.25	2.0	1.80	1.45

Note

L : longueur du panneau vitré,
l : largeur du panneau vitré.

Éléments pratiques

pour protéger les fenêtres

8/8/8		Déflagration					
Zone	N° de face	Largeur du panneau vitré	L/l				
			1	1.5	2	3	4
Zone 35-50	Face 1	l (m)	1.95	1.60	1.45	1.0	0.95
	Face 2		2.15	1.75	1.60	1.20	1.05
	Face 3		2.45	2.0	1.85	1.55	1.25
	Face 4		2.60	2.15	1.95	1.75	1.40
Zone 20-35	Face 1	l (m)	2.30	1.85	1.70	1.30	1.15
	Face 2		2.60	2.15	1.95	1.75	1.40
	Face 3		2.90	2.40	2.15	1.80	1.65
	Face 4		3.0	2.50	2.20	1.85	1.70

Figure 22 : largeur maximale (l) d'un panneau vitré isolant double 8/8/8 en verre trempé en fonction de la nature de l'explosion, de la zone dans laquelle se trouve le bâtiment, de la face du bâtiment considérée et du rapport L/l

Exemple d'application :

⇒ Exemple n°5 : panneau vitré isolant double 8/8/8 placé en face 1 d'une construction située en zone 35-50 mbar d'une onde de choc

Considérons un panneau de dimensions identiques à celles de l'exemple n°4 : L (longueur) = 1,80 m et l (largeur) = 0,60 m. Le rapport L/l est donc égal à 3.

La largeur du panneau vitré est inférieure à 0,7 m (largeur maximale admissible pour ne pas casser face à une onde de choc de surpression de 35-50 mbar, pour un rapport L/l égal à 3).

Le panneau vitré ne casse donc pas. Il semble ainsi pouvoir protéger efficacement les personnes situées à l'intérieur de l'habitation contre les blessures par bris de vitre.

Panneaux vitrés munis de films de sécurité anti-explosion

Des films de sécurité appliqués sur des vitrages simples monolithiques ou des vitrages isolants doubles standards 4/16/4 peuvent, sous certaines conditions, garantir la protection des personnes à l'intérieur d'une habitation située dans la zone 20-50 mbar.

En effet les films de sécurité peuvent améliorer les performances post-rupture des vitrages en réduisant significativement la projection des fragments formés lors de la rupture du vitrage (ceux-ci restant en grande majorité collés au film), et en maintenant le panneau vitré dans le cadre de la fenêtre. Les préconisations suivantes sont à respecter :

- ❑ Les films de sécurité doivent être posés **dans les règles de l'art** par des **professionnels**.
- ❑ Parmi les trois principaux modes de pose, **seules sont acceptées** :
 - La pose par *fixation mécanique* : Ce type d'installation permet de fixer de manière mécanique le film au cadre de la vitre à l'aide d'un système de

Éléments pratiques

pour protéger les fenêtres

⁽¹⁾ Cette recommandation s'applique pour un film testé dans les conditions suivantes :

- appliqué sur un vitrage monolithique recuit de 1.6 m x 1.3 m et de 6 mm d'épaisseur
- classé au minimum 3b lorsque cet ensemble est soumis à un signal triangulaire rectangle d'intensité 275 mbar et d'une durée de 14 ms

Ce film est ainsi testé en accord avec le protocole et les spécifications de la norme GSA.

Note

L : longueur du panneau vitré,
l : largeur du panneau vitré.

Note

Sans film, les panneaux vitrés de dimensions standard en simple vitrage recuit d'épaisseur 4mm ne permettent pas de protéger les personnes.

baguettes métalliques vissées au cadre de la vitre existant. Ce système doit permettre de fixer le film sur les quatre côtés.

- La pose par *fixation chimique* : Ce mode d'installation permet de fixer le film de sécurité au cadre de la vitre à l'aide d'un enduit structural ou d'un adhésif en silicone.
- Les films de sécurité doivent être des films de **haute performance**. Ils pourront par exemple respecter les caractéristiques suivantes :

Elongation (%)	> = 140 %
Epaisseur x Contrainte à la rupture (MPa.m)	> = 0.03
Classement norme GSA⁽¹⁾	Minimum 3b

- Les **dimensions maximales** des panneaux vitrés doivent être conformes aux tableaux suivants :

- Panneaux en vitrages *simples monolithiques recuits de 4 mm* d'épaisseur munis d'un *film de sécurité* anti-explosion

recuit 4 mm + film		Onde de choc					
Zone	N° de face	Largeur du panneau vitré	L/l				
			1	1.5	2	3	4
Zone 35-50	Face 1	l (m)	0.4	0.30	0.25	0.25	0.20
	Face 2		0.5	0.35	0.30	0.30	0.25
	Face 3		0.70	0.50	0.40	0.35	0.35
	Face 4		0.70	0.55	0.40	0.35	0.35
Zone 20-35	Face 1	l (m)	0.55	0.35	0.30	0.30	0.25
	Face 2		0.65	0.45	0.35	0.30	0.30
	Face 3		0.85	0.65	0.50	0.40	0.40
	Face 4		0.90	0.70	0.55	0.45	0.40

recuit 4 mm + film		Déflagration					
Zone	N° de face	Largeur du panneau vitré	L/l				
			1	1.5	2	3	4
Zone 35-50	Face 1	l (m)	0.60	0.40	0.35	0.30	0.30
	Face 2		0.70	0.50	0.40	0.35	0.35
	Face 3		0.80	0.65	0.45	0.40	0.40
	Face 4		0.90	0.70	0.55	0.45	0.40
Zone 20-35	Face 1	l (m)	0.70	0.55	0.40	0.35	0.35
	Face 2		0.85	0.65	0.50	0.40	0.40
	Face 3		0.95	0.80	0.70	0.50	0.45
	Face 4		1.05	0.85	0.80	0.55	0.50

Figure 23 : largeur maximale (l) recuit 4mm + film = f(nature de l'explosion, zone dans laquelle se trouve le bâtiment, face du bâtiment considérée, rapport L/l)

Éléments pratiques

pour protéger les fenêtres

Note

L : longueur du panneau vitré,
l : largeur du panneau vitré.

- Panneaux en *double vitrage 4/16/4* munis d'un *film de sécurité* anti-explosion

4/16/4 + film		Onde de choc					
Zone	N° de face	Largeur du panneau vitré	L/l				
			1	1.5	2	3	4
Zone 35-50	Face 1	l (m)	0.85	0.70	0.65	0.50	0.45
	Face 2		1.0	0.85	0.75	0.60	0.55
	Face 3		1.25	1.0	0.95	0.75	0.65
	Face 4		1.30	1.05	0.95	0.80	0.70
Zone 20-35	Face 1	l (m)	1.0	0.85	0.80	0.60	0.55
	Face 2		1.20	0.95	0.90	0.70	0.65
	Face 3		1.45	1.20	1.10	1.0	0.80
	Face 4		1.50	1.20	1.15	1.0	0.85

4/16/4 + film		Déflagration					
Zone	N° de face	Largeur du panneau vitré	L/l				
			1	1.5	2	3	4
Zone 35-50	Face 1	l (m)	1.10	0.90	0.85	0.65	0.60
	Face 2		1.25	1.0	0.95	0.75	0.65
	Face 3		1.40	1.15	1.05	0.95	0.75
	Face 4		1.50	1.20	1.15	1.0	0.85
Zone 20-35	Face 1	l (m)	1.30	1.05	0.95	0.80	0.70
	Face 2		1.45	1.20	1.10	1.0	0.80
	Face 3		1.65	1.35	1.20	1.05	0.95
	Face 4		1.75	1.45	1.25	1.10	1.0

Figure 24 : largeur maximale (l) d'un panneau vitré isolant double 4/16/4 avec film de sécurité en fonction de la nature de l'explosion, de la zone dans laquelle se trouve le bâtiment, de la face du bâtiment considérée et du rapport L/l

Exemples d'application :

⇒ Exemple n°6 : panneau vitré simple monolithique recuit de 4 mm d'épaisseur, posé en face 3 d'une construction située en zone 20-35 mbar d'une onde de choc.

Considérons un panneau de dimensions L (longueur) = 1,10 m et l (largeur) = 0,60 m. Celui-ci est muni d'un film de sécurité anti-explosion posé par fixation chimique ou mécanique. Le rapport L/l est égal à 1.83.

La valeur du rapport L/l de 1.83 ne figure pas dans le tableau, on choisit la valeur supérieure la plus proche figurant dans le tableau, soit L/l = 2.

Ceci nous donne la largeur maximale admissible de 0,50 m, au delà de laquelle notre panneau casse, risquant d'entraîner des blessures.

Éléments pratiques

pour protéger les fenêtres

Le panneau de notre exemple a une largeur de 0,60 m. Il risque donc de casser et de projeter un nombre important de fragments. Les personnes ne peuvent donc pas être efficacement protégées contre les blessures par bris de vitre.

⇒ *Exemple n°7 : panneaux vitrés isolants doubles de type 4/16/4 + film, placés en face 1 d'une construction située dans la zone 35-50 mbar d'une onde de choc*

L'application de film de sécurité sur des panneaux vitrés isolants doubles de type 4/16/4, de dimensions L (longueur) = 1,10 m et l (largeur) = 0,60 m, permettrait de résister ou de casser sans risques de blessures par bris de vitre pour les personnes.

