

www.ineris.fr/badoris

www.ineris.fr/badoris www.ineris.fr/badoris www.ineris.fr/badoris

www.ineris.fr/badoris



Base de données sur les Barrières Techniques de Sécurité

BADORIS - Document de synthèse relatif à
une Barrière Technique de Sécurité (B.T.S.)

Mur coupe-feu

DRA-09-103202-10009A

Juillet 2010

INERIS

maîtriser le risque |
pour un développement durable |

Document de synthèse relatif à une Barrière Technique de Sécurité (B.T.S.)

Type d'installation : Substances combustibles en entrepôts couverts

Nom du dispositif : Mur coupe-feu
(annule et remplace les éditions précédentes)

Document élaboré par : l'INERIS

Personnes ayant participé à l'étude : Valérie DE DIANOUS, Cécile FOREST, Benjamin TRUCHOT, Frédéric MERLIER, Sylvain CHAUMETTE

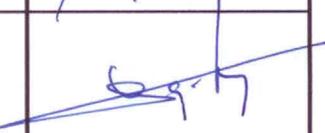
	Rédacteur	Vérificateur	Approbateur
NOM	Patricia KUKUCZKA	Samuel MAUGER	Bernard PIQUETTE
Qualité	Ingénieur Unité "Barrières Techniques et Systèmes de Sécurité"	Responsable de l'Unité "Barrières Techniques et Systèmes de Sécurité"	Directeur Adjoint Direction des Risques Accidentels
Date	25/06/10	30/06/10	1/7/2010
Visa			

TABLE DES MATIÈRES

1. FONCTION DE SECURITÉ	5
2. DESCRIPTION DES MURS COUPE-FEU ET DES ÉCRANS THERMIQUES.	7
2.1 Caractéristiques des murs coupe-feu et des écrans	7
2.2 Constitution et évaluation du caractère REI d'une paroi.....	9
2.2.1 Construction d'une paroi REI	9
2.2.2 Contrôle in situ du mur.....	11
2.3 éléments de sécurité complémentaires	12
2.4 Composants de la barrière de sécurité associés au mur coupe-feu.....	14
2.4.1 Principe : fonction assurée par le mur seul ou par le mur et des mesures associées.....	14
2.4.2 Ouvertures : portes coupe-feu	15
2.4.3 Passages : fermetures au niveau des bandes transporteuses et convoyeurs	16
2.4.4 Traversées de gaines : clapet d'isolement.....	17
2.5 Importance des moyens d'intervention et de lutte contre l'incendie	17
3. EXIGENCES TECHNIQUES.....	19
3.1 Règles et codes de référence	19
3.2 PV et contrôles	19
3.3 Contrôle des bâtiments anciens	20
3.3.1 Evaluation du degré R	21
3.3.2 Evaluation du degré E	21
3.3.3 Evaluation du degré I.....	21
4. PRINCIPES GENERAUX D'EVALUATION DES PERFORMANCES	23
4.1 Mur coupe-feu = dispositif passif.....	23
4.2 Rappel du principe d'évaluation des dispositifs de sécurité passifs	24
4.3 Evaluation des barrières de sécurité "passives".....	24
4.4 Eléments d'évaluation des performances.....	25
4.4.1 Efficacité	25
4.4.2 Temps de réponse.....	25
4.4.3 Niveau de confiance	25
4.4.3.1 Retour d'expérience disponible sur les parois coupe-feu	25

4.4.3.2	Principe d'évaluation du mur coupe-feu (hors mesures associées)...	26
4.4.3.3	Principe d'évaluation des mesures associées	27
4.5	Représentations des phénomènes associés au mur coupe-feu	27
4.5.1	Mur coupe-feu = dispositif passif	27
4.5.2	Fonction assurée par mur et mesures associées.....	27
4.5.3	Durée de l'incendie supérieure au degré coupe-feu	28
5.	EVALUATION DES MURS COUPE-FEU	31
6.	PRISE EN COMPTE DES MURS COUPE-FEU DANS L'ETUDE DE DANGERS : CAS DES ENTREPOTS	33
7.	RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES.....	35

1. FONCTION DE SECURITÉ

La fonction de sécurité associée à un mur ou une paroi coupe-feu est d'éviter la propagation d'un incendie d'un local à l'autre.

Dans les entrepôts, **les murs séparatifs coupe-feu** sont notamment mis en œuvre pour le compartimentage en cellules de tailles réduites, afin de faire obstacle pendant une durée plus ou moins longue à la propagation du feu de la zone sinistrée vers une autre. Les parois doivent répondre, au titre de l'arrêté du 5 août 2002, à la contrainte : « coupe-feu de degré minimal 2 heures ».

Les murs coupe-feu permettent ainsi de limiter la taille de la zone en feu, ce qui a pour effet :

- de réduire les besoins en eau d'extinction ;
- de réduire les effets thermiques potentiels sur les cibles par diminution de la surface en feu (les flammes sont moins hautes) et/ou diminution de la façade rayonnante (longueur du front de flamme plus faible).

Il est à noter que la fonction de sécurité « **éviter la propagation d'un incendie** » peut être assurée selon les configurations **par le mur coupe-feu seul** (cas du mur coupe-feu sans ouverture de type porte coupe-feu) ou être assurée **par le mur coupe-feu associé à des mesures techniques et/ou humaines** (cas du mur coupe-feu comportant des ouvertures de type portes coupe-feu). On se reportera au chapitre 2.4.

Dans tous les cas, l'analyse de la fonction de sécurité ne se limite pas à l'analyse du mur coupe-feu. La mise en œuvre du mur, sa liaison avec la toiture, etc..., doivent être prises en compte dans l'étude du mur. On se reportera au chapitre 2.3.

Note : on distingue les murs ou parois coupe-feu des **écrans thermiques dont la fonction est de réduire les effets radiatifs d'un incendie**. Ces écrans sont disposés entre la source potentielle des effets thermiques et les cibles (humains ou bâtiments) que l'on cherche à protéger. Ils peuvent être en façade de bâtiment ou être éloignés. La présente note se concentre sur l'évaluation des performances des murs coupe-feu et non des écrans.

2. DESCRIPTION DES MURS COUPE-FEU ET DES ÉCRANS THERMIQUES

2.1 CARACTÉRISTIQUES DES MURS COUPE-FEU ET DES ÉCRANS

□ Le rôle des murs et parois coupe-feu est d'empêcher la propagation de l'incendie à la cellule voisine, cellule pouvant contenir des matériaux combustibles.

Une **paroi ou un mur coupe-feu** doit posséder **3 propriétés**, reprises pour la nouvelle dénomination euroclasses :

- **R**ésistance mécanique de la paroi (et stabilité du mur) ;
- **E**tanchéité aux flammes et aux gaz chauds ;
- **I**solation thermique.

Un mur de degré **R120** devra ainsi être **stable au feu** pour une durée de 120 minutes, considérant un chargement donné, c'est à dire les différentes forces pouvant s'exercer sur la paroi (toiture, vent, ...).

Une paroi R120 pourra faire obstacle au rayonnement thermique mais ne sera pas étanche aux flammes et ne possèdera pas de propriété d'isolation. Ainsi, des ouvertures, de type portes de quai, peuvent être présentes au travers d'une paroi R120.

Un mur de degré **RE120** devra, outre la **stabilité**, être **étanche aux flammes et aux gaz chauds** pendant 120 minutes. Cette paroi présente ainsi des caractéristiques de mur pare-flamme. Cette paroi laissera passer la chaleur.

Enfin, un mur **REI 120** devra être RE, avec une contrainte supplémentaire de montée en température de la face externe. Pour un degré de 120 minutes, la température après 2 heures d'exposition à un feu normalisé devra être inférieure à 140 °C en moyenne et à 180 °C ponctuellement (température de face externe de la paroi).

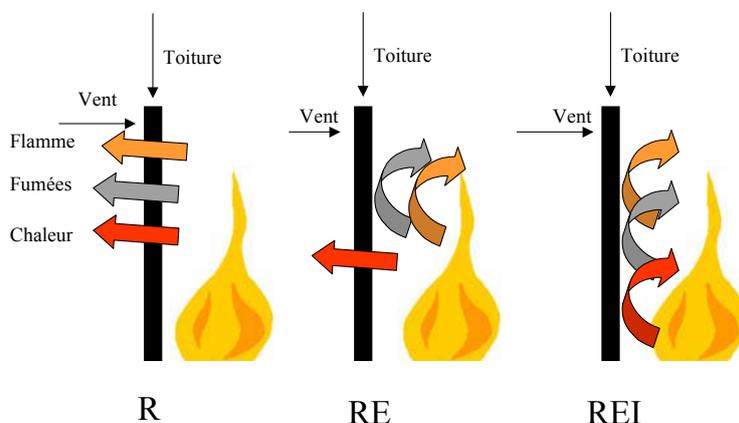


Figure 1 : Rôle des différents types de parois

Un mur **coupe-feu 2h**¹ tel que défini dans l'arrêté du 5 août 2002² est donc une **paroi REI de degré minimal 120**.

Les combinaisons R, E, I sont établies dans l'arrêté du 22 mars 2004³ pour les murs mais aussi pour les planchers et les différents éléments en interaction avec le mur (portes coupe-feu, fermetures coupe-feu des passages de convoyeurs...).

