Châpitre 7: Résistance au feu des parois

7.1. Cloisons de séparation.

Il convient de faire une différence entre les cloisons de séparation fixes et mobiles.

7.1.1. Généralités sur les cloisons de séparation fixes.

Les cloisons de séparation fixes sont généralement constituées par une ossature en bois ou par une ossature en profils U en acier galvanisé, recouverte sur ses deux faces, d'une ou de plusieurs plaques (de plâtre enrobées de carton, de particules de bois agglomérées, de fibro-silicate ou de silicate de calcium ...). L'espace entre les deux plaques est, dans certains cas, rempli d'un matériau isolant (laine de roche ou de verre). Le but de l'isolant n'est pas seulement d'améliorer la résistance au feu, mais aussi d'améliorer l'isolation acoustique et l'isolation thermique à température ambiante de la cloison.

Afin d'obtenir de bons résultats sur le plan de la résistance au feu, la construction des cloisons de séparation et l'étanchéité de la jonction entre la cloison d'une part et les murs adjacents, le sol ou le plafond d'autre part, doivent être réalisées avec beaucoup de soin.
Les recommandations suivantes doivent être respectées:

- la fixation des plaques sur chaque montant (vertical) ou traverse (horizontale) doit être effectuée à l'aide de vis, tous les 20 à 25 cm environ;
- les têtes de vis doivent être enfoncées dans les plaques;
- les plaques sont mises en oeuvre de telle sorte que les joints entre 2 couches de plaques situées d'un même côté de l'ossature soient alternés;
- les joints entre les plaques de plâtre sont généralement recouverts par une «bande pour joints» et par du plâtre de finition pour joints;
- la jonction entre les profilés périphériques de l'ossature et le mur, le plancher et le sol est réalisée à l'aide de laine de roche comprimée, de façon à obturer efficacement le joint, à permettre la dilatation des profilés en acier (1 cm/m de longueur) et le mouvement de la structure, sans compromettre la résistance au feu;
- une couche d'enduit est placée sur les joints entre les plaques, sur les joints entre la cloison et la maçonnerie et sur les têtes de vis.

Une remarque fondamentale s'impose avant de passer en revue les différents systèmes de cloisons: toutes les cloisons doivent se prolonger au-dessus d'un faux-plafond éventuel et en dessous d'un plancher surélevé éventuel pour être fixées sur la paroi qui assure le com-