Le présent chapitre « dimensions des panneaux vitrés » s'est attaché à définir les dimensions maximales admissibles de différents panneaux vitrés isolants doubles standards ou feuilletés, ainsi que l'influence de la pose de film de sécurité anti-explosion afin de résister ou casser sans risque de blessure dans la zone 20-50 mbar. Cependant, garantir la tenue d'une fenêtre dans cette zone, c'est certes disposer de panneaux vitrés capables de résister à de telles intensités, mais également respecter des règles particulières quant aux :

- **matériau** constituant le châssis (PVC, aluminium, bois) ;
- **mode d'ouverture** de la fenêtre (ouverture à la française, coulissant, ...) ;
- **système de fermeture** de la fenêtre ;
- **mode de pose** de la fenêtre (en applique, en tunnel, ...).

Règles simples à respecter sur les châssis et le système de fermeture

Les systèmes de fermeture possibles de fenêtres sont très variés. Il en existe une douzaine. Il paraît alors difficile d'étudier chacun d'entre eux de manière exhaustive. Néanmoins l'INERIS a pris le parti de donner des recommandations qui s'appliquent sur l'ensemble de ceux-ci.

Châssis PVC

Dans la zone 20-50 mbar, l'utilisation de fenêtre en PVC doit être accompagnée d'une des mesures suivantes :

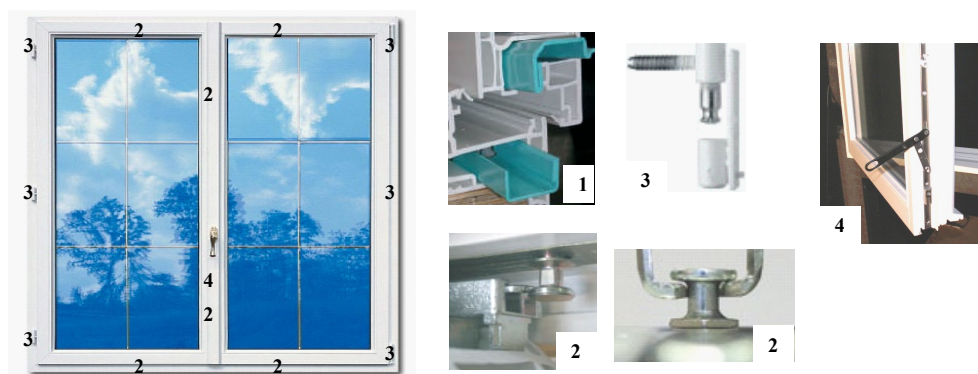
- Les panneaux vitrés sont montés **sur châssis fixe**. La fenêtre ne comporte **pas d'ouvrant**, le vitrage est monté dans le cadre de la fenêtre qui est fixé au mur ;
- Les fenêtres sont munies d'ouvrants orientés **vers l'extérieur** (comme l'ouverture à l'anglaise ou à l'italienne) ;
- Les fenêtres sont munies d'ouvrants orientés **vers l'intérieur** respectant au moins les préconisations suivantes :
 - Tout mode d'ouverture vers l'intérieur *autre que l'ouverture à la française* est à *proscrire* ;
 - Les fenêtres sont posées en *applique, en feuillure ou en tunnel* en respectant les *préconisations* données au chapitre « fixation de la fenêtre dans le mur » p31 ;
 - Les traverses et montants du dormant et des châssis mobiles doivent être *renforcés par des armatures en acier* ;
 - Les fenêtres sont munies d'un système de fermeture individuelle des

Éléments pratiques

pour protéger les fenêtres

ouvrants avec *renvoi d'angle*, constitué de *gâches métalliques de sécurité anti-décrochement avec galets champignon*. Les gâches sont fixées sur les éléments en PVC par l'intermédiaire de vis de longueur suffisante pour traverser la première épaisseur de PVC et le renfort métallique ;

- Les paumelles sont munies d'un *système anti-dégondage* et doivent être vissées dans l'acier des dormants et des battants ;
- Le *nombre de points* (paumelles ou points de condamnation de type gâche métallique + galet champignon) liant les ouvrants au dormant de la fenêtre doit *au moins être égal à $N = 6 \times Sf$* où Sf est la surface totale de la fenêtre en m².



(1) Armature en acier, (2) Gâche métallique avec galet champignon, (3) Paumelle anti-dégondage
(4) Exemple de système de fermeture individuelle de l'ouvrant

Figure 25 : exemple pour une fenêtre à ouverture à la française à deux vantaux de dimensions tableaux h=1.25 m x l = 1.40 m

Les caractéristiques précitées sont classiquement celles d'une fenêtre retardataire d'effraction.

Quel que soit le mode de pose considéré, un système de fermeture à crémone, munie d'une tringle métallique **sans renvoi d'angle** s'enfonçant en partie haute et basse dans des gâches (voir **Figure 26**), ne **permet pas de garantir** le maintien de la fenêtre en position fermée. Les ouvrants peuvent alors être arrachés et projetés, causant potentiellement de graves blessures pour une personne située à quelques mètres derrière la fenêtre.



Figure 26 : système de fermeture classique à crémone 3 points avec sortie de tringle (sans renvoi d'angle) d'une fenêtre à ouverture à la française

Ainsi les fenêtres à ouverture à la française constituées d'un châssis en PVC et d'un système de fermeture classique à crémone avec sortie de tringle (sans

Éléments pratiques

pour protéger les fenêtres

renvoi d'angle) sont à proscrire, et ce, quel que soit le mode de pose (tunnel, feuillure, applique). Elles ne permettent pas en effet de protéger efficacement les personnes se trouvant à l'intérieur des habitations dans la zone d'intensité 20-50 mbar.

Châssis aluminium

Dans la zone 20-50 mbar, l'utilisation de fenêtres en aluminium doit être accompagnée d'une des mesures suivantes :

- Les panneaux vitrés sont montés **sur châssis fixe** ;
- Les fenêtres sont munies d'ouvrants orientés **vers l'extérieur** (comme l'ouverture à l'anglaise ou à l'italienne) ;
- Les fenêtres sont munies d'ouvrants orientés **vers l'intérieur** respectant au moins les éléments de préconisation suivants :
 - Tout mode d'ouverture vers l'intérieur *autre que l'ouverture à la française* est à *proscrire*.
 - Les fenêtres doivent être posées *en tunnel*, *en feuillure* ou *en applique* en respectant les préconisations données au chapitre « fixation de la fenêtre dans le mur » p31 ;
 - Les fenêtres sont munies d'un système de fermeture individuelle des ouvrants avec *renvoi d'angle*, constitué de *gâches métalliques de sécurité anti-décrochement avec galets champignon*. Les gâches sont fixées sur les traverses du dormant par l'intermédiaire de vis de longueur suffisante pour traverser deux épaisseurs d'aluminium ;
 - Les paumelles sont munies d'un *système anti-dégondage* et doivent être vissées dans les dormants et les battants ;
 - Le *nombre de points* (paumelles ou points de condamnation de type gâche métallique + galet champignon) liant les ouvrants au dormant de la fenêtre doit *au moins être égal à $N = 6 \times Sf$* où Sf est la surface totale de la fenêtre en m².

Les fenêtres à ouverture à la française constituées d'un châssis en aluminium munies d'un système de fermeture à crémone avec sortie de tringle **sans renvoi d'angle**, quel que soit le mode de pose considéré, ne semblent pas permettre de protéger efficacement les personnes se trouvant à l'intérieur des habitations dans la zone 20-50 mbar. Elles sont donc à **proscrire**.

Châssis bois

Dans la zone 20-50 mbar, l'utilisation de fenêtres en bois doit être accompagnée d'une des mesures suivantes :

- Les panneaux vitrés sont montés **sur châssis fixe** ;
- Les fenêtres sont munies d'ouvrants orientés **vers l'extérieur** (comme l'ouverture à l'anglaise ou à l'italienne) ;
- Les fenêtres sont munies d'ouvrants orientés **vers l'intérieur** respectant au moins les éléments de préconisation suivants :
 - Tout mode d'ouverture vers l'intérieur *autre que l'ouverture à la française* est à *proscrire*.
 - Les fenêtres doivent être posées *en tunnel*, *en feuillure* ou *en applique* selon les préconisations données au chapitre « fixation de la fenêtre dans le mur » p31 ;