□ Les **écrans thermiques** doivent absorber en partie ou en totalité le rayonnement de l'incendie ; ils doivent ainsi empêcher la propagation des flux radiatifs. Ce type de paroi n'a pas pour objectif d'être étanche aux gaz et aux flammes. Elle ne possède pas non plus nécessairement de qualité de résistance mécanique sous l'effet de l'incendie dans la mesure où elle serait installée suffisamment loin de l'incendie potentiel. Son objectif reste de limiter les effets radiatifs sur les cibles potentielles, cibles humaines mais aussi bâtiments voisins, dans l'objectif de prévenir des effets dominos.

Dans les entrepôts, les murs de façade peuvent constituer des écrans thermiques. Des ouvertures, de type portes de quai, peuvent ainsi être présentes sur ces parois extérieures sans nuire à la bonne réalisation de la fonction de sécurité.

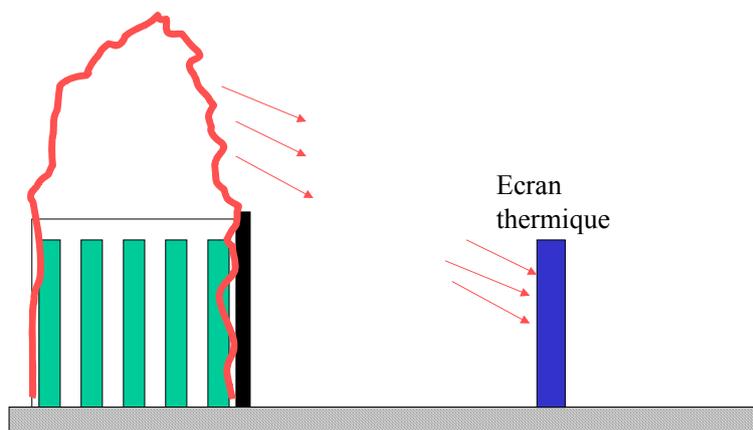


Figure 2 : Représentation schématique du rôle d'un écran thermique

¹ La règle APSAD R15 distingue les **murs séparatifs coupe-feu** (notés MSCF) de degré coupe-feu minimal 4 heures des **murs séparatifs ordinaires** (MSO) de degré coupe-feu 2 heures. Il traite également des **compartiments à l'épreuve du feu** destinés à isoler une activité ou un stockage à l'intérieur d'un bâtiment (en vue de limiter la propagation du stockage concerné vers le reste du bâtiment).

² Arrêté du 5 août 2002 relatif à la prévention des incendies dans les entrepôts couverts soumis à autorisation sous la rubrique 1510.

³ Arrêté du 22 mars 2004 relatif à la résistance au feu des produits, éléments de construction et d'ouvrages

2.2 CONSTITUTION ET EVALUATION DU CARACTERE REI D'UNE PAROI

Les enjeux liés à l'utilisation des parois REI 120, tant pour lutter contre la propagation des incendies que pour contenir les effets du rayonnement thermique, sont tels qu'il convient de s'assurer que les propriétés affichées sont respectées pendant toute la durée de vie de la paroi.

2.2.1 CONSTRUCTION D'UNE PAROI REI

Une paroi REI est constituée de poteaux et de remplissage. Des éléments constitutifs secondaires, mais néanmoins importants, sont nécessaires : joints d'étanchéité par exemple. Aussi, afin de s'assurer du degré coupe-feu de la paroi, il faut s'assurer des différents éléments constitutifs.

En premier lieu, les éléments constitutifs de la paroi doivent être mis en place. Il s'agit de la structure, généralement constituée de poteaux en métal protégés ou en béton. La section (taille et forme) des poteaux, leur nombre, leur hauteur d'enfoncement dans le sol, ... sont dimensionnés afin de répondre aux critères de la paroi souhaitée (R120, R240, ...). Ces éléments s'appuient sur des normes telle, pour le béton, la norme P 92-701. Un exemple de mise en place est reproduit Figure 3, la forme des éléments de structure est réalisée de manière à pouvoir introduire les plaques de remplissage.

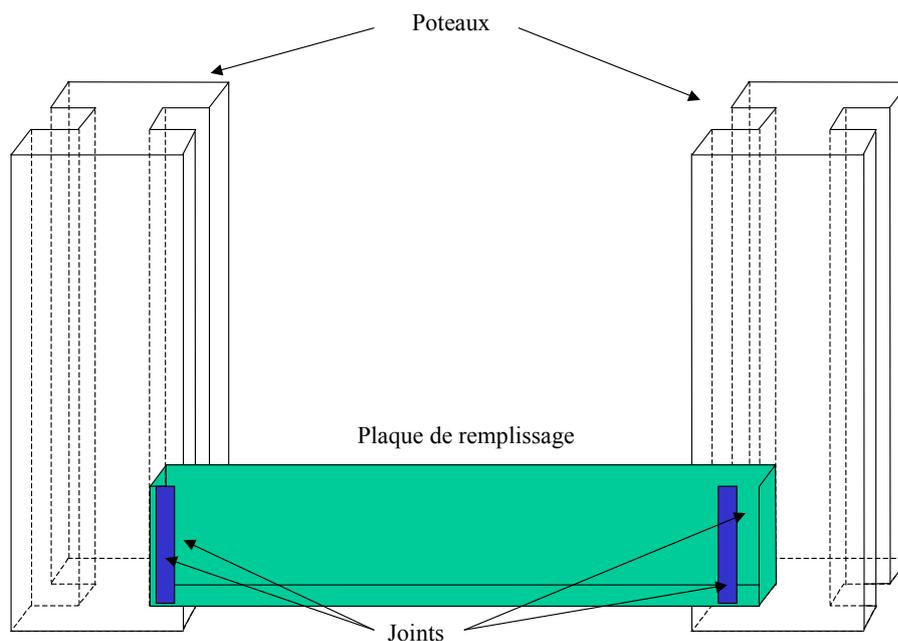


Figure 3 : Schéma d'organisation d'un mur coupe-feu : mise en place des plaques de remplissage dans les poteaux.

Ces poteaux sont reliés aux éléments de charpente destinés à recevoir la toiture, poutres et pannes de rive. Les liaisons entre les poutres et pannes de rive et les poutres et pannes de la charpente doivent ensuite permettre d'absorber les contraintes liées, dans un premier temps, à la dilatation des éléments de toiture et, dans un second temps, à leur rupture. Cela doit permettre d'éviter la ruine du mur et la ruine en chaîne des cellules, voir Figure 4.

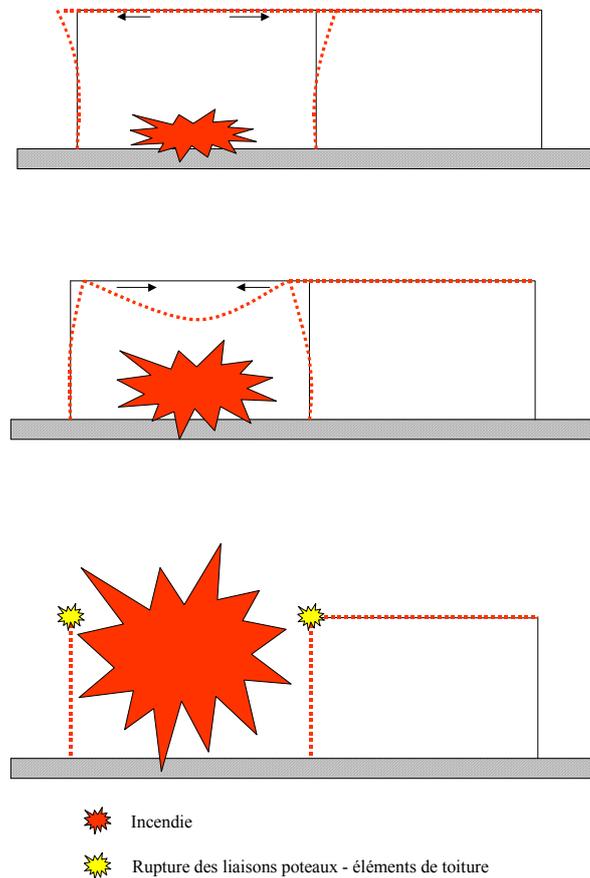


Figure 4 : Déformation progressive de la structure au cours de l'incendie d'une cellule.

Les plaques de remplissage utilisées peuvent être en différents matériaux (béton cellulaire, plaque de plâtre, ...). La liste des matériaux utilisés ne peut en aucun cas être exhaustive, de nouveaux matériaux pouvant être utilisés sous condition qu'ils répondent aux critères et passent les tests avec succès. Ainsi, ces éléments sont soumis, avant d'être mis sur le marché, à des tests normalisés permettant de définir leur degré de résistance au feu. Ces plaques sont placées dans des fours dont la température est augmentée suivant la courbe de feu normalisé (courbe ISO 834) et placée sous contraintes correspondant à un empilement de plaque sur une hauteur importante et supérieure à la hauteur standard d'une paroi REI. On mesure alors au cours de l'essai, la température sur la face externe afin de définir le degré I, on examine au cours du temps les ouvertures au travers et entre les plaques afin d'évaluer le degré E, et enfin, on s'assure de la tenue de la structure afin de valider le degré R. A l'issue de ces essais, si les différents critères sont vérifiés, un PV certifie le niveau REI de la plaque.