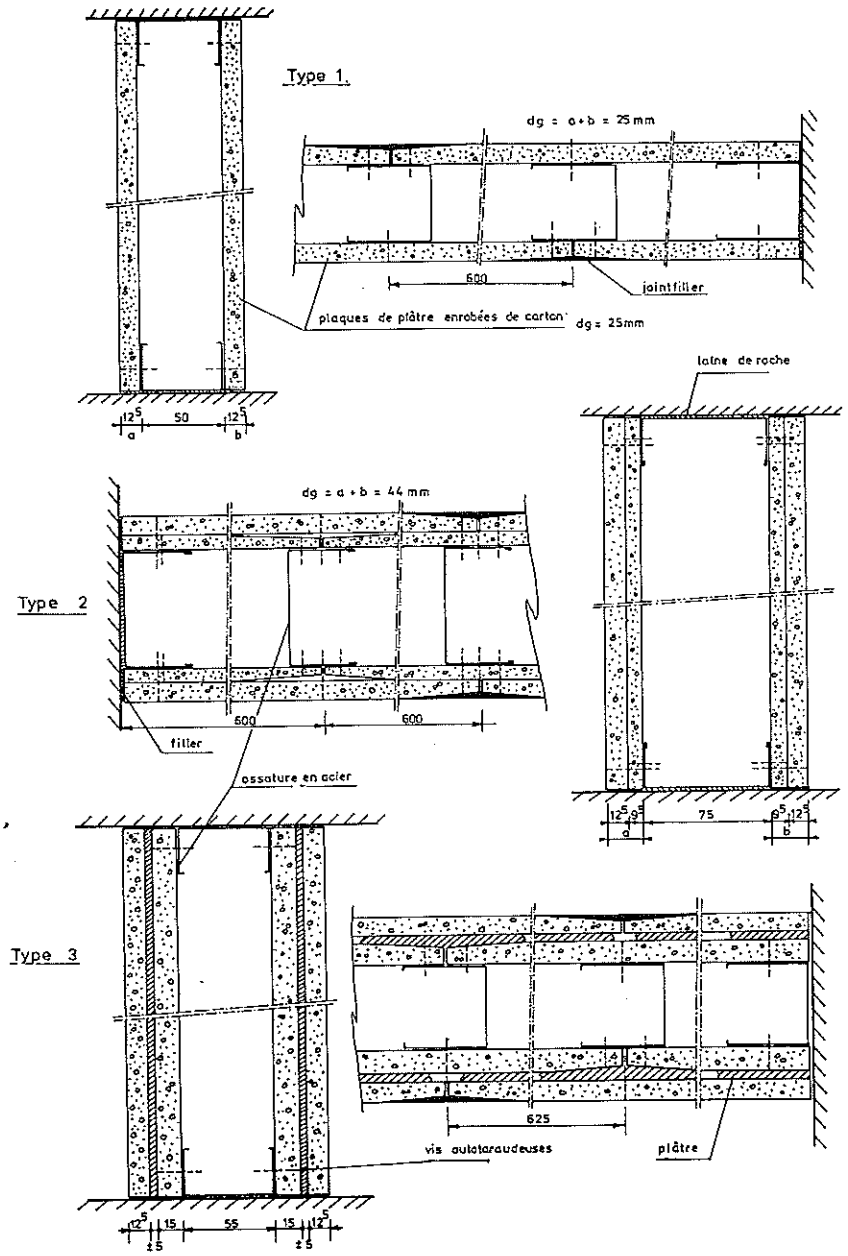

Figure 7.1 - Cloisons en plaques de plâtre

partimentage horizontal (dalle en béton par exemple). Elles doivent donc assurer le compartimentage vertical de paroi à paroi.

7.1.2. Cloisons fixes à base de plaques de plâtre enrobées de carton.

Pour ce type de cloison, la première plaque de plâtre est vissée dans l'ossature; la deuxième plaque éventuelle peut être, soit vissée également dans l'ossature, soit collée au plâtre. Quelques schémas de réalisations sont donnés à la figure 7.1.
Une synthèse de résultats d'essais est donnée au tableau 7.1. Dans ce tableau t_{180} et t_{EF} représentent le temps en minutes correspondant respectivement au critère de l'augmentation maximale de la température Δt_M = 180 °C et au critère de l'étanchéité aux flammes, et d_g est l'épaisseur totale (en mm) des plaques de plâtre. Il faut remarquer que pour tous les essais, la résistance au feu correspond à la température maximale (t_{180}) et qu'ils ont été arrêtés avant d'atteindre la température moyenne Δt_m = 140 °C et la fin de la stabilité.
Il faut insister sur le fait que ces résultats ont été obtenus pour une bonne conception et une bonne exécution des cloisons. Les résultats figurant dans ce tableau ne peuvent être pris en considération que pour concevoir et étudier les projets de cloisons, car seul un essai peut prouver la qualité et la résistance au feu d'une cloison.