Éléments pratiques

pour protéger les fenêtres

- Si la fenêtre est posée *en tunnel* ou *en feuillure* :
 - le système de fermeture de la fenêtre peut être un système de fermeture à crémone avec sortie de tringle sans renvoi d'angle. Il est recommandé l'utilisation de gâches métalliques fixées à l'intérieur des traverses du dormant par l'intermédiaire d'au moins deux vis de longueur suffisante capable de reprendre un effort de cisaillement égal à :

$$R = 1.05 \cdot 10^4 \times \frac{S_f}{N_p + 2} \text{ (en N)}$$

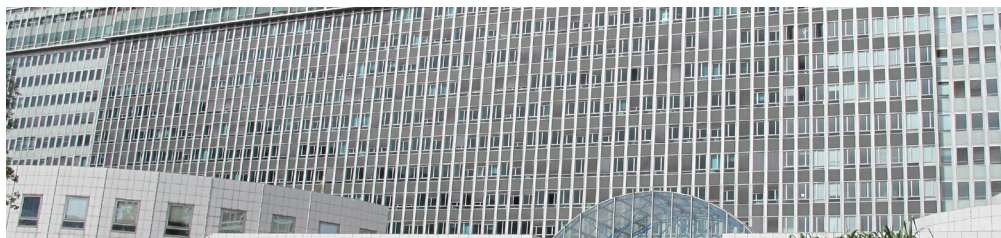
avec S_f : surface totale de la fenêtre (en m²) et N_p le nombre de paumelles de la fenêtre ;

- un système de fermeture individuelle des ouvrants avec renvoi d'angle, constitué de gâches métalliques de sécurité anti-décrochement avec galet champignon est préférable. La gâche est fixée sur les éléments en bois par l'intermédiaire de vis de longueur suffisante ;
- Si la fenêtre est posée *en applique*, elle doit être munie d'un système de fermeture individuelle des ouvrants avec renvoi d'angle constitué de gâches métalliques de sécurité anti-décrochement avec galets champignon ;
Le nombre de points (paumelles ou points de condamnation de type gâche métallique + galet champignon) liant les ouvrants au dormant de la fenêtre doit *au moins être égal à $N = 6 \times S_f$* où S_f est la surface totale de la fenêtre en m².
Les fenêtres à châssis bois à ouverture à la française munies d'un système de fermeture à crémone avec sortie de tringle **sans renvoi d'angle, posées en applique**, sont à **proscrire** dans la zone 20-50 mbar. Elles ne permettent pas de protéger efficacement les personnes se trouvant à l'intérieur des habitations.
- Les paumelles sont munies d'un *système anti-dégondage* et doivent être vissées dans les dormants et les battants.

Fixation de la fenêtre dans le mur

Les tableaux suivants dressent les recommandations à respecter quant à la fixation dans le mur d'une fenêtre à ouverture à la française à doubles vantaux. Ces recommandations sont données en fonction de plusieurs paramètres :

- la **zone** dans laquelle se trouve le bâtiment : zone 35-50 mbar ou zone 20-35 mbar.
- l'**orientation** des façades du bâtiment par rapport au centre de l'explosion repérée par un numéro : face 1 (la plus exposée), face 2, face 3 ou face 4 (la moins exposée) ;
- le **type de pose** : en feuillure, en tunnel ou en applique.

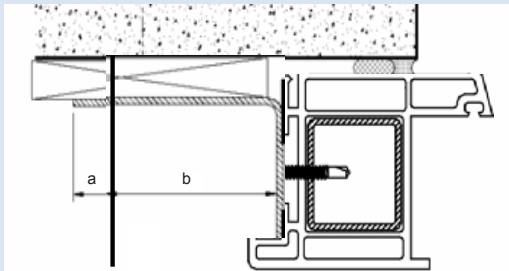


Éléments pratiques

pour protéger les fenêtres

Zone 35-50 mbar

Recommandations				
Type de pose	Intitulés	Face 1	Face 2	Face 3 et 4
Pose en feuillure	Emplacement des pattes de scellement principales	Figure 27 ou Figure 28		
	Distance maximale entre 2 pattes à la périphérie du dormant	25 cm	50 cm	
Pose en tunnel	Emplacement des chevillages principaux	Figure 27 ou Figure 28		
	Distance maximale entre 2 chevillages à la périphérie du dormant	25 cm	50 cm	
	Tenue des chevillages au cisaillement V_c (en N)	$V_c > (C \times S_f) / N_f$ avec S_f : surface de la fenêtre en m^2 N_f : nombre total de chevilles C coefficient donné ci-dessous		
		$C=2.1 \times 10^4$	$C=1.6 \times 10^4$	$C=1.0 \times 10^4$

Recommandations					
Type de pose	Intitulés	Face 1	Face 2	Face 3 et 4	
Pose en applique	Emplacement des équerres de fixation principales	Figure 27 ou Figure 28			
	Distance maximale entre 2 équerres à la périphérie du dormant	25 cm	50 cm		
	Les équerres de fixation doivent être fixées sur le dormant de la fenêtre par vissage direct. Les systèmes à clippage, clame ou à griffe sont à proscrire.				
	Tenue au cisaillement des vis de fixation dans le dormant V_v	$V_v > (C \times S_f) / N_f$ avec S_f : surface de la fenêtre en m^2 N_f : nombre total de vis C coefficient donné ci-dessous			
		$C=2.1 \times 10^4$	$C=1.6 \times 10^4$	$C=1.0 \times 10^4$	
	Tenue à l'arrachement des chevillages dans le mur A_c (en N)	$A_c > V_v \cdot (1 + 1.5 \cdot b/a)$			
					
		<p><i>L'aile d'appui sur la structure porteuse est de dimension a+b</i> <i>a : longueur entre l'axe de la vis et l'extrémité de la patte</i> <i>Lp : longueur de la partie de la patte accolé au mur</i> <i>b : Lp - a</i></p>			

Éléments pratiques

pour protéger les fenêtres

Meneau central

Pour une fenêtre à ouverture à la française à deux vantaux, c'est l'ensemble vertical formé par les parties gauche et droite des ouvrants qui se trouvent au centre de la fenêtre quand celle-ci est fermée.

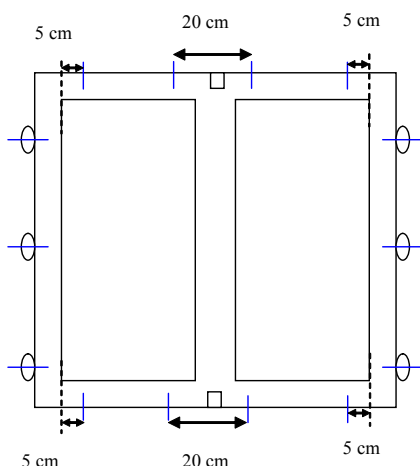
Zone 20-35 mbar

		Recommandations		
Type de pose	Intitulés	Face 1	Face 2, 3 et 4	
Pose en feuillure	Emplacement des pattes de scellement principales	Figure 27 ou Figure 28		
	Distance maximale entre 2 pattes à la périphérie du dormant	50 cm		
Pose en tunnel	Emplacement des chevillages principaux	Figure 27 ou Figure 28		
	Distance maximale entre 2 chevillages à la périphérie du dormant	50 cm		
	Tenue des chevillages au cisaillement V_c (en N)	$V_c > (C \times S_f) / N_f$ avec S_f : surface de la fenêtre en m^2 N_f : nombre total de chevilles C coefficient donné ci-dessous		
		$C=1.3 \times 10^4$	$C=1.0 \times 10^4$	
Pose en applique	Emplacement des équerres de fixation principales	Figure 27 ou Figure 28		
	Distance maximale entre 2 équerres à la périphérie du dormant	50 cm		
	Les équerres de fixation doivent être fixées sur le dormant de la fenêtre par vissage direct. Les systèmes à clippage, clame ou à griffe sont à proscrire.			
	Tenue au cisaillement des vis de fixation dans le dormant V_v	$V_v > (C \times S_f) / N_f$ avec S_f : surface de la fenêtre en m^2 N_f : nombre total de vis C coefficient donné ci-dessous		
		$C=1.3 \times 10^4$	$C=1.0 \times 10^4$	
	Tenue à l'arrachement des chevillages dans le mur A_c (en N)	$A_c > V_v \cdot (1+1.5 \cdot b/a)$		

Emplacement des fixations

L'emplacement des fixations, quel que soit le mode de pose doit être conforme aux schémas suivants :

☐ Fenêtre munie d'un système de fermeture à sortie de tringle



Sur chacun des montants du dormant :

- une fixation au niveau de chaque organe de rotation (paumelle) ;

Sur la traverse haute et sur la pièce d'appui :

- 1 fixation entre 5 et 10 cm maximum du bord du fond de feuillure d'un angle du dormant
- 1 fixation de part et d'autre du meneau central et donc des points de condamnation sur le dormant : écartement maximale de 20 cm ;

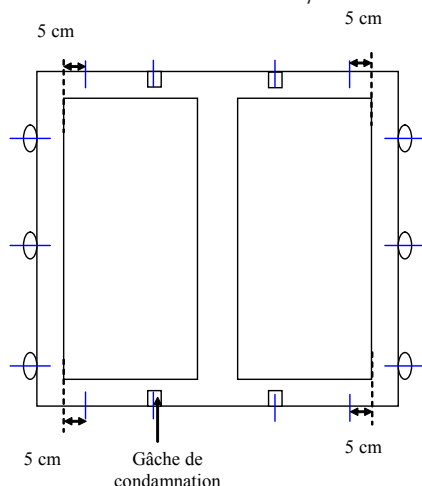
Des équerres sont ensuite rajoutées, le cas échéant, afin de respecter la distance maximale permise

Figure 27 : disposition des fixations principales pour les fenêtres à ouverture à la française à deux vantaux munies d'un système de fermeture à sortie de tringle en face 1 à 4 d'une construction dans la zone 20-50 mbar