Lors de la mise en place de la paroi, le degré minimal entre le degré R des poteaux et le degré REI des plaques est retenu comme le degré REI de la paroi. Concrètement, si les poteaux sont R120 et que les plaques de remplissage sont REI 360, la paroi sera au final de degré R120. L'étanchéité au niveau des poteaux est assurée par des joints hautement résistants.

2.2.2 C ONTROLE IN SITU DU MUR

Les différents essais réalisés avant la construction du mur ne peuvent en aucun cas être effectués après la livraison de la paroi. En effet, la mise en place d'un feu normalisé dans une cellule d'entrepôt avec l'ensemble de la métrologie associée est irréaliste. Ainsi, on s'assure, à la livraison du mur que les critères des constructions ont bien été vérifiés.

Si les tests de certification sont impossibles sur site, des contrôles non destructifs peuvent être réalisés. Des contrôles visuels peuvent permettre de garantir le degré E du mur par l'absence d'ouverture. Le degré I ne devant pas subir d'altération si le degré E est maintenu, le critère principal étant alors de conserver la résistance du mur. Pour cela, des contrôles non intrusifs, de type radiographie par exemple, pourront permettre de s'assurer que la structure du mur est conforme à la livraison originale : absence de fissures internes, pas de déformation des liaisons, ...

Enfin, il convient de s'assurer que les charges utilisées pour le dimensionnement du mur correspondent toujours aux charges réelles. Une mezzanine pouvant, par exemple, changer fortement les charges d'exploitation, son installation avec liaison aux poteaux des murs CF doit faire l'objet d'une étude spécifique pour la tenue du mur.

2.3 ELEMENTS DE SECURITE COMPLEMENTAIRES

L'analyse de la fonction de sécurité assurée par un mur coupe-feu ne se limite pas à l'analyse du mur coupe-feu. La mise en œuvre du mur, sa liaison avec la toiture, etc.... doivent être prises en compte dans l'étude du mur.

□ Dépassements en toiture, exutoires éloignés du mur

Considérons le cas de deux cellules voisines séparées par un mur coupe-feu. On supposera dans un premier temps que ce mur n'a aucune ouverture et dépasse d'1 m en toiture⁴. Cette configuration est représentée sur la *Figure 5*. Les flammes sont reproduites en trait rouge.

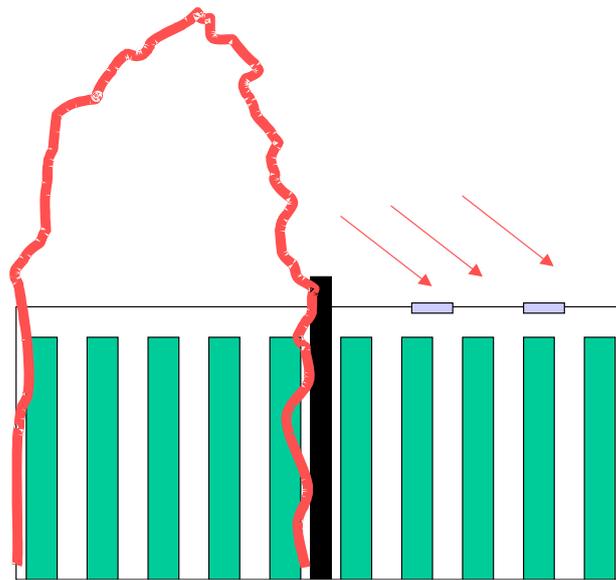


Figure 5 : Schéma de l'incendie d'une cellule de produit.

On remarque sur ce schéma que le rayonnement incident sur la toiture voisine est important. Ainsi, certaines mesures doivent être adjointes à la présence de la paroi coupe-feu (dépassements en toiture, exutoires éloignés des parois, etc.). Pour les entrepôts, ces mesures font d'ailleurs l'objet de prescriptions dans l'arrêté du 5 août 2002. De même, comme discuté précédemment, les liaisons des poteaux avec les pannes et les poutres doivent permettre d'assurer la tenue du mur en cas de dilation puis de ruine des éléments de toiture.

⁴ Longueur de dépassement conforme aux exigences de l'arrêté du 5 août 2002.

□ **Calfeutrements autour des passages de canalisation, gaines**

Toutes les pénétrations dans des murs coupe-feu doivent permettre d'assurer le maintien des caractéristiques des murs coupe-feu.

Pour les câbles, les tuyauteries et autour des gaines de ventilation traversant un mur coupe-feu, un calfeutrement des passages doit être réalisé, ce calfeutrement devant assurer a minima le même degré coupe-feu que le mur.

La protection repose sur trois grands principes :

- l'intumescence : soumis à la chaleur, le produit montre une expansion irréversible et significative puis se carbonise. Cette expansion absorbe en partie la chaleur et le produit une fois carbonisé fait office d'isolant thermique ;
- l'endothermie : Le produit isolant contient de l'eau qui absorbe la chaleur en s'évaporant ce qui limite l'élévation de température de l'organe à protéger ;
- l'ablation : Le produit isolant se consume lentement en minimisant la conduction de chaleur vers l'organe à protéger.

Les règles APSAD R15 [4] et R16 [5] définissent des exigences relatives aux ouvertures et passages.

Elles interdisent notamment la traversée de canalisations ou de gaines de ventilation au travers de murs coupe-feu. Pour les canalisations, le passage dans un caniveau de sable est la seule mise en œuvre autorisée. Ce type de passage en caniveau est également recommandé pour le passage de câbles. A défaut (mais c'est le cas le plus usuellement rencontré), le matériau de calfeutrement doit faire l'objet d'un essai vérifiant sa résistance au feu (sauf pour le plâtre et le mortier de ciment). Ces règles APSAD sont en revanche moins exigeantes pour les murs séparatifs ordinaires⁵.

□ **Absence de matières combustibles de part et d'autre du mur coupe-feu**

La possibilité de propagation de l'incendie par la présence de matières combustibles doit être évitée (absence de broussailles, de palettes, de camions contigus...).

A défaut, des mesures visant à prévenir la propagation doivent être mises en œuvre (cf. chapitre 2.4). Une procédure d'évacuation du camion en cas de départ de feu dans la cellule peut, par exemple, être mise en place afin d'éviter la propagation de l'incendie aux cellules voisines par l'intermédiaire des camions stationnés en zone de quai.

⁵ La règle AP SAD R15 distingue les **murs séparatifs coupe-feu** (notés MSCF) de degré coupe-feu minimal 4 heures des **murs séparatifs ordinaires** (MSO) de degré coupe-feu 2 heures

2.4 COMPOSANTS DE LA BARRIÈRE DE SÉCURITÉ ASSOCIÉS AU MUR COUPE-FEU

2.4.1 PRINCIPLE : FONCTION ASSURÉE PAR LE MUR SEUL OU PAR LE MUR ET DES MESURES ASSOCIÉES.

La fonction de sécurité "éviter la propagation d'un incendie" peut être assurée selon les configurations **par le mur coupe-feu seul** (cas du mur coupe-feu sans ouverture de type porte coupe-feu) ou être assurée **par le mur coupe-feu associé à des mesures techniques et/ou humaines** (cas du mur coupe-feu comportant des ouvertures de type portes coupe-feu).

Les deux situations suivantes se présentent :

- **lorsque le mur coupe-feu constitue à lui seul la barrière de sécurité** (exemple du mur coupe-feu sans ouvertures dans le mur), l'évaluation des performances repose sur l'évaluation du mur ;
- **lorsque le mur est associé à des mesures techniques et/ou humaines pour constituer la barrière de sécurité** (par exemple portes coupe-feu dans un mur coupe-feu), l'évaluation de la barrière doit prendre en compte l'évaluation des mesures associées.

Ces mesures associées peuvent intervenir à deux niveaux.

- des mesures peuvent être prises pour éviter une propagation de l'incendie par des éléments externes au mur coupe-feu (procédures pour éviter la présence de part et d'autre du dépassement externe d'un mur coupe-feu de substances combustibles trop rapprochées telles que palettes, camions contigus en absence des chauffeurs, broussailles...) ;
- des mesures d'obturation autour des ouvertures dans le mur coupe-feu sont nécessaires pour garantir le même degré coupe-feu que le mur. De nombreuses parois coupe-feu construites sont ainsi pourvues d'ouvertures qui peuvent être :
 - des ouvertures permettant le passage de personnes ou de véhicules. Ces ouvertures, appelées baies libres, sont fermées par des portes coupe-feu. Ces portes doivent faire l'objet d'une attention particulière. En effet, de nombreux cas de défaillances de la fonction « empêcher la propagation de l'incendie » ont pour origine la non fermeture de la porte coupe-feu.
 - des passages permettant la traversée de câbles, gaines de ventilation, tuyauteries ou de convoyeurs ou bandes transporteuses. Pour ces éléments, on distingue les éléments de calfeutrement permanent (autour des canalisations par exemple) des éléments d'obturation automatique (par exemple clapet dans les gaines de ventilation).