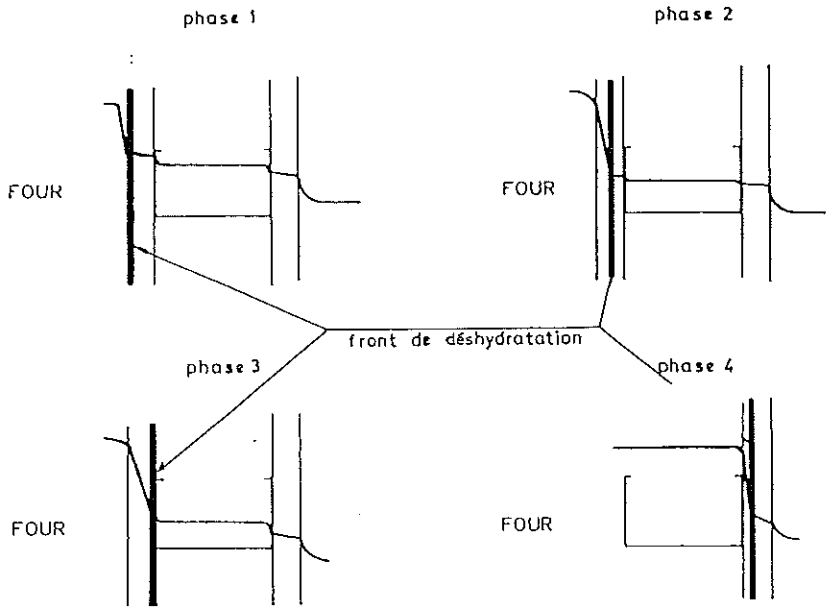

Figure 7.2 - Front de déshydratation

Type (figure 7.1)	N°	Composition revêtement plaques de plâtre	d_g (mm)	Test n°	Observations					
					t_{180} (min)	lieu	t_{EF} (min)	lieu	Rf (min)	critère
1	0	2 x 9,5 + 30mm laine de roche 110 kg/m³	19	1	42	profilé	48	profilé	42	Δt_M
				2	41	profilé	50	profilé	41	Δt_M
	1	2 x 12,5	25	1	38	surface	40	surface	38	Δt_M
				2	33	vis	37	profilé	33	Δt_M
				3	34	profilé	37	profilé	34	Δt_M
				4	33	profilé	33	profilé	33	Δt_M
				5	36	surface	-	-	36	Δt_M
				6	36	vis	38	surface	36	Δt_M
	2	2 x 25	50	1	69	profilé	72	profilé	69	Δt_M
2	3	2 x (9,5 + 12,5)	44	1	63	surface	63	surface	63	Δt_M
				2	63	surface	63	surface	63	Δt_M
				3	58	vis	72	surface	58	Δt_M
	4	2 x (12,5 + 12,5)	50	1	78	vis	86	profilé	78	Δt_M
				2	77	profilé	82	profilé	77	Δt_M
				3	89	vis	105	surface	89	Δt_M
				4	91	vis	96	surface	91	Δt_M
	5	2 x (15 + 15) Rf	60	1	122	vis	150	profilé	122	Δt_M
				2	125	vis	136	surface	125	Δt_M
3	6	2 x (12,5 + 15) collé avec du plâtre en bandes de 2 x 5 mm	55	1	83	surface	86	surface	83	Δt_M
	7	2 x (15 + 15) RF collé sur toute la surface avec du plâtre	70	1	137	surface	137	surface	137	Δt_M
				2	120	surface	125	surface	120	Δt_M

Tableau 7.1 - Résistance au feu des cloisons

Note: les essais ont été arrêtés avant l'obtention de la température Δt_m 140°C et de la fin de la stabilité.

Une relation presque linéaire existe entre la résistance au feu Rf et l'épaisseur totale des plaques de plâtre d_g. En effet, pour des cloisons auto-portantes massives en plaques de plâtre ou en blocs de plâtre, on a la relation suivante:
Rf (min) = 1,65 d_g (mm)
Cette formule se modifie légèrement pour les cloisons sans isolation entre les plaques de plâtre et devient :
Rf (min) = 1,40 d_g (mm)
Ces formules donnent des résultats très conservateurs, car de nombreux produits donnent des résultats plus favorables.
La linéarité de la relation entre Rf et d_g s'explique par le mécanisme de progression du front de déshydratation à l'intérieur des plaques de plâtre.
La figure 7.2 schématise le déroulement du phénomène de déshydratation et les températures résultantes.