Éléments pratiques

pour protéger les fenêtres

□ Fenêtre munie d'un système de fermeture à renvoi d'angle



Sur chacun des montants du dormant :

- une fixation au niveau de chaque organe de rotation (paumelle) ;

Sur la traverse haute et sur la pièce d'appui :

- 1 fixation entre 5 et 10 cm maximum du bord du fond de feuillure d'un angle du dormant
- 1 fixation au voisinage de chaque gâche de condamnation

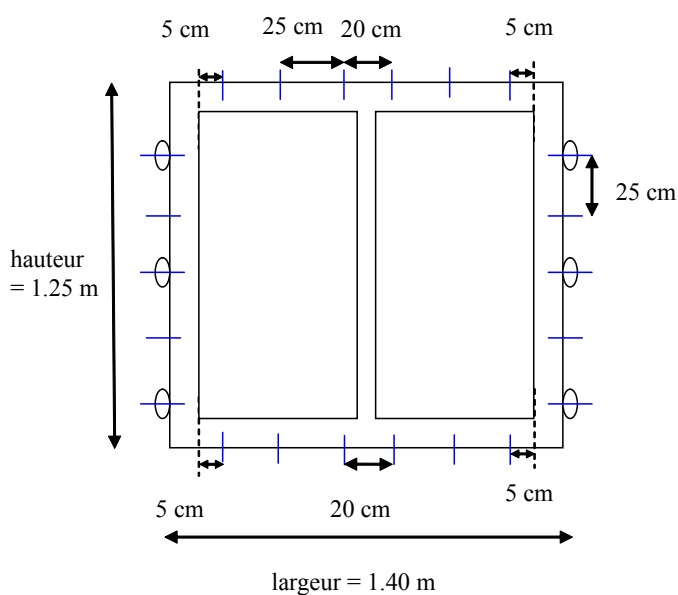
Des équerres sont ensuite rajoutées, le cas échéant, afin de respecter la distance maximale permise

Figure 28 : disposition des fixations principales pour les fenêtres à ouverture à la française avec système de fermeture à renvoi d'angle en face 1 à 4 d'une construction dans la zone 20-50 mbar

Exemple d'application :

Emplacement des fixations d'une fenêtre à ouverture à la française à 2 vantaux de dimensions largeur = 1,40 m, hauteur = 1,25 m munie d'un système de fermeture à sortie de triangle

□ En face 1 d'une construction située dans la zone 35-50 mbar



Sur chacun des montants du dormant :

- une fixation au niveau de chaque organe de rotation (paumelle) ;
- une fixation à mi-distance entre deux paumelles consécutives ;

Sur la traverse haute et sur la pièce d'appui :

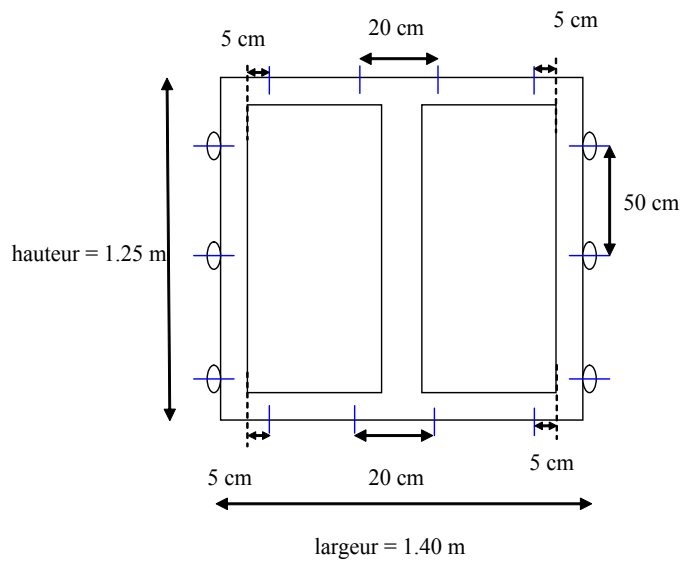
- 1 fixation entre 5 et 10 cm maximum du bord du fond de feuillure d'un angle du dormant
- 1 fixation de part et d'autre du meneau central et donc des points de condamnation sur le dormant : écartement de 20 cm ;
- 1 fixation entre les deux précédentes

Figure 29 : exemple de disposition des fixations pour une fenêtre à ouverture à la française de dimensions largeur = 1,40 m, hauteur = 1,25 m en face 1 d'une construction dans la zone 35-50 mbar

Éléments pratiques

pour protéger les fenêtres

- En face 2 à 4 d'une construction située dans la zone 35-50 mbar ou en face 1 à 4 d'une construction située dans la zone 20-35 mbar



Une patte au niveau de chaque organe de rotation (paumelle) ;

- une fixation à mi-distance entre deux paumelles consécutives ;

Sur la traverse haute et sur la pièce d'appui :

- 1 fixation entre 5 et 10 cm maximum du bord du fond de feuillure d'un angle du dormant
- 1 fixation de part et d'autre du meneau central et donc des points de condamnation sur le dormant : écartement de 20 cm ;

Figure 30 : exemple de disposition des fixations pour une fenêtre à ouverture à la française de dimensions largeur = 1.40 m, hauteur = 1.25 m en face 2, 3 et 4 d'une construction dans la zone 35-50 ou en face 1 à 4 d'une construction dans la zone 20-35 mbar



Exemples d'application pour les bâtiments existants

*Protection offerte par un des types de
fenêtre les plus couramment rencontrés*

Exemples d'application pour les bâtiments existants

protection offerte par un des types de fenêtre les plus couramment rencontrés

Le chapitre suivant propose un exemple d'application. A partir des éléments pratiques du chapitre « Éléments pratiques pour protéger une fenêtre », le tableau ci-dessous dresse la vulnérabilité dans la zone 20-50 mbar d'un des types de fenêtres les plus couramment rencontrés dans l'habitat français. La fenêtre étudiée est :

- à **ouverture** à la française à 2 vantaux, dimensions totales hors tout de la fenêtre : 1.40 m de haut et de 1.25 m de large ;
- constituée de **panneaux vitrés** de type 4/16/4 ;
- munie d'un **système de fermeture** classique 3 points à crémone avec sortie de tringle ;
- d'un nombre de **paumelles** égal à 6 (3 pour chaque ouvrant) ;
- d'un **châssis** en plastique, en aluminium ou en bois ;
- posée selon un des **modes de pose** suivants : feuillure, tunnel ou applique.

En fonction des différentes configurations que l'on peut rencontrer, la fenêtre est rangée dans une des quatre classes suivantes :

- Cas A** ⇒ La protection des personnes nécessite de *renforcer le système de fermeture et la fixation* de la fenêtre dans le mur ;
- Cas B** ⇒ La protection des personnes nécessite soit de *remplacer le système de fermeture et de renforcer la fixation* de la fenêtre dans le mur, soit de *remplacer la fenêtre* ;
- Cas C** ⇒ La protection des personnes nécessite de *renforcer les panneaux vitrés*, de *renforcer le système de fermeture et la fixation* de la fenêtre dans le mur ;
- Cas D** ⇒ La protection des personnes nécessite soit de *renforcer les panneaux vitrés*, de *remplacer le système de fermeture et de renforcer la fixation* de la fenêtre dans le mur soit de *remplacer la fenêtre* ;

Zone	Nature de l'onde de surpression	Nature du châssis	Type de pose	N° de face			
				Face 1	Face 2	Face 3	Face 4
Zone 35-50	Onde de choc	Bois	Tunnel / feuillure	Cas C		Cas A	
			Applique	Cas D		Cas B	
		PVC Aluminium	Tunnel / feuillure/ applique	Cas D		Cas B	
	Déflagration	Bois	Tunnel / feuillure	Cas C	Cas A		
			Applique	Cas D	Cas B		
		PVC Aluminium	Tunnel / feuillure/ applique	Cas D	Cas B		
Zone 20-35	Onde de choc	Bois	Tunnel / feuillure	Cas C	Cas A		
			Applique	Cas D	Cas B		
		PVC Aluminium	Tunnel / feuillure/ applique	Cas D	Cas B		
	Déflagration	Bois	Tunnel / feuillure	Cas A			
			Applique	Cas B			
		PVC Aluminium	Tunnel / feuillure/ applique	Cas B			

Figure 31 : tableau de la vulnérabilité dans la zone 20-50 mbar d'une fenêtre à ouverture à la française à deux vantaux de dimensions h=1,25 m et l=1,40 m, munie de panneaux vitrés de type 4/16/4 et d'un système de fermeture 3 points avec sortie de tringle

Exemples d'application pour les bâtiments existants

protection offerte par un des types de fenêtre les plus couramment rencontrés

Cas A ⇒ vérifications ou travaux de renforcement suivants :

- vérifier si la gâche du système de fermeture est une *gâche métallique*, et dans le cas contraire (de) la remplacer par une gâche métallique.
- remplacer les vis de fixation de la gâche au dormant par de deux vis capables de reprendre un *effort de cisaillement de 2300 N* chacune. D'après le chapitre « châssis bois » p26, l'effort de cisaillement à reprendre par chacune des vis est en effet donné par :

$$R = 1.05 \cdot 10^4 \times \frac{S_f}{N_p + 2} \text{ (en N)}$$

avec, pour la fenêtre considérée :

- S_f = surface totale de la fenêtre = $1,40 \cdot 1,25 = 1,75 \text{ m}^2$
 - N_p = le nombre de paumelles de la fenêtre = 6
- *renforcer le système de fixation de la fenêtre posée en tunnel ou en feuillure* selon les recommandations du chapitre « fixation de la fenêtre dans le mur » p31.

