

WEB-ATELIER #4

LE COMPORTEMENT DES CONSTRUCTIONS METALLIQUES AUX SÉISMES

CYCLE DE WEB-ATELIERS : *CONCEVOIR ET CONSTRUIRE PARASISMIQUE*



Andrei Balgiu

- AFPS -

Jeudi 25 novembre 2021



SOMMAIRE

- 1) LE MATERIAU ACIER EN ZONES SISMIQUES**
- 2) TYPOLOGIES DES STRUCTURES METALLIQUES**
- 3) DOMMAGES CARACTERISTIQUES**

1) LE MATERIAU ACIER EN ZONES SISMIQUES

1.1) Acier

Acier = alliage métallique constitué d'au moins deux éléments, le fer, très majoritaire et le carbone, dans des proportions comprises entre 0.02 % et 2 %.

- Deux grandes familles d'acier : les **aciers alliés** et les **aciers non-alliés**.

Il y a alliage lorsque des éléments chimiques autres que le carbone sont additionnés au fer (exemples : le manganèse (Mn), le chrome (Cr), le nickel (Ni) et le molybdène (Mo)).

- **L'intérêt majeur des aciers : leur coût d'élaboration et le cumul de valeurs élevées dans les propriétés mécaniques fondamentales :**

- raideur, résistance à la déformation élastique : **module d'élasticité E** ;
- dureté, résistance à la déformation irréversible, à la rupture : **limite d'élasticité R_e , résistance minimale à la rupture R_m , dureté H** ;
- résistance aux chocs : **résilience K** .

1) LE MATERIAU ACIER EN ZONES SISMIQUES

1.2) L'avantage de l'acier face au séisme

• L'acier possède des qualités essentielles pour un bon comportement face aux sollicitations sismiques :

■ une très bonne ductilité naturelle : il est capable de subir une déformation importante avant de se rompre, sans dégradation dans sa constitution, sans détérioration de sa résistance et de sa rigidité ;

■ une grande capacité d'absorption d'énergie : c'est le comportement ductile de l'acier qui favorise la dissipation de l'énergie ;

■ un rapport résistance/masse volumique élevé ;

■ une résistance mécanique élevée à la traction, la compression et le cisaillement ;

■ une bonne tenue en fatigue : capacité de l'acier à supporter un grand nombre de cycles et de charges avant rupture ;

■ facilité de mise en œuvre d'assemblages à la fois rigides, résistants et ductiles.

1) LE MATERIAU ACIER EN ZONES SISMIQUES

1.3) Les inconvénients de l'acier

■ mauvaise résistance à la corrosion : à laquelle on peut toutefois remédier, soit par divers traitements de surface (peinture, zingage, galvanisation à chaud, etc.), soit par l'utilisation de nuances d'acier dites « **inoxydables** » ;

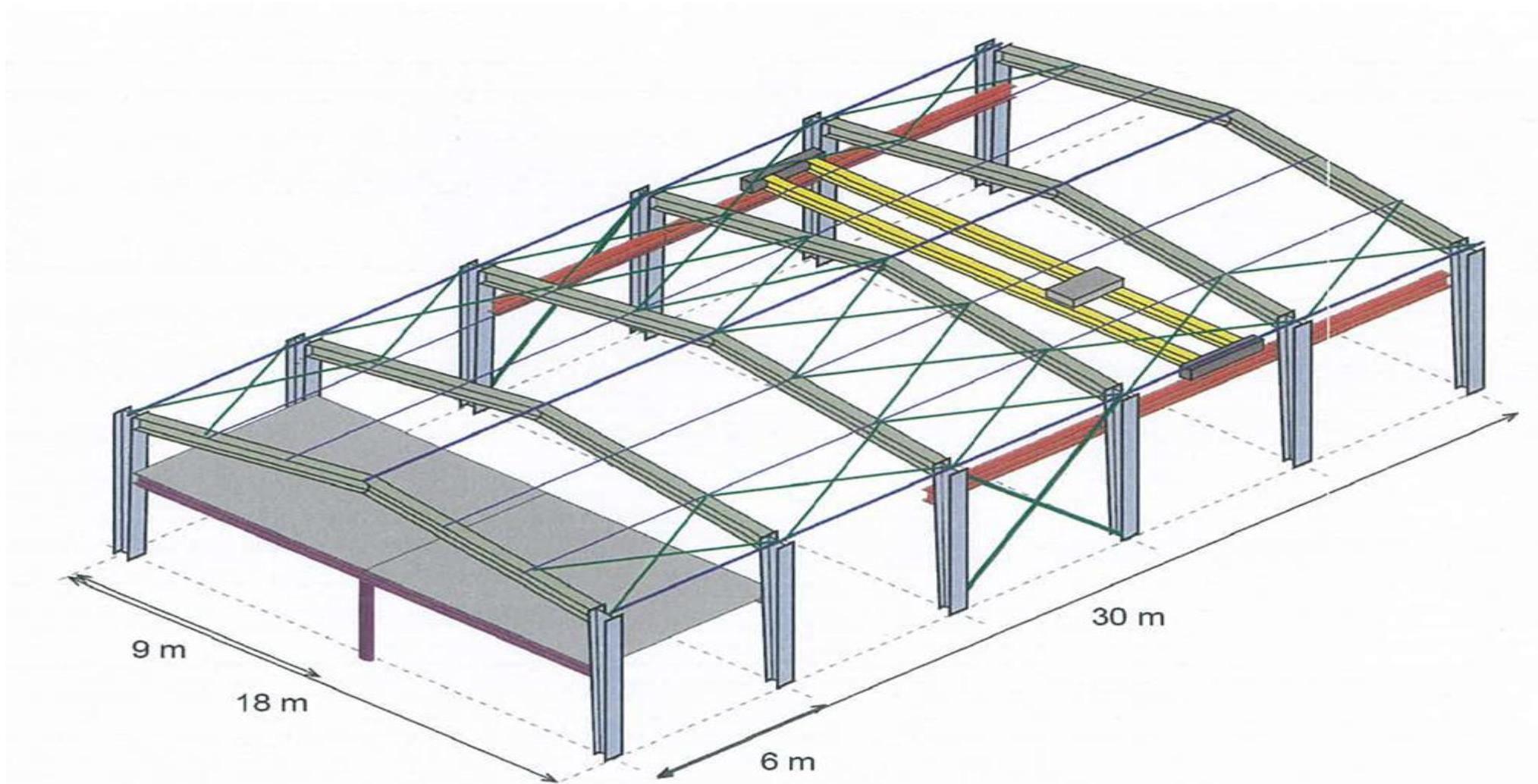
■ faible résistance aux températures extrêmes, notamment face au feu, lors des incendies : il existe des solutions pour la protection au feu des structures métalliques.