Les éléments permanents sont pris en compte dans le cadre de l'évaluation des performances du mur proprement dit (cf. chapitre 2.3), tandis que les éléments d'obturation automatiques sont évalués indépendamment du mur, pour évaluer la fonction de sécurité. Ces éléments sont décrits dans les paragraphes suivants.

2.4.2 O UVERTURES : PORTES COUPE-FEU

Les portes présentes dans les parois coupe-feu doivent présenter les mêmes qualités de résistance au feu que les cloisons sur lesquelles elles sont installées.

Les portes peuvent être de deux types :

- **Portes manuelles normalement fermées** pour permettre le passage du personnel par exemple. La fermeture est généralement réalisée par un ressort de rappel la maintenant fermée.
- **Portes automatiques qui doivent pouvoir se fermer automatiquement sur détection d'inc endie**. La détection peut être réalisée de deux façons :
 - à partir d'un fusible monté sur la porte dont la fusion conduit à la libération d'un ressort de rappel de fermeture de la porte coupe-feu ;
 - à partir d'un mécanisme activé par le système automatique de détection incendie (détecteurs flamme ou détecteurs de fumées) qui conduit à la fermeture de la porte par l'intermédiaire d'un automate ou d'un système de relaying.

On notera **deux éléments essentiels** pour évaluer le système de fermeture automatique des portes :

- l'absence d'obstacle à la fermeture ;
- l'utilisation d'un dispositif de fermeture situé en partie haute de la cellule (DAD : Détecteur Autonome Déclencheur). En effet, une fermeture par simple thermofusible situé juste au-dessus de la porte implique généralement une fermeture trop tardive de la porte. La représentation en Figure 6 des deux systèmes permet de comprendre l'intérêt des DAD : les fumées chaudes étant situées en partie haute de la cellule, le temps de réponse de DAD est bien plus faible que celui d'un thermofusible. Le thermofusible (en bleu) permet la fermeture de la porte lorsque la température au niveau du fusible atteint la température de rupture. Le câble retenant la porte est alors coupé et la porte se ferme par gravité. La détection infrarouge par DAD agit lorsque la visibilité diminue en partie haute. L'alimentation de l'électro-aimant est alors coupée et la porte se ferme, de même, par gravité. Dans ce second cas, l'électro-aimant doit être à sécurité positive afin de garantir la fermeture des portes en cas de défaillance du système.

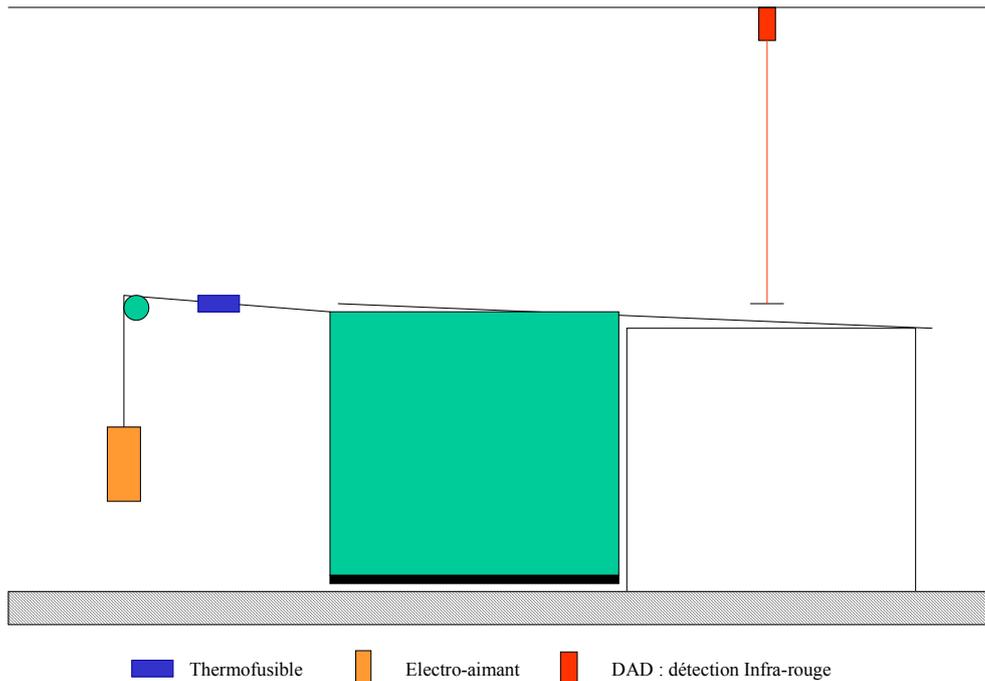


Figure 6 : Portes coupe feu avec différents systèmes de fermeture : thermofusible et DAD.

Note : les ouvertures pratiquées dans les écrans thermiques ne sont pas nécessairement coupe-feu. Par exemple, dans la majorité des situations, les portes sur les quais ne sont pas coupe-feu.

2.4.3 PASSAGES : FERMETURES AU NIVEAU DES BANDES TRANSPORTEUSES ET CONVOYEURS

Ces passages, situés dans les murs ou les planchers, doivent également être protégés afin de maintenir le caractère coupe-feu du mur ou du plancher. Une contrainte supplémentaire par rapport aux passages identifiés précédemment est de s'assurer que les objets transportés ne gênent pas l'obturation en cas d'incendie, notamment en cas de coupure électrique.

Ces passages sont donc équipés de systèmes de **fermeture coupe-feu** qui doivent :

- éviter le passage d'objets enflammés d'un côté à l'autre de l'ouvrage ;
- rétablir le degré coupe-feu du mur ou du plancher au niveau de l'ouverture.

On notera **deux éléments** pour évaluer le système de fermeture coupe-feu :

- **la possibilité de fermeture complète des systèmes**, ce qui implique que des mesures sont prises pour commander l'arrêt du convoyeur et éviter que le convoyeur lui-même ou les objets transportés ne forment un obstacle à la fermeture complète des fermetures coupe-feu ; le dispositif de fermeture doit être suffisamment fiable (alimentation électrique secourue ou mécanique ou hydraulique, etc.) ;
- **l'existence de systèmes automatiques : la fermeture coupe-feu doit pouvoir se fermer automatiquement sur détection d'incendie** (par exemple fusible ou détecteurs autonomes déclencheurs), ces détecteurs étant placés de part et d'autre du mur ou du plancher.

La règle APSAD R16 préconise ainsi un certain nombre d'exigences dont :

- la fermeture par une intervention humaine (action sur un bouton d'arrêt d'urgence) est exigée en plus de l'action automatique ;
- en cas de détection, le système central doit déclencher la fermeture des systèmes d'isolement ;
- le déclenchement d'un dispositif de fermeture coupe-feu au niveau d'un convoyeur doit conduire à fermer également les autres systèmes de fermeture des convoyeurs traversant le même ouvrage...
- l'industriel doit faire valider à l'assureur son système de sécurité.

2.4.4 TRAVERSEES DE GAINES : CLAPET D'ISOLEMENT

Toutes les pénétrations dans des murs coupe-feu doivent permettre d'assurer le maintien des caractéristiques des murs coupe-feu.

Pour les gaines de ventilation, des clapets d'isolement dans les gaines se fermant automatiquement en cas de détection de température anormale dans la gaine permettent d'assurer la caractéristique coupe-feu du mur.

2.5 L'IMPORTANCE DES MOYENS D'INTERVENTION ET DE LUTTE CONTRE L'INCENDIE

La fonction de sécurité assurée par le mur coupe-feu est le plus souvent couplée à une fonction de sécurité réalisée par des moyens d'intervention et de lutte contre l'incendie. Les moyens d'intervention interviennent de trois façons :

- ils permettent d'éteindre l'incendie afin de réduire la durée de l'incendie à une durée inférieure au degré coupe-feu du mur ;
- ils peuvent aider à la prolongation des propriétés du mur par une action de refroidissement ;

- au-delà du temps associé au degré coupe-feu, ils interviennent en relais du mur coupe-feu pour limiter la propagation de l'incendie. On note cependant que le degré coupe-feu du mur est établi selon des essais normalisés et que l'accidentologie montre que les murs résistent généralement au-delà de la durée théorique.

On peut schématiser la succession d'événements par la Figure 7. Sur cette figure, l'instant $t_{\text{coupe-feu}}$ correspond à la durée (théorique) pendant laquelle la paroi assure seule la fonction de sécurité. On pourra se reporter également à la figure § 4.5.3.