Cas B ⇒ travaux de renforcement suivants :

- *remplacer le système de fermeture* de la fenêtre par un système de fermeture dit « retardataire d'effraction » respectant les recommandations du chapitre « règles simples à respecter sur les châssis et le système de fermeture » p 28 ou (de) *remplacer la fenêtre*.
- *renforcer le système de fixation* de la fenêtre selon les recommandations du chapitre « fixation de la fenêtre dans le mur » p31.

Cas C ⇒ vérifications ou travaux de renforcement suivants :

- *renforcer les panneaux vitrés*. Une solution envisageable est l'application de *film de sécurité anti-explosion* selon les recommandations du chapitre « panneaux vitrés munis de films de sécurité anti-explosion » p25.
- vérifier si la gâche du système de fermeture est une *gâche métallique*, et dans le cas contraire (de) la remplacer par une gâche métallique.
- remplacer les vis de fixation de la gâche au dormant par de deux vis capables de reprendre un *effort de cisaillement de 2300 N* chacune ;
- *renforcer le système de fixation* de la fenêtre posée selon les recommandations du chapitre « fixation de la fenêtre dans le mur » p31.

Cas D ⇒ travaux de renforcement suivants :

- *renforcer les panneaux vitrés*. Une solution envisageable est l'application de *film de sécurité anti-explosion* selon les recommandations du chapitre « panneaux vitrés munis de films de sécurité anti-explosion » p25.
- *remplacer le système de fermeture* de la fenêtre par un système de fermeture dit « retardataire d'effraction » respectant les recommandations du chapitre « règles simples à respecter sur les châssis et le système de fermeture » p 28 ou (de) *remplacer la fenêtre*.
- *renforcer le système de fixation* de la fenêtre posée selon les recommandations du chapitre « fixation de la fenêtre dans le mur » p31.

Dans chacun des cas, la réalisation de ces travaux de renforcement par un professionnel est fortement conseillée.

Références

- [1] Ministère de l'Écologie, de l'Énergie, du Développement durable et de l'Aménagement du territoire. Guide méthodologique « Plan de Prévention des Risques Technologiques ». 2005 version 1, 2007 version 2.
- [2] CSTB. Complément technique relatif à l'effet de surpression. Recommandations et précautions en vue de réduire les risques. Référence 26005165. Mars 2008 version 2.
- [3] INERIS, CETE Normandie-Centre, et al. Cahier applicatif du complément technique de la vulnérabilité du bâti aux effets de surpression. Décembre 2008.
- [4] INERIS, Rapport d'étude, Étude de la vulnérabilité des fenêtres dans la zone de surpression d'intensité 20 à 50 mbar dans le cadre des PPRTs (Plans de Prévention des Risques Technologiques). Juillet 2009.

Annexe

*Orientation des façades d'un bâtiment
par rapport au centre d'explosion :
attribution des numéros de face*

Orientation des façades d'un bâtiment par rapport au centre d'explosion

attribution des numéros de face

Lorsqu'une explosion se produit, elle engendre dans l'air une surpression, qui se propage à partir du point d'explosion (également appelé centre de l'explosion).

Lorsque celle-ci va atteindre un bâtiment, elle va l'impacter de façon plus ou moins forte suivant la distance à laquelle le bâtiment se trouve du centre de l'explosion. En effet, l'intensité de la surpression diminue avec cette distance.

La violence de cet impact va également dépendre du type de l'onde de surpression générée par l'explosion (déflagration ou onde de choc - voir page 18 du présent guide).

Enfin, les dégâts qui peuvent résulter de cette surpression dépendent également de la position (l'orientation) des différentes faces du bâtiment par rapport à ce centre d'explosion.

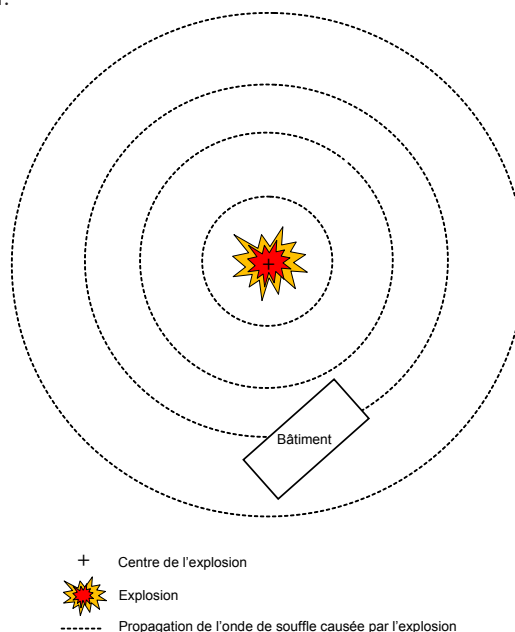


Figure 32 : orientation des façades du bâtiment par rapport au centre de l'explosion

Comment trouver l'information concernant l'intensité de la surpression et le type d'onde de surpression ?

Lors de l'élaboration des Plans de Prévention des Risques Technologiques (PPRT), des cartographies détaillées des différents effets des phénomènes dangereux sont établies.

Cartographie générale des zones d'enjeux dans la zone 20-50 mbar

Dans le cas de la surpression, cette cartographie divise, pour les bris de vitres, le territoire concerné en plusieurs zones, de rang décroissant en fonction de l'intensité de la surpression et de la nature de l'onde de surpression :

- ❑ **Rang 1** : surpression de 35 à 50 mbar, onde de choc (en vert sur les cartes)
- ❑ **Rang 2** : surpression de 20 à 35 mbar, onde de choc (en jaune)
- ❑ **Rang 3** : surpression de 35 à 50 mbar, déflagration (en vert hachuré)
- ❑ **Rang 4** : surpression de 20 à 35 mbar, déflagration (en jaune hachuré)

Cette carte vous permet donc de situer rapidement un bâtiment pour ces deux paramètres, paramètres que vous utiliserez ensuite dans les tableaux permettant de choisir les mesures à prendre concernant les fenêtres (voir p19 et suivantes du présent guide).

Note

Les documents du PPRT sont disponibles en préfecture, en mairie, ou sur le site internet de la préfecture ou de la DREAL.

Note

Si vous ne disposez pas des cartes de zones d'enjeux 20-50 mbar, le bâtiment à étudier pourra être considéré par défaut dans la zone 35-50 mbar d'une onde de choc.

Orientation des façades d'un bâtiment par rapport au centre d'explosion

attribution des numéros de face

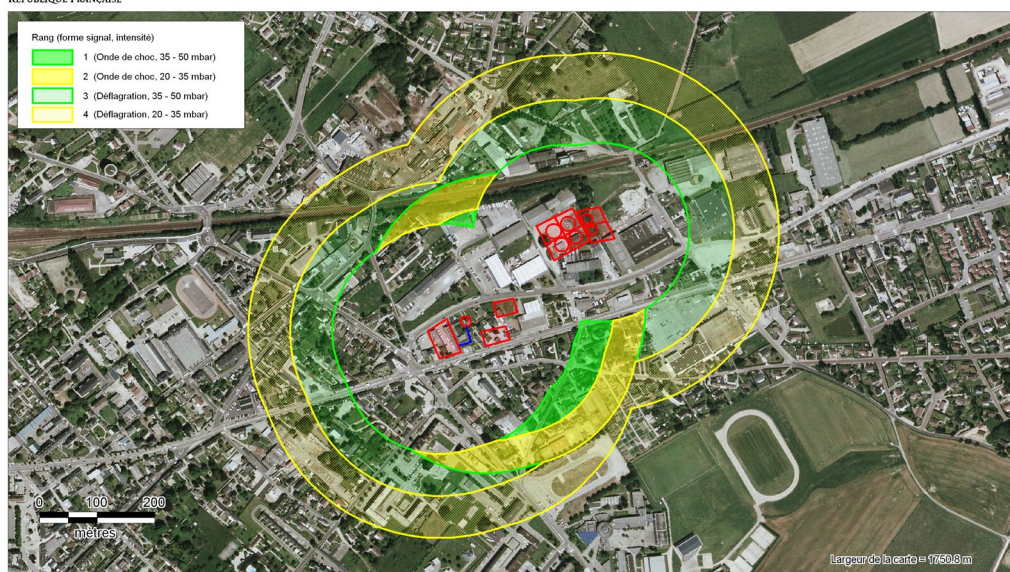
Note

Dans l'exemple ci-contre et dans tous ceux qui suivent, les installations censées être à l'origine du risque (zones hachurées en rouge) sont totalement fictives.

Voici un exemple de carte des effets de surpression (voir sources d'information en note, page précédente).