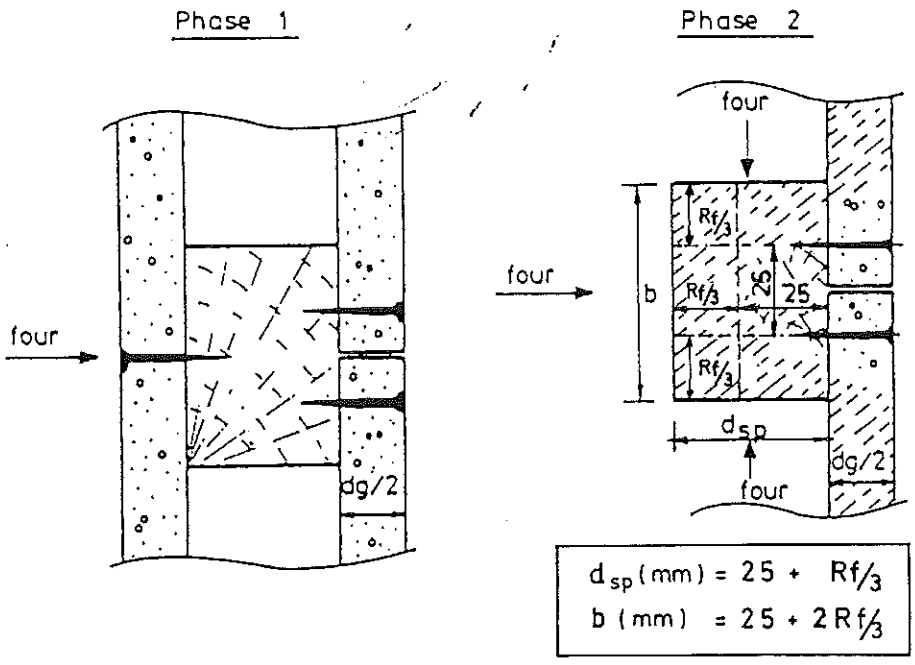

Figure 7.3

L'utilisation de plaques de plâtre armées de fibres de verre augmente les valeurs de Rf, suite à un meilleur comportement des plaques après déshydratation. Ainsi, l'emploi de plaques de plâtre armées de fibres de verre (plaques Rf), permet la mise en oeuvre d'épaisseurs de plâtre nettement inférieures aux valeurs données par les formules précédentes.

Le tableau 7.2 donne des épaisseurs totales des plaques de plâtre qui permettent d'obtenir les résistances au feu demandées.

d_g (mm)	Rf 1/2h	Rf 1h	Rf 2h
Plaques normales	2 x 12,5	2 x 25	2 x 50
Plaques Rf	-	2 x 15	2 x 30

Tableau 7.2: Epaisseurs des plaques de plâtres enrobées de carton

La section minimale des montants en bois sur lesquels sont fixées les plaques de plâtre est déterminée comme suit (figure 7.3):

- après le temps Rf/2, la plaque de plâtre située du côté exposé au feu est détruite et le montant en bois commence à se carboniser;
- après le temps Rf, la section de bois qui subsiste doit valoir au moins 25 mm x 25 mm;
- la vitesse de combustion du bois est égale à 10 mm/15 minutes sur chaque face du montant exposé au feu:

$$d_{sp}\ (mm) = 25 + Rf/3$$
$$b\ (mm) = 25 + 2Rf/3$$

où Rf est la résistance au feu demandée, exprimée en minutes.

Les valeurs minimales des sections des montants en bois sont données dans le tableau 7.3.

	Rf 1/2h	Rf 1h	Rf 2h
d_{sp} (mm)	35	45	65
b (mm)	45	65	105

Tableau 7.3: section minimale des montants en bois

7.1.3. Cloisons fixes à base de particules de bois.

La vitesse moyenne de combustion des panneaux est liée à la masse volumique.
Les cloisons fixes à base de panneaux de particules de bois agglomérées sont réalisées sur ossatures en bois (figures 7.4).