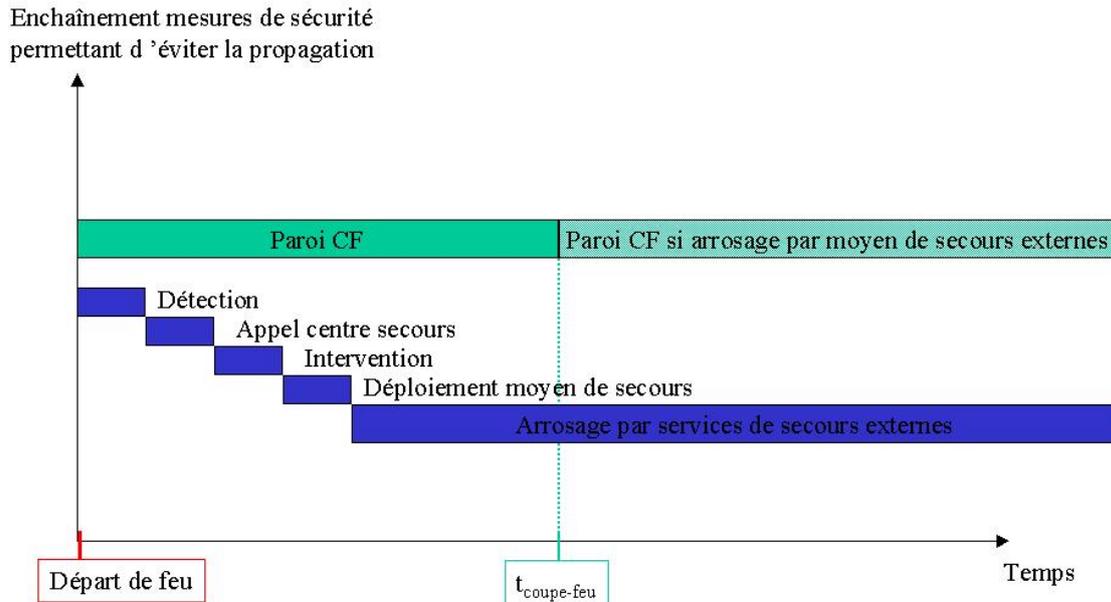


Figure 7 : Représentation schématique de l'enchaînement des barrières de sécurité.

3. EXIGENCES TECHNIQUES

3.1 RÈGLES ET CODES DE RÉFÉRENCE

La réglementation définit un premier volet d'exigences. Les arrêtés sont consultables sur le site internet de l'INERIS (<http://aida.ineris.fr/>). Parmi eux :

- Arrêté du 22 mars 2004 relatif à la résistance au feu des produits, éléments de construction et d'ouvrages ;
- Arrêté du 5 août 2002 relatif à la prévention des sinistres dans les entrepôts couverts soumis à autorisation sous la rubrique 1510.

Les règles DTU définissent des exigences sur les structures.

Les deux règles APSAD suivantes (documents volontaires) définissent des exigences techniques :

- Règle APSAD R15 [4]: « Règle de construction : Ouvrages séparatifs coupe-feu ».
- Règle APSAD R16 [5]: « Règles d'installation – Fermetures coupe-feu ».

De même, la NFPA 221 [6] définit des exigences techniques.

Il est également possible de se reporter aux normes ou codes figurant en référence de ce document.

3.2 PV ET CONTRÔLES

□ Degré coupe-feu

La propriété intrinsèque coupe-feu d'un mur est garantie par **l'émission d'un Procès Verbal de classement au feu** pour les poteaux et les remplissages. Mais cette garantie ne concerne pas la totalité de l'installation (liaison toit-mur, hauteur de la remontée du mur en toiture...).

Il faut noter que cette durée est déterminée par des essais normalisés⁶ avec des feux standards et une distance fixée entre le mur et l'incendie. De ce fait, la durée réelle de tenue au feu peut être différente de la tenue déterminée par les essais standards. Ainsi, pour des aérosols avec des feux puissants ou lorsque les matières combustibles sont stockées à proximité des murs, la durée réelle de tenue au feu peut être sensiblement réduite. Le mode de stockage dans la cellule n'est donc pas indifférent sur la tenue du mur (pour une durée fixée).

⁶ selon courbe ISO 834.

On note cependant que le retour d'expérience montre généralement des tenues plus élevées que le degré annoncé.

La durée peut en revanche être augmentée si le mur est arrosé (par exemple par les pompiers en cas d'intervention...). Il est possible d'équiper certains murs, coupe-feu ou non, de dispositifs d'arrosage. Toutefois, les moyens en eau de cette protection sont très importants. Ils doivent être distincts des réserves en eau du réseau de sprinklage. De plus, elle ne présente une efficacité certaine que si elle peut être mise en œuvre très précocement. Il est en effet particulièrement néfaste d'arroser un mur déjà chaud.

□ **Contrôles sur la mise en œuvre générale**

La conception et la construction du mur sont réalisées en suivant des standards de construction (règles APSAD, NFPA ou DTU par exemple). La compétence de l'entreprise réalisant l'installation ou intervenant en maintenance est un paramètre important pour la garantie de la qualité de la construction mais en l'absence d'accréditation, cette compétence est difficile à évaluer.

Il est à noter que des certifications existent pour l'installation et la maintenance des portes coupe-feu, en lien avec la règle APSAD R16.

Les assureurs effectuent un premier contrôle à la mise en service des installations et réalisent ensuite des contrôles périodiques.

Un premier contrôle sera effectué à la mise en service du mur et sera suivi de contrôles réguliers. Le chapitre 5 présente la check-list des points à vérifier lors de ces contrôles. Différents points de contrôle sont présentés dans les règles APSAD R15 [4] et R16 [5].

3.3 C ONTROLE DES BATIMENTS ANCIENS

Le point de départ de la classification d'une paroi est les PV délivrés, notamment pour le remplissage. Or, nombre d'installations anciennes ont été construites avant l'instauration de ce système de contrôle. Dans la mesure où il est inconcevable d'obliger les exploitants à construire systématiquement des parois certifiées en lieu et place des parois existantes, il convient de déterminer une procédure d'évaluation. Il est ainsi nécessaire de déterminer, pour une paroi existante, les degrés R, E et I.

3.3.1 E VALUATION DU DEGRE R

La tenue au feu de la paroi devra être calculée à partir des éléments de structures disponibles : plan, matériaux constitutifs, données concernant le ferrailage, ... Ce calcul devra prendre en compte l'ensemble des charges actuelles s'appliquant sur la paroi et considérer la soumission thermique. Deux solutions sont envisageables pour les conditions thermiques. Il est possible de réaliser un calcul normalisé en considérant la courbe ISO 834. La résistance de la paroi sera alors donnée de façon « normalisée ». Cependant, cette approche peut se révéler très pénalisante dans certains cas (stockage de pièces métalliques, de bouteilles d'eau, ...). Il est envisageable, dans ce cas, de calculer la sollicitation thermique réelle sur la paroi. Dans ce second cas, la résistance de la paroi sera donnée au regard des marchandises présentes et l'exploitation sera alors conditionnée par ce type de marchandises. En effet, est-il nécessaire pour une exploitation ancienne stockant des matériaux non ou faiblement combustibles, d'avoir des parois REI 120, étant entendu que les parois existantes résistent au moins deux heures à un feu réel au vu des marchandises présentes.

Le calcul permettra de déterminer la résistance de la paroi d'origine. Afin de s'assurer que la paroi n'a pas été altérée au cours des années un contrôle de sa structure sera nécessaire au moyen, par exemple, de la radiographie.

3.3.2 E VALUATION DU DEGRE E

Le degré E d'une paroi est un corollaire de sa résistance. En effet, afin d'assurer l'étanchéité, la paroi doit avant tout résister à la sollicitation thermique en cas de feu.

Cependant, si le degré R est nécessaire, il n'est pas suffisant. Il est nécessaire de s'assurer, en outre, de l'absence totale de fissures ou autres ouvertures. De même, il sera indispensable de contrôler les étanchéités au niveau des blocs portes.

3.3.3 E VALUATION DU DEGRE I

Le niveau d'isolation d'une paroi peut être estimé de manière expérimentale ou par calcul. En effet, ce critère est directement lié à la conductivité thermique du matériau utilisé et à l'épaisseur du mur. Ainsi, pour un mur constitué d'un matériau homogène (béton plein par exemple), le calcul de la conduction au travers la paroi avec, pour données d'entrée les températures d'un feu normalisé, permettent de calculer la température de la face externe après la durée d'exposition souhaitée et ainsi de savoir si le mur répond ou non au critère I. Cela revient à calculer une valeur de la résistance thermique de la paroi, à comparer à la résistance thermique nécessaire pour garantir le degré I.

Pour un matériau on homogène, deux configurations sont possibles :

1. l'exploitant possède l'ensemble des plans permettant de déterminer précisément la composition du mur ;
2. l'exploitant ne possède pas ces éléments.

Dans le premier cas, il s'agira d'adjoindre au calcul de conductivité, un calcul de la conductivité thermique équivalente du mur. Ce calcul réalisé, il sera possible de déterminer, comme précédemment, l'élévation de la température sur la face externe de la paroi.

Dans le second cas, la conductivité thermique de la paroi devra être mesurée expérimentalement sur site. La valeur mesurée permettra ensuite de réaliser les calculs de conductivité pour l'ensemble de la paroi.

Ce travail devra être réalisé pour l'ensemble de la paroi, c'est-à-dire pour le remplissage principal mais aussi, le cas échéant, pour le matériau utilisé pour calfeutrer d'anciennes ouvertures.

De même que pour les calculs de résistance des parois, un calcul normalisé sera possible mais très pénalisant pour certaines situations, un calcul pourra alors être réalisé sur la base de feu réel.