PPRT de Fictive-sous-Bois ()
Phénomènes dangereux de référence dans la zone bris de vitre



Sources:

Rédaction/Édition: INERIS - 19/04/2011 - MAPINFO® V 9 - SIGALEA® V 3.2.014 - Vitrage 20 - 50 V 1.0 - ©INERIS 2010





SIGALEA

Exemple de cartographie générale des zones d'enjeux dans la zone 20-50 mbar

Dans le cas où le bâtiment est situé à la frontière de deux zones, il convient par sécurité de retenir la zone dont le numéro est le plus petit. Ceci orientera le choix des mesures de protection vers des mesures plus protectrices.

Si, comme dans l'exemple ci-dessous, un bâtiment est situé en limite de zone 35-50 mbar- onde de choc (rang 1) et de zone 20-35 mbar - onde de choc (rang 2), le bâtiment sera considéré comme étant en totalité en zone 35-50 mbar-onde de choc (rang 1).

Rang (forme signal, intensité)

-  1 (Onde de choc, 35 - 50 mbar)
-  2 (Onde de choc, 20 - 35 mbar)
-  3 (Déflagration, 35 - 50 mbar)
-  4 (Déflagration, 20 - 35 mbar)



Comment déterminer l'orientation d'un bâtiment par rapport aux centres d'explosion?

Cartographie d'orientation

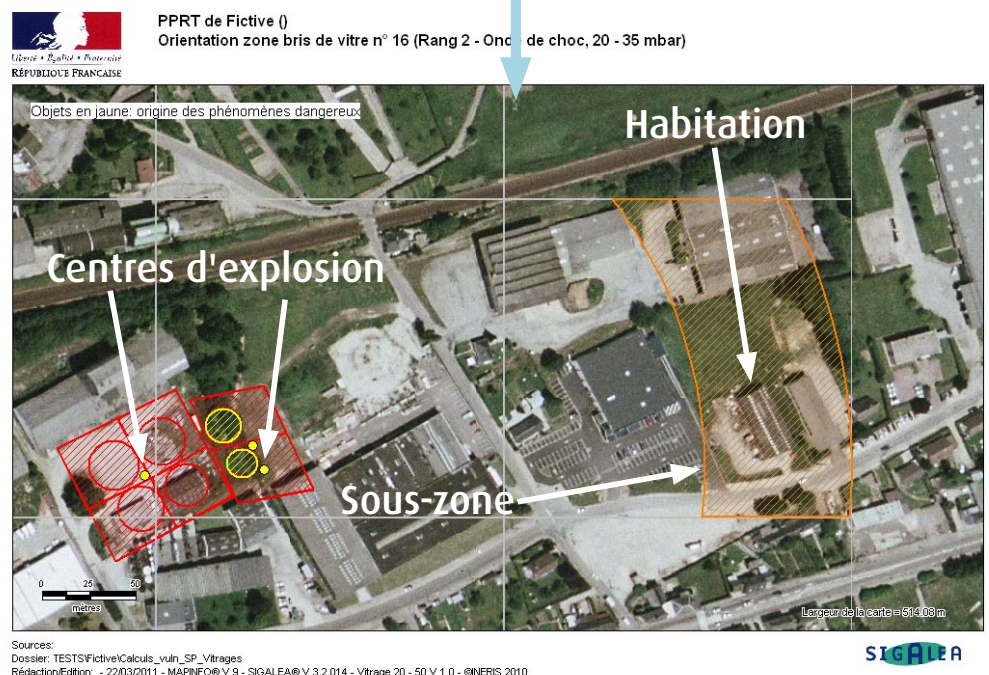
La cartographie d'orientation permet de situer précisément les bâtiments par rapport aux centres d'explosion. Elle est constituée d'une sous-zone (en orange hachuré) dans laquelle se trouve le bâtiment à étudier associé à un (ou des) centre(s) d'explosion (objets jaunes). Chaque sous-zone est l'intersection d'un quadrillage et d'une des zones de la cartographie générale des zones d'enjeu mentionnée ci-dessus.

Orientation des façades d'un bâtiment par rapport au centre d'explosion

attribution des numéros de face

Il existe plusieurs cartographies d'orientation, une par sous-zone. Il convient donc avant toute chose d'identifier la cartographie d'orientation associée à l'habitation étudiée c'est-à-dire celle pour laquelle l'habitation est située dans la sous-zone hachurée en orange.

Dans l'exemple ci-dessous, voici un exemple de carte générale des sous zones, puis une vue rapprochée d'une de ces sous-zones.



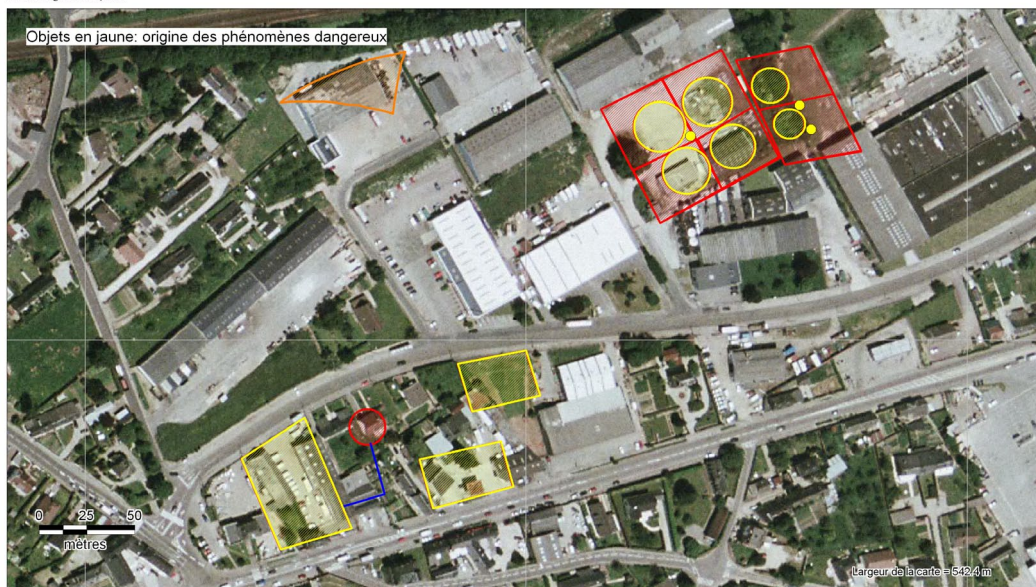
Les centres d'explosion sont le plus souvent représentés par des sources ponctuelles (points jaunes). Cependant dans certains cas, ces sources peuvent être plus étendues et représentées des lignes (lignes jaunes) ou des polygones fermés (zones hachurées en jaune), comme sur l'exemple qui suit.

Orientation des façades d'un bâtiment par rapport au centre d'explosion

attribution des numéros de face



PPRT de Fictive-sous-Bois ()
Orientation zone bris de vitre n° 12 (Rang 1 - Onde de choc, 35 - 50 mbar)



Sources:

Rédaction/Édition: INERIS - 19/04/2011 - MAPINFO® V 9 - SIGALEA® V 3.2.014 - Vitrage 20 - 50 V 1.0 - ©INERIS 2010

SIGALEA

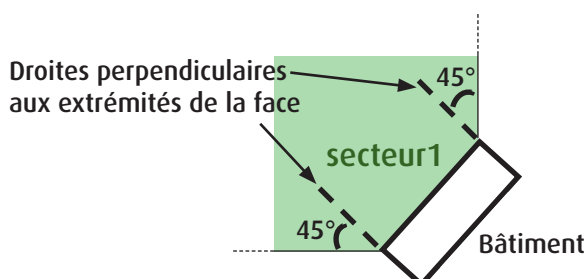
Comment trouver le numéro de chaque face d'un bâtiment ?

Une fois les centres d'explosion connus, on va pouvoir attribuer un numéro à chaque face des bâtiments concernés : face 1 (la plus exposée), face 2, face 3 ou face 4 (la moins exposée).

Ce numéro de face va exprimer la violence des effets que les fenêtres situées sur chaque face du bâtiment sont susceptibles de subir en cas d'accident engendrant une surpression.

L'attribution des numéros va se faire selon une procédure détaillée ci-après et issue du « cahier applicatif du complément technique de la vulnérabilité du bâti aux effets de surpression » [3]. Ce classement va permettre de prendre les mesures appropriées pour la protection des habitants (voir les tableaux de choix des mesures de protection dans les différents chapitres du présent guide).