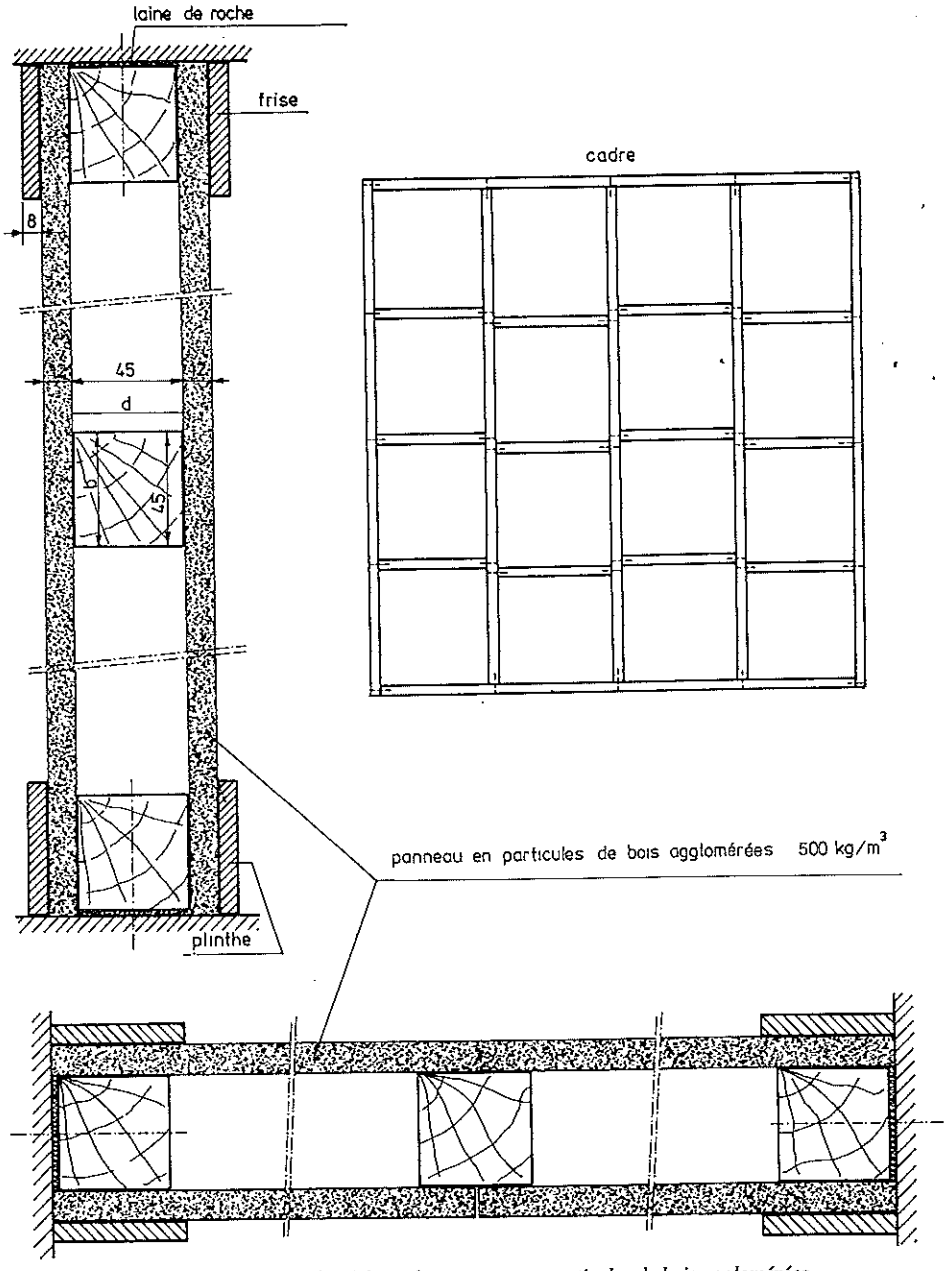

Figure 7.4 - cloison fixe à base de panneaux en particules de bois agglomérées

Les panneaux de particules de bois agglomérées ont couramment une masse volumique de 450 kg/m³ à 600 kg/m³ et la résistance au feu Rf peut être estimée en fonction de l'épaisseur totale des plaques en particules de bois agglomérées:

$$Rf\ (min) = 1{,}0\ d_h\ (mm)$$

La linéarité de l'équation s'explique par la vitesse de carbonisation constante des panneaux en particules de bois agglomérées.
La section maximale des montants en bois est donnée dans le tableau 7.3.

7.1.4. Cloisons fixes à base de panneaux isolants en matériaux inertes.

Elles sont mises en oeuvre de manière analogue aux cloisons à base de plaques de plâtre, mais offrent l'avantage de rester plus longtemps en place après déshydratation.
Vu la grande variété des matériaux inertes entrant dans la composition des plaques (fibres, silicate de calcium, ...) il est difficile de donner des règles générales pour obtenir une estimation de la valeur Rf en fonction de l'épaisseur des plaques utilisées pour la cloison.

7.1.5. Cloisons amovibles.

L'appellation cloison amovible désigne les cloisons qui peuvent être démontées et remontées à une autre place, avec une facilité plus ou moins grande.
Cette définition implique les exigences suivantes:

- les plaques de recouvrement de l'ossature doivent être démontables sans dégradation;
- l'ossature est démontable;
- il convient de prévoir dans la conception de la cloison, un système permettant de reprendre des petites différences de hauteur entre le plafond et le plancher. L'adaptation de la hauteur des plaques ne peut donc pas se faire en utilisant un produit de remplissage ou un mastic.

Il existe, en pratique, une forte gradation dans la "mobilité" de ce type de cloisons; en effet, on rencontre une gamme allant des cloisons qui s'approchent fort des cloisons fixes avec ossature et plaques vissées jusqu'à des cloisons "modulaires" très faciles à placer, dont la conception est proche des portes. Ce type extrême ne sera pas pris en considération ici, car chaque cloison de ce type est basée sur un système spécifique qui lui est propre.