4. PRINCIPES GENERAUX D'EVALUATION DES PERFORMANCES

4.1 MUR COUPE-FEU = DISPOSITIF PASSIF

Le rapport INERIS relatif à l'évaluation des barrières techniques de sécurité (Oméga 10 [2]) définit un **dispositif passif** comme un dispositif ne mettant en jeu aucun système mécanique pour remplir sa fonction et ne nécessitant ni action humaine (hors intervention de type maintenance), ni action d'une mesure technique, ni source d'énergie externe pour remplir sa fonction.

Un mur coupe-feu est donc a priori un dispositif passif s'il assure sa fonction de manière indépendante.

Mais le mur coupe-feu peut être associé à des mesures techniques et/ou humaines⁷ pour constituer une barrière de sécurité, ce qui remet alors en cause son caractère passif. La défaillance des mesures associées peut dégrader ou remettre en cause l'efficacité de la fonction de sécurité.

On note aussi que l'efficacité du mur coupe-feu est également remise en cause au-delà du degré coupe-feu du mur.

Le degré coupe-feu du mur est défini sur la base de feu normalisé (feu ISO 834). Ces feux ne correspondent pas à des feux réels et ne prennent pas en considération le développement de l'incendie dans un entrepôt. En effet, les tests réalisés supposent une mise en contrainte thermique continue du mur. Or, dans le cas d'une cellule d'entrepôt de 6 000 m², le mur ne sera pas soumis au feu pendant toute la durée de l'incendie mais uniquement pendant la durée de l'incendie du combustible situé à proximité => propagation si départ de feu au centre de la cellule.

Le degré de tenue au feu des parois dépend à la fois du combustible lui-même, le pouvoir calorifique d'un stockage d'eau est plus faible que celui d'un stockage de palette de bois, mais aussi de l'agencement de ce combustible, des palettes de bois produiront un incendie plus puissant que des plaques de contreplaqué empilées.

⁷ Mesures de type éléments d'obturation automatique des ouvertures, ou mesures pour prévenir la propagation par des éléments externes.

4.2 R APPEL DU PRINCIPE D'ÉVALUATION DES DISPOSITIFS DE SECURITE PASSIFS

L'évaluation des dispositifs passifs repose globalement sur les mêmes principes que les autres dispositifs. Le principe d'évaluation est précisé dans le rapport Oméga 10 [2].

En résumé, les différentes étapes de l'évaluation sont les suivantes :

- 1- Vérification que le dispositif est conçu pour un usage en sécurité et que son fonctionnement n'est pas affecté par la phase accidentelle (indépendance).
- 2- Évaluation de **l'efficacité** dans un contexte d'utilisation et pour une durée de fonctionnement donnée.
- 3- Evaluation du **temps de réponse** (critère généralement non pertinent pour un dispositif passif).
- 4- Evaluation du **Niveau de Confiance (NC)** du dispositif. Ce paramètre est évalué de manière spécifique pour un dispositif passif.

L'évaluation de ces différents critères est précisée au chapitre 4.4.

4.3 E VALUATION DES BARRIERES DE SECURITE "PASSIVES"

Deux situations se présentent :

- **Lorsque le dispositif passif constitue à lui seul une barrière de sécurité** (exemple du mur coupe-feu sans ouverture dans le mur pour la durée inférieure au degré coupe-feu du mur), l'évaluation repose simplement sur les principes définis plus haut ; **la barrière est passive.**
- **Lorsque le dispositif passif est associé à des mesures techniques et/ou humaines pour assurer une fonction de sécurité** (par exemple portes coupe-feu dans un mur coupe-feu, fermeture manuelle de portes dans un mur coupe-feu), l'évaluation de la barrière doit prendre en compte l'évaluation des mesures associées (en utilisant par exemple les méthodes développées dans les rapports Oméga 10 [2] et Oméga 20 [3]).

La défaillance des mesures associées conduit à la perte totale de la fonction de sécurité (propagation de l'incendie), si bien que l'évaluation des performances est faite en intégrant dans la performance de la barrière les performances des mesures associées. On ne considère alors que deux situations : fonctionnement ou défaillance de la fonction de sécurité. Les paramètres (efficacité, NC...) sont alors évalués pour la fonction de sécurité.

La barrière (dont la fonction de sécurité est la prévention de la propagation d'un incendie) constituée par le mur et les mesures associées **n'est pas une barrière passive.**

4.4 ELEMENTS D'EVALUATION DES PERFORMANCES

4.4.1 EFFICACITE

- **L'efficacité d'un mur coupe-feu doit être évaluée dans son contexte d'utilisation et pendant une durée donnée de fonctionnement.**

L'efficacité du mur sera évaluée à partir des informations suivantes :

- nature et quantité de substances combustibles qui définissent la durée potentielle de l'incendie et l'écart relatif par rapport au feu standard des essais normalisés ;
 - dispositions constructives ;
 - maintien de l'intégrité du mur ;
 - vérification de l'absence de matières combustibles à l'extérieur du mur coupe-feu, de part et d'autre de celui-ci.
- **Lorsque la fonction de sécurité dépend de mesures associées, il faut évaluer l'efficacité de ces mesures associées. Par exemple :**
 - efficacité des procédures de prévention de la présence de matières combustibles à l'extérieur du mur coupe-feu, de part et d'autre de celui-ci ;
 - efficacité des fermetures coupe-feu.

4.4.2 TEMPS DE REPONSE

Ce critère n'est pas pertinent pour le mur coupe-feu proprement dit. Cependant, le temps de réponse des éléments annexes (fermetures des portes coupe-feu...) doit être pris en compte. Par exemple, afin d'assurer un temps de réponse minimal pour la fermeture de portes coupe-feu, la détection doit être réalisée en partie haute de cellule en utilisant, par exemple, un système de type DAD, voir Figure 6. Le temps de réponse minimal doit être déterminé en cohérence avec la cinétique de développement de l'incendie.

4.4.3 NIVEAU DE CONFIANCE

4.4.3.1 RETOUR D'EXPERIENCE DISPONIBLE SUR LES PAROIS COUPE-FEU

Bien que le mur coupe-feu soit généralement considéré comme "extrêmement fiable", il n'existe pas, à ce jour et à notre connaissance, de données disponibles qui permettent de quantifier leur Niveau de Confiance (NC) ou leur probabilité de défaillance (pas de REX formalisé sur le fonctionnement des murs coupe-feu).

Le retour d'expérience est l'élément permettant d'identifier les situations de mauvais fonctionnement d'une paroi coupe-feu, qu'elle soit utilisée comme écran thermique ou comme mur séparatif. Ainsi, une recherche sur la base de données du BARPI a permis d'extraire les cas les plus intéressants. Ceux-ci sont présentés en annexe.

Ce retour d'expérience montre une certaine diversité dans le rôle tenu par les parois coupe-feu en cas de sinistre. Dans la majorité des cas, ces parois ont permis d'éviter la propagation de l'incendie pendant toute la durée de celui-ci. Dans l'un des cas présentés, le mur a rempli sa fonction pendant la première partie de l'incendie mais n'a pu le contenir pendant toute sa durée (5 heures). Enfin, l'un des cas présentés montre une défaillance du mur avant deux heures, par défaillance de la fermeture des portes coupe-feu.

On remarque cependant que ce retour d'expérience ne présente que peu de cas (une vingtaine environ) et n'est donc pas utilisable directement pour en extraire des données statistiques.

4.4.3.2 PRINCIPE D'EVALUATION DU MUR COUPE-FEU (HORS MESURES ASSOCIEES)

□ Evaluation par défaut à NC2 pour le mur coupe-feu

Pour prendre en considération le fait que le dispositif passif est relativement fiable mais pour ne pas faire reposer toute la sécurité sur une seule barrière⁸, nous proposons de maintenir par défaut un NC2 sur le mur coupe-feu. De plus, ceci permet d'intégrer les hypothétiques défaillances dans le cycle de vie de la barrière (conception, fabrication, installation sur site, défaillance intrinsèque, maintenance ...).

□ Evaluation au cas par cas à NC3

Cependant, des mesures peuvent être mises en place qui permettent de détecter d'éventuelles défaillances et ainsi de réduire les possibilités de défaillance de la barrière au moment où elle sera sollicitée.

Dans le cas de l'existence de ces mesures, nous proposons d'augmenter au cas par cas le NC à 3.

□ Réduction du NC à NC<2

Au contraire, le NC de la barrière peut être réduit. Il est en effet nécessaire d'analyser pour chaque barrière les défaillances possibles; une probabilité d'occurrence élevée sur une cause de défaillance **pourra conduire à réduire le NC à moins de 2.**

Pour plus de détails, on se reportera au chapitre 1.

□ Evaluation pour une durée donnée

Dans tous les cas, ce niveau de confiance est donné pour une durée correspondant au degré de certification du mur. Au-delà de cette durée, il est délicat de supposer que le mur continuera d'assurer sa fonction, même si on tient à rappeler qu'une paroi dite REI 120 ne s'effacera pas instantanément après 2 heures et que le retour d'expérience montre généralement des tenues plus élevées que le degré annoncé.

⁸ Cette vision est en accord avec la philosophie de la norme NF EN 61508 relative aux systèmes instrumentés de sécurité dans laquelle la notion d'architecture (et de redondance éventuelle de systèmes) et celle de contrainte quantitative sont complémentaires.