- **Étape 1** : *Repérer toutes les faces du bâtiment*. En effet, un bâtiment n'a pas forcément une forme simple comme dans les exemples ci-dessous, il y a aussi des dispositions "en L", "en H", etc.
- **Étape 2** : Pour chaque face, on va *déterminer sa position (son orientation) par rapport au(x) centre(s) d'explosion*. Pour ce faire, on va tracer successivement des secteurs de plus en plus larges, définis à partir de la face en cours d'évaluation, puis on va y rechercher un ou des centres d'explosion :

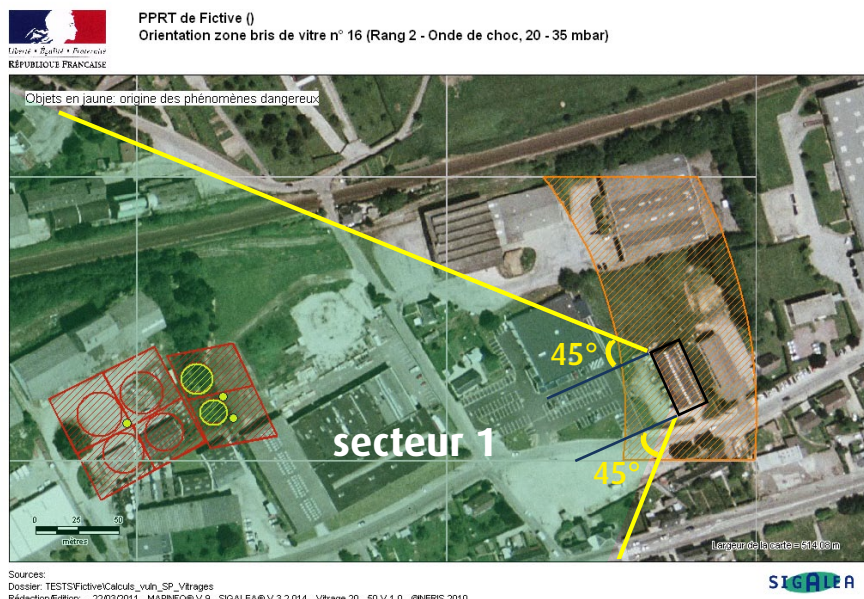


- Si un ou plusieurs centres d'explosion se trouvent dans ce secteur (secteur 1), la face est classée en **face 1**

Orientation des façades d'un bâtiment par rapport au centre d'explosion

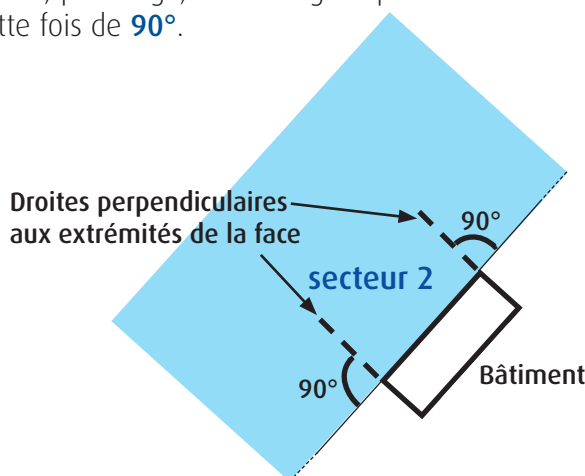
attribution des numéros de face

L'exemple ci-dessous montre l'application de cette méthode dans un cas réel.



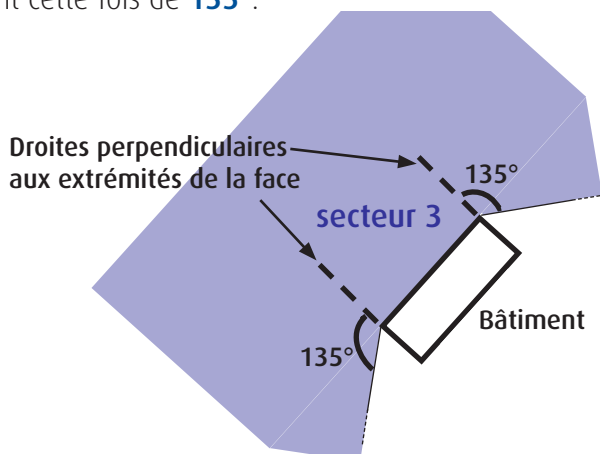
Au moins un centre d'explosion est situé en secteur 1 (le secteur vert de l'exemple ci-dessus), la face correspondante est donc classée en face 1.

- Si aucun centre d'explosion ne se trouve dans ce secteur 1, on va définir un **secteur 2**, plus large, où les angles qui étaient de 45° pour le secteur 1, seront cette fois de 90°.



Si au moins un centre d'explosion se trouve dans ce secteur 2 (le secteur bleu du schéma ci-dessus), la face étudiée est classée en face 2.

- Si aucun centre d'explosion ne se trouve dans ce secteur 2, on va définir un **secteur 3**, encore plus large, où les angles qui étaient de 90° pour le secteur 2, seront cette fois de 135°.



Note

Si vous ne disposez pas des cartes d'orientation, toutes les faces du bâtiment étudié pourront être considérées par défaut comme des faces 1.

Orientation des façades d'un bâtiment par rapport au centre d'explosion

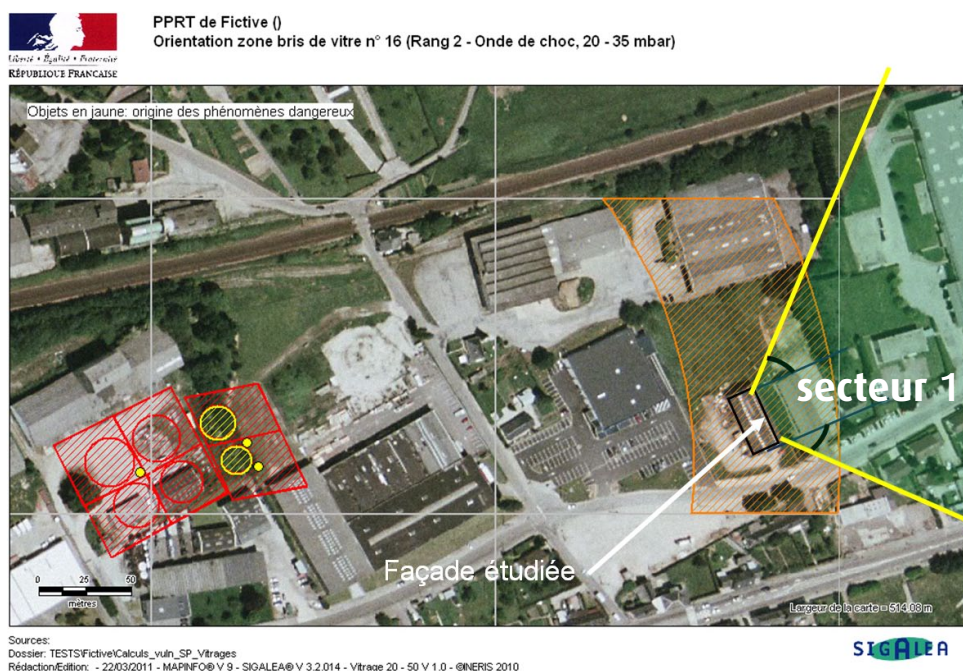
attribution des numéros de face

Si **au moins un centre d'explosion se trouve dans ce secteur 3** (le secteur mauve du schéma ci-avant), la face étudiée est **classée en face 3**.

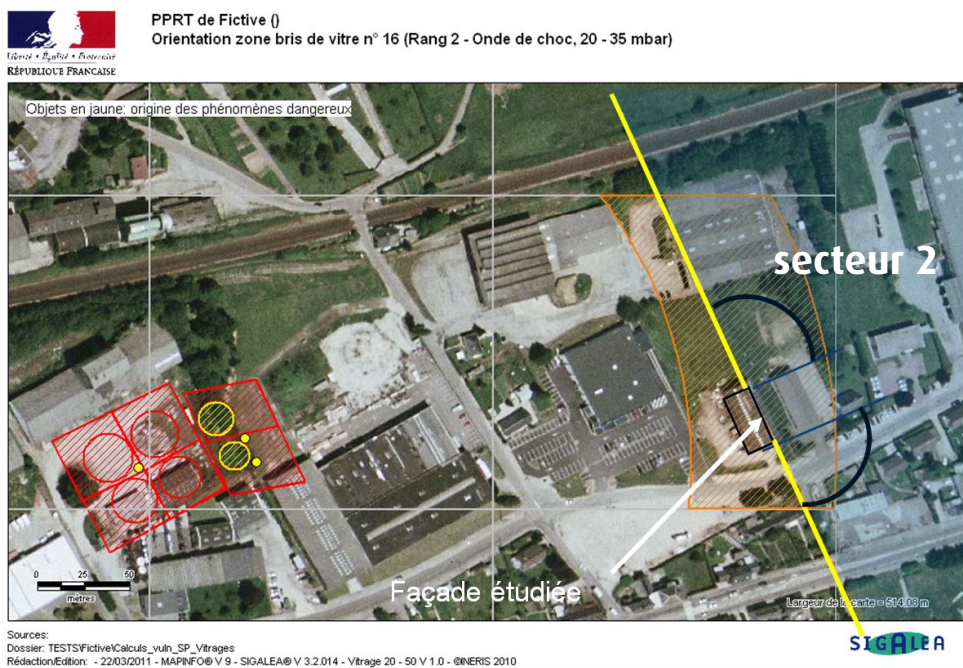
- Si aucun centre d'explosion ne se trouve dans ce secteur 3, la face étudiée est **classée en face 4**.