Les résultats obtenus pour des cloisons amovibles ont montré que les règles développées pour les cloisons fixes ne peuvent généralement pas être appliquées: en effet, la conception des détails d'assemblage des éléments constitutifs est aussi importante que l'épaisseur des plaques pour obtenir la résistance au feu.

Les difficultés rencontrées dans la réalisation de cloisons amovibles devant présenter une résistance au feu découlent directement de l'opposition entre les exigences propres au caractère amovible des cloisons et les exigences de la résistance au feu.
L'exigence de l'adaptabilité de la cloison à des petites différences de hauteur, sans utilisation de mastic ou de produit de remplissage, entraîne des difficultés de réalisation, principalement de la jonction entre la cloison et le plafond, mais également aux jonctions entre la cloison et le plancher et entre éléments verticaux jointifs.
Pour être démontables, les plaques de recouvrement de l'ossature doivent être fixées à l'aide de clips ou d'un autre système de suspension. Ce mode de fixation est très vulnérable lors des déformations thermiques résultant d'un incendie.
L'utilisation d'un système modulaire, composé d'éléments préfabriqués, pose le problème de la liaison entre les différents modules. Cette jonction représente un point faible pour la résistance au feu.
Les profils en acier allant de la face exposée au feu à la face non exposée au feu créent des ponts thermiques, elles sont à éviter dans des cloisons Rf.

Lors du choix d'une ossature, il convient d'avoir à l'esprit les aspects suivants, importants pour la résistance au feu:

- une ossature métallique crée des ponts thermiques et entraîne des déformations importantes de la cloison. Comme la fixation des plaques est moins efficace ici que dans une cloison fixe, la déformation peut entraîner le décrochage des plaques;
- une ossature en bois permet une bonne isolation thermique, mais se consume progressivement lors d'un incendie. Dans ce cas, les sections de bois utilisées dans l'ossature doivent avoir les dimensions minimales données pour les cloisons fixes.

Afin de permettre l'adaptation à la hauteur, les panneaux doivent être plus courts que la hauteur libre.

Le joint supérieur entre la cloison et le plafond est généralement recouvert par une frise. Pour éviter la création d'un point faible à cet endroit, une traverse conduisant faiblement la chaleur (bois, bande de fibro-silicate ou de plâtre, frise isolant,e...) doit être mise en oeuvre. Cette liaison doit permettre les mouvements de la structure (plancher) et en même temps assurer l'étanchéité aux flammes et l'isolation thermique (figure 7.5):

L'utilisation de clips ou d'agrafes pour la fixation des plaques entraîne des résistances au feu sensiblement plus faibles que celles obtenues pour des cloisons fixes constituées des mêmes plaques. En effet, dès que les plaques exposées au feu se sont consumées et sont tombées, les fixations des plaques non exposées au feu sont directement soumises à l'augmentation de la température. Les fixations perdent alors leur résistance, elles se déforment et les plaques non exposées au feu peuvent se détacher.

En présence d'un faux-plafond, la continuité de la paroi résistant au feu jusqu'à la dalle pose des problèmes particuliers. Les closoirs à prévoir dans l'espace libre des faux-pla-