4.4.3.3 PRINCIPE D'ÉVALUATION DES MESURES ASSOCIÉES

Lorsque la fonction de sécurité dépend de mesures associées, il faut évaluer le NC de ces mesures associées : l'évaluation peut être faite conformément aux principes définis dans les rapports d'évaluation des barrières techniques (Oméga 10 [2]) ou humaines (Oméga 20 [3]).

4.5 REPRÉSENTATIONS DES PHÉNOMÈNES ASSOCIÉS AU MUR COUPE-FEU

Note 1 : les figures présentées dans ce chapitre font apparaître le paramètre NC. Celui-ci peut se traduire en pratique par une probabilité d'occurrence d'événement (probabilité que la porte soit ouverte...).

Note 2 : par souci de simplification, la barrière d'extinction pouvant intervenir en parallèle du mur coupe-feu n'est pas représentée dans les figures (hors Figure 11).

Note 3 : dans les figures présentées dans ce chapitre, une autre représentation aurait consisté à considérer en 1^{er} lieu la porte coupe-feu, puis le mur.

4.5.1 MUR COUPE-FEU = DISPOSITIF PASSIF

Lorsque le mur coupe-feu assure seul la fonction de sécurité (pas de porte coupe-feu), il est possible de représenter l'arbre d'événements de manière simple :



Figure 8 : Exemple d'arbre d'événements - fonction associée par le mur coupe-feu seul

4.5.2 FONCTION ASSURÉE PAR MUR ET MESURES ASSOCIÉES

En cas de défaillance de mesures techniques et/ou humaines associées au mur coupe-feu (comme par exemple échec des fermetures coupe-feu pour le mur coupe-feu), la fonction de sécurité du système mur coupe-feu – porte coupe-feu n'est pas assurée.

On adopte alors la représentation simplifiée de la Figure 9, en regroupant la défaillance du mur et des mesures associées.

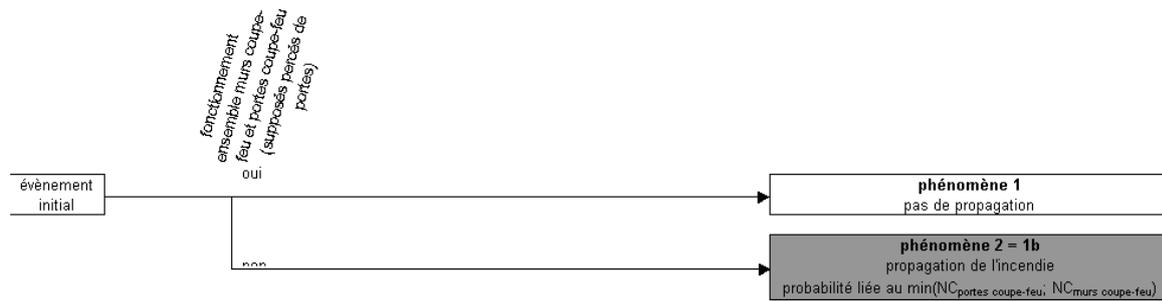


Figure 9 : Exemple d'arbre d'événements simplifié : fonction associée par mur coupe-feu dépendant de la fermeture des portes coupe-feu

Note : Pour le système constitué de l'écran thermique (comportant éventuellement des portes), la défaillance des mesures techniques et/ou humaines associées peut ne compromettre que partiellement la réalisation de la fonction de sécurité. La défaillance des mesures peut conduire finalement à un phénomène d'intensité réduite par rapport au phénomène généré par la défaillance de l'écran thermique mais ne compromet pas totalement la fonction de sécurité. On peut alors adopter une représentation détaillée, faisant apparaître la défaillance de la partie passive séparément.

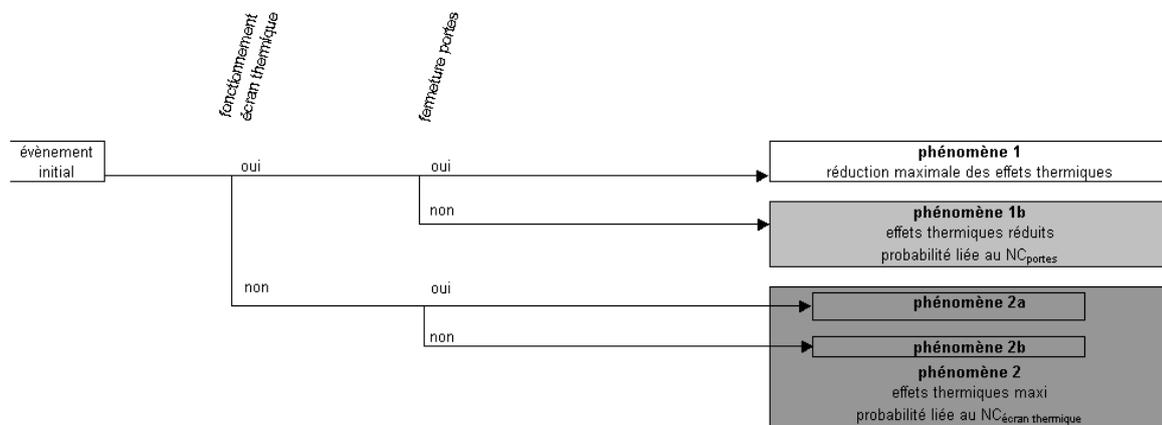


Figure 10 : Exemple d'arbre d'événements : fonction associée à l'écran thermique dépendant de la fermeture des portes.

4.5.3 DURÉE DE L'INCENDIE SUPÉRIEURE AU DEGRÉ COUPE-FEU

La caractéristique coupe-feu d'un mur est déterminée pour une durée donnée, usuellement 120 minutes ou 240 minutes, **durées établies pour un feu normalisé**. Au-delà du temps de tenue du mur, il n'existe plus de garantie de tenue du mur.

Si la durée de l'incendie peut excéder le temps de tenue du mur ou de l'écran, la fonction de sécurité ne peut donc plus être garantie. Le mur coupe-feu ou l'écran thermique n'agit plus en tant que barrière de sécurité. Il n'est donc plus a fortiori une barrière passive.

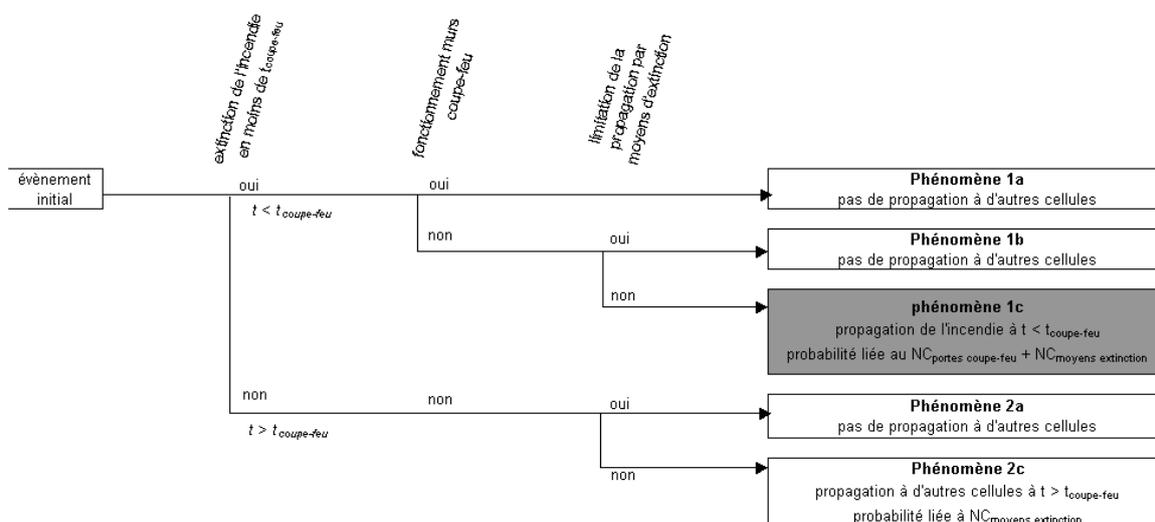
La cinétique de l'incendie doit alors être prise en compte dans les études. **Différents phénomènes dangereux peuvent être associés, mais il est à noter que les cinétiques sont alors différentes.**

On s'interrogera sur :

- la **durée maximale de l'incendie**, en fonction de la quantité et du type de substances combustibles ;
- la **performance des moyens d'extinction à éteindre l'incendie dans une durée inférieure à celle de tenue du mur**, dans le cas où l'incendie pourrait excéder la durée de tenue du mur. Si les moyens d'extinction (sprinkler, pompiers du site ou de la protection civile) sont défaillants (probabilité de leur défaillance à évaluer), la fonction de sécurité du mur coupe-feu (au delà du temps caractéristique) n'est pas assurée. Le mur ne peut plus être considéré comme une barrière à partir du moment où la durée de l'incendie excède la durée de tenue du mur coupe-feu. Cependant les équipes d'intervention peuvent agir en tant que barrière de sécurité pour limiter la propagation de l'incendie.

En revanche, pour une durée inférieure à celle du temps caractéristique (noté $t_{\text{coupe-feu}}$ sur la figure suivante), la fonction est assurée (sauf défaillance du mur).