Étude d'un exemple

Sur ce cas réel, on établit le **secteur 1**



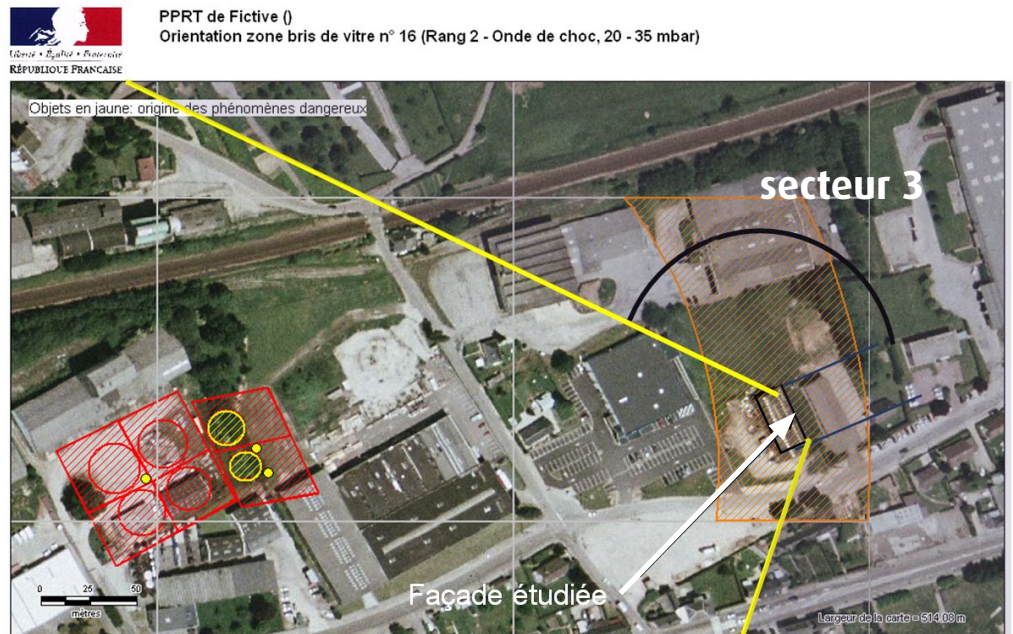
Aucun centre d'explosion n'est dans le secteur 1 (secteur en vert). On trace donc le **secteur 2**, en bleu sur la figure ci-dessous.



Aucun centre d'explosion n'est dans le secteur 2 (secteur en bleu). On trace donc le **secteur 3**, en violet sur la figure ci-après.

Orientation des façades d'un bâtiment par rapport au centre d'explosion

attribution des numéros de face

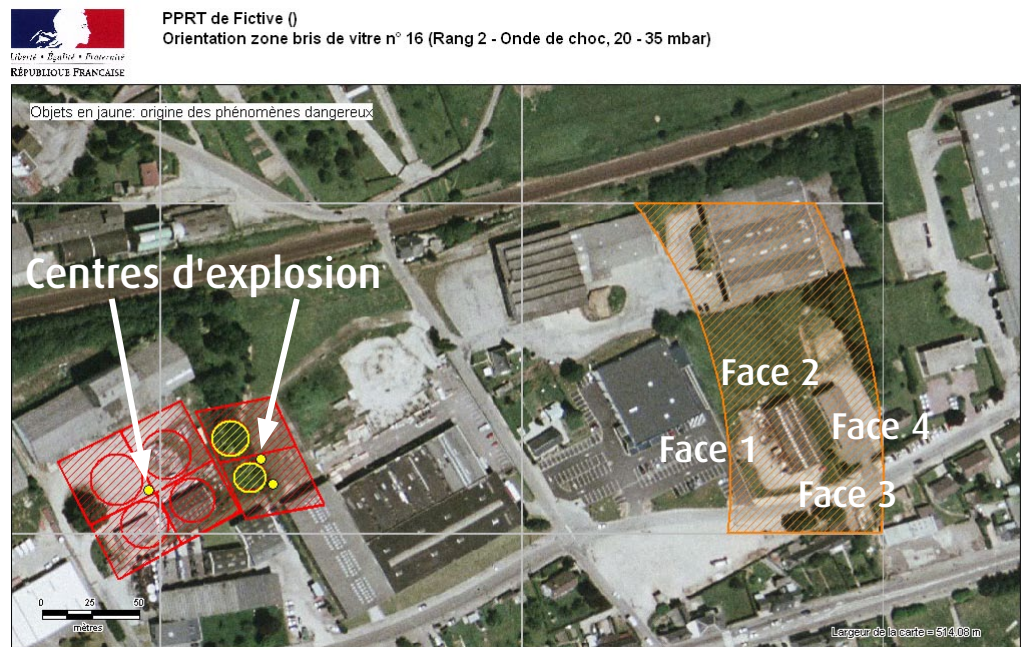


Sources:
Dossier: TESTS\Fictive\Calculs_vuin_SP_Vitrages
Rédaction/Édition: - 22/03/2011 - MAPINFO® V 9 - SIGALEA® V 3.2.014 - Vitrage 20 - 50 V 1.0 - ©NERIS 2010

SIGALEA

Aucun centre d'explosion n'est dans ce secteur 3. Par conséquent, la façade étudiée sera classée en **face 4** (face la moins exposée et donc risquant de subir le moins de dommages).

En appliquant la méthode à toutes les faces du bâtiment de notre exemple, on obtient le classement suivant :



Sources:
Dossier: TESTS\Fictive\Calculs_vuin_SP_Vitrages
Rédaction/Édition: - 22/03/2011 - MAPINFO® V 9 - SIGALEA® V 3.2.014 - Vitrage 20 - 50 V 1.0 - ©NERIS 2010

SIGALEA

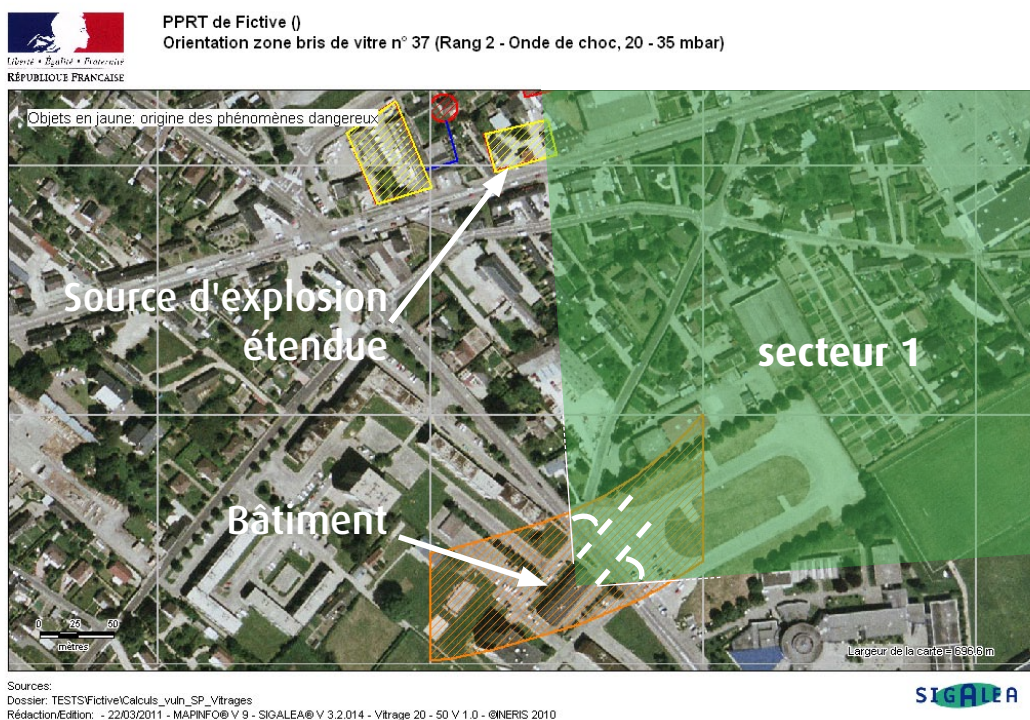
Orientation des façades d'un bâtiment par rapport au centre d'explosion

attribution des numéros de face

Cas des sources d'explosion étendues

Comme évoqué au point précédent, outre les sources ponctuelles (points jaunes), les sources d'explosion peuvent être plus étendues (lignes, polygones fermés par exemple).

Pour ces sources plus étendues, le centre d'explosion sera considéré comme étant dans le secteur étudié (secteur 1, 2 ou 3) dès lors **qu'une partie de la source étendue** sera située **à l'intérieur** de ce secteur.



Dans l'exemple ci-dessus, même si **une partie seulement** d'une source d'explosion étendue (représentée ici par un polygone jaune) **est située dans le secteur 1**, on procède comme si l'ensemble de la source étendue était en secteur 1, et **on classe donc la face** du bâtiment étudiée **en face 1**.

Ce document comporte 48 pages, hors couverture et quatrième de couverture.

INERIS

*maîtriser le risque |
pour un développement durable*

Rédaction : Benjamin LE-ROUX, INERIS - Direction des risques accidentels
Parc Alata, BP2, 60550 VERNEUIL EN HALATTE - www.ineris.fr

Mise en forme pédagogique, conception graphique et mise en page :
Olivier PERON, INERIS formation, Parc Alata, BP2, 60550 VERNEUIL EN HALATTE