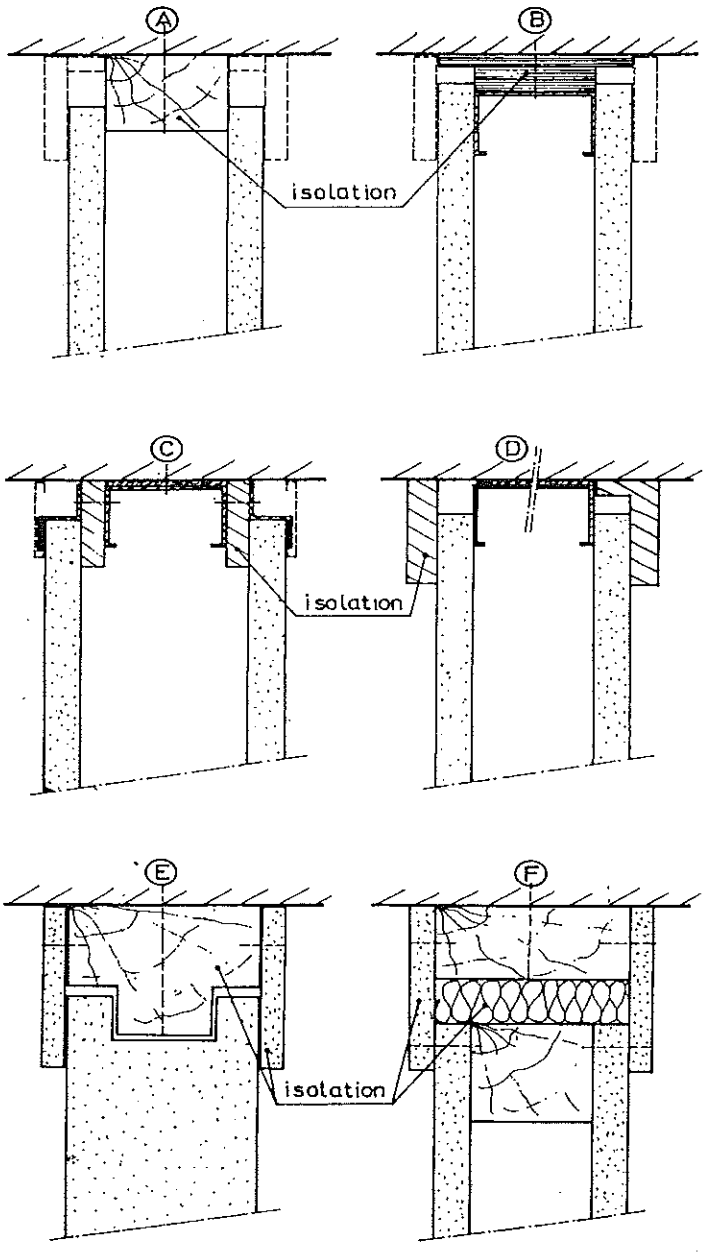

Figure 7.5 - Fixation des cloisons en tête

fonds font partie du système et doivent être testés en même temps que la cloison amovible proprement dite.

7.1.6. Affaiblissement des cloisons.

Le placement de prises de courant et d'interrupteurs électriques dans des cloisons de séparation implique souvent la réalisation d'une ouverture dans les plaques (plaque de plâtre, fibro-silicate,...) de la cloison, ce qui peut provoquer un affaiblissement local. En Allemagne, les cloisons sont testées avec des prises de courant et des interrupteurs. En Belgique, il est rare que des essais avec prises de courant et interrupteurs soient exigés.
Le principe suivant lequel les cloisons doivent être mises en oeuvre en respectant tous les détails testés interdit l'encastrement des éléments qui n'ont pas été testés. Le non respect de ce principe arrange bien les fabricants au détriment de la sécurité.
Dans chaque compartiment, il convient de prévoir des ouvertures pour les portes, les traversées de câbles, les traversées de tuyaux, les passages des gaines de ventilation, les gaines techniques, les installations électriques,...

Si une attention insuffisante est apportée à ces points faibles, on court le risque de voir l'effort consacré au compartimentage réduit à néant. Trop souvent encore, il apparaît que des solutions sérieuses existant pour résoudre les problèmes des ouvertures dans les compartiments sont insuffisamment connues et, par conséquent, trop rarement mises eu oeuvre.
Les problèmes des portes et des traversées sont traités spécifiquement ci-dessous.

7.2. Portes

7.2.1. Généralités.

La meilleure porte résistant au feu n'est d'aucune utilité lors d'un incendie, si elle n'est pas fermée. Lorsque le législateur exige des ferme-portes, on constate souvent que dans la réalité, ces portes sont maintenues en position ouverte afin de faciliter l'exploitation du bâtiment. L'utilisation de dispositifs de fermeture, couplés à un système de détection, permet d'éviter cette situation qui met en péril tout l'effet recherché par le compartimentage.

La réalisation de portes ayant une résistance au feu d'$^1/_2$ heure, 1 heure, voire 2 heures ne pose plus de grands problèmes.
L'apparition sur le marché de produits foisonnants sous forme de plaques ou de bandes a résolu en grande partie le problème de l'étanchéité aux flammes résultant du jeux entre vantaux et huisserie, en outre ils facilitent la solution des problèmes au droit des serrures. La valeur des jeux autour du vantail n'est plus aussi critique, car le produit foisonnant par