La figure ci-dessous illustre ces différentes configurations. De manière simplifiée, il est retenu sur la figure que le mur est "simple" (pas d'ouverture dans les murs) :



note : les barrières identifiées (extinction en moins de $t_{\text{coupe-feu}}$ et limitation de la propagation par moyens d'extinction) ne sont pas nécessairement indépendantes.

Figure 11 : Exemple d'arbre d'événements pour un mur coupe-feu sans ouverture – durée de l'incendie > degré du mur (noté $t_{\text{coupe-feu}}$)

5. EVALUATION DES MURS COUPE-FEU

Une première série de points sont nécessaire pour assurer le caractère coupe-feu de la paroi :

Parois CF	
Vérification des PV pour les constituants de la paroi ou contrôle pour bâtiments anciens	
Dépassement en toiture du mur	
Position des exutoires	
Caractéristiques adaptées des toitures adjacentes (T30/1) et présence de bandes incombustibles en toiture	
Joint de dilatation de la paroi de degré au moins égal à celui du mur	
Existence d'une note de calcul assurant le non-entraînement des murs par la toiture	
Pas de liaison entre racks et parois	
Etanchéité des passages de câbles et canalisations	
Absence de trous, fissures et impacts (y compris sur les poteaux)	
Absence de broussailles à l'extérieur du mur	
Absence de palettes à l'extérieur du mur, vérification par ronde quotidienne et sensibilisation du personnel	
Absence de camions contigus ou existence de procédures de déplacement en cas d'incendie	
Eléments de sécurité complémentaires	
Vérification des PV de certification des portes CF	
Etanchéité des blocs portes	
Vérification de la performance de la fermeture de porte CF (position judicieuse des détecteurs, tests réguliers de la chaîne de sécurité, maintenance régulière, ... voir rapport INERIS Ω10)	
Bon état des rails de manœuvre de portes	
Etanchéité de la porte aux liquides si stockage de liquides inflammables : seuil surélevé ou système de caniveaux	
Existence d'une libre autour des portes pour éviter la présence de matériel pouvant entraver la fermeture (vérification quotidienne)	
Maintien de l'intégrité de la porte et des calfeutrements	
Présence de registre dans les gaines de ventilation avec vérification des performances de la chaîne de sécurité (rapport Ω10)	
Présence d'un système de fermeture CF automatique pour les convoyeurs avec système évitant le blocage du convoyeur ou des objets transportés	

Afin de garantir un niveau de confiance de 2, des points supplémentaires sont à vérifier :

Parois CF	
Existence de contrôles réguliers (assureurs, organismes de contrôle, exploitant)	
Mise en place de dispositifs limitant les chocs d'engins (gabarit)	
Eléments de sécurité complémentaires	
Evaluation des éléments associés : dépend de la technologie employée, de la redondance, ...	

6. PRISE EN COM PTE DES MURS COUPE-FEU DANS L'ETUDE DE DANGERS : CAS DES ENTREPOTS

Les murs coupe-feu sont mis en œuvre dans les entrepôts pour assurer le compartimentage.

Dans les études de dangers, les murs coupe-feu sont naturellement pris en compte, mais leur défaillance doit également être envisagée. Les probabilités des événements associés font alors intervenir le NC des murs.

Lorsque l'entrepôt comporte plusieurs cellules, il faut évaluer la probabilité d'avoir une ou plusieurs cellules en feu, ce qui fait intervenir les probabilités de défaillance des murs.

Si on note P_1 la probabilité d'avoir un incendie dans une cellule et NC_{mur} le NC du mur en tenant compte des probabilités de défaillance des mesures techniques et/ou humaines associées :

- La probabilité P_2 d'avoir deux cellules en feu fait intervenir la probabilité de défaillance du mur coupe-feu séparant les deux cellules (NC_{mur}).

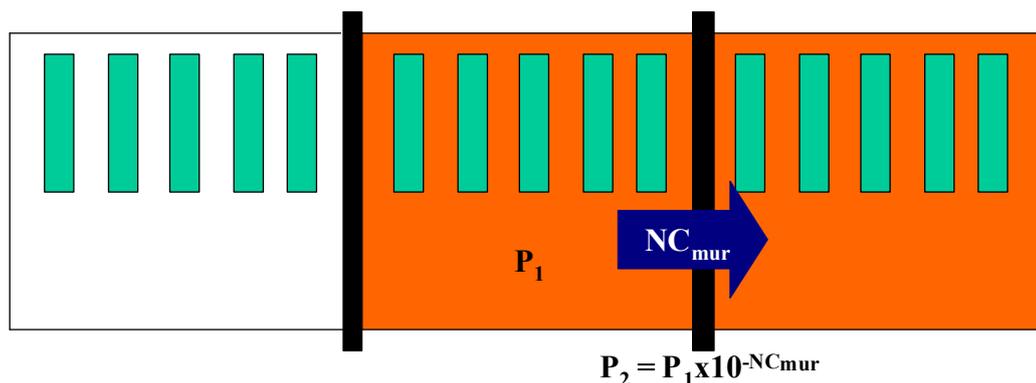


Figure 12 : Probabilité d'incendie de deux cellules.

- La probabilité d'avoir X cellules en feu suppose la défaillance de (X-1) murs coupe-feu. Pour évaluer la probabilité de défaillance de (X-1) murs, on doit évaluer **si des modes communs de défaillance existent** (par exemple effondrement de la toiture, stockage de substances trop proches des parois...).

- Si c'est le cas, c'est la probabilité d'occurrence des modes communs qui détermine la probabilité d'occurrence d'un incendie généralisé à X cellules ;
- En l'absence de mode commun de défaillance, la probabilité d'occurrence d'un incendie généralisé à X cellules fait intervenir le produit des probabilités de défaillance des (X-1) murs coupe-feu.

De manière simplifiée (en l'absence d'analyse détaillée des modes communs) et parce qu'il existe toujours un mode commun de défaillance, pour évaluer la probabilité d'un incendie généralisée à X cellules, on propose d'évaluer la défaillance de (X-1) murs de manière conservatrice en multipliant la probabilité de défaillance d'un mur (soit 10^{-NC}) par $10^{-(X-2)}$ (avec un maximum de réduction de risques pour la prise en compte des murs coupe-feu de 10^4).

Par exemple, la probabilité d'un incendie généralisée à 3 cellules est évaluée par $P_3 = P_1 \times 10^{-(NC+1)}$.

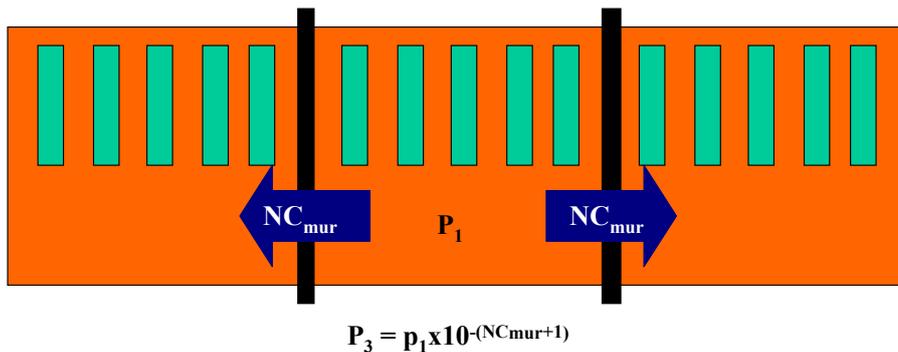


Figure 13 : Probabilité d'incendie de trois cellules.

Note : lorsque l'incendie dure au-delà de la durée de tenue du mur, se pose le problème de la propagation de l'incendie à toutes les cellules, les murs coupe-feu n'agissant plus en tant que barrière. La cinétique de propagation peut alors être prise en compte.

7. RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1]. Note technique sur une barrière technique de sécurité - Murs coupe-feu DRA76 (2008).
- [2]. Évaluation des performances des Barrières Techniques de Sécurité (DCE DRA-73) Ω 10 (2008).
- [3]. Démarche d'évaluation des Barrières Humaines de Sécurité - Ω 20 (2006).
- [4]. Règle APSAD R15 : « Règle de construction : Ouvrages séparatifs coupe-feu »
- [5]. Règle APSAD R16 : « Règles d'installation – Fermetures coupe-feu ».
- [6]. NFPA 221: « Standard for fire Walls and fire Barrier walls ».
- [7]. Face au risque – N° 379 Guide de la sécurité des entreprises et des collectivités – 15^{ème} édition, janvier 2002.
- [8]. INRS - Incendie et lieux de travail – 1995, ISBN 2-7389-0394-0.
- [9]. Institut de sécurité – Documentation sécurité – protection incendie : Fiche de sécurité 1211-00.f : cloisonnement coupe-feu.
- [10]. Sécurité Incendie – collection Mémentos acier - Loïc Thomas et Guy Archambault – 2005.
- [11]. Techniques de l'ingénieur : A 8890 - Sécurité Incendie.
- [12]. Traité pratique de sécurité – Incendie – CNPP.
- [13]. Marlair Guy – Étude relative au compartimentage des entrepôts – INERIS Août 2000.
- [14]. Guide pour l'analyse de risques dans les entrepôts soumis à autorisation (non AS) – Projet de guide méthodologique du GT Entrepôts.