2) TPOLOGIES DES STRUCTURES METALLIQUES

En France, **les structures métalliques** sont utilisés pour la réalisation des (du plus fréquent au moins fréquent) :

- **bâtiments industriels ;**
- **centres commerciaux ;**
- **équipements sportifs : salles de sports, gymnases, piscines, ... ;**
- **salles de spectacles, d'expositions, cinémas, ... ;**
- **bâtiments scolaires : lycées, collèges, ... ;**
- **bâtiments bureaux ;**
- **parkings aériens**
- **bâtiments d'habitation.**

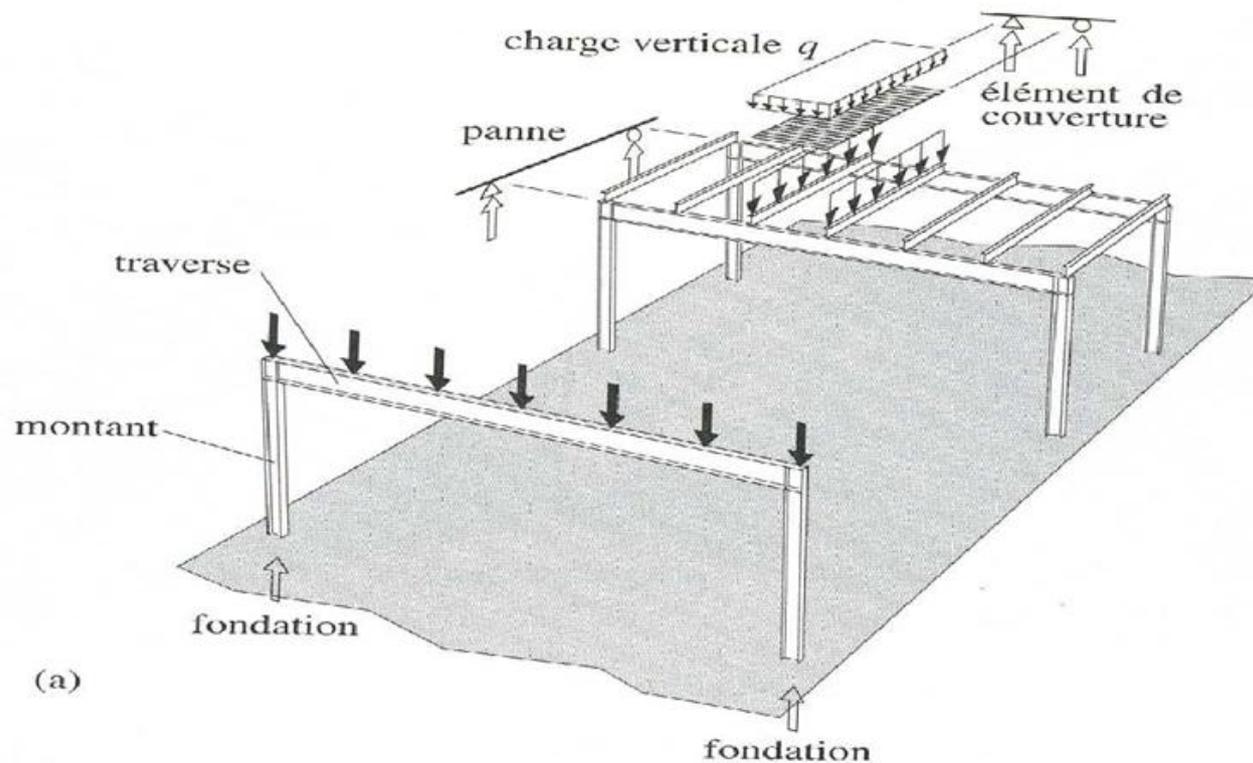
2) TYPOLOGIES DES STRUCTURES METALLIQUES



2) TYPOLOGIES DES STRUCTURES METALLIQUES

2.1) Fonctionnement d'une structure métallique courante

- La reprise des efforts verticaux est assurée par des ossatures type « portiques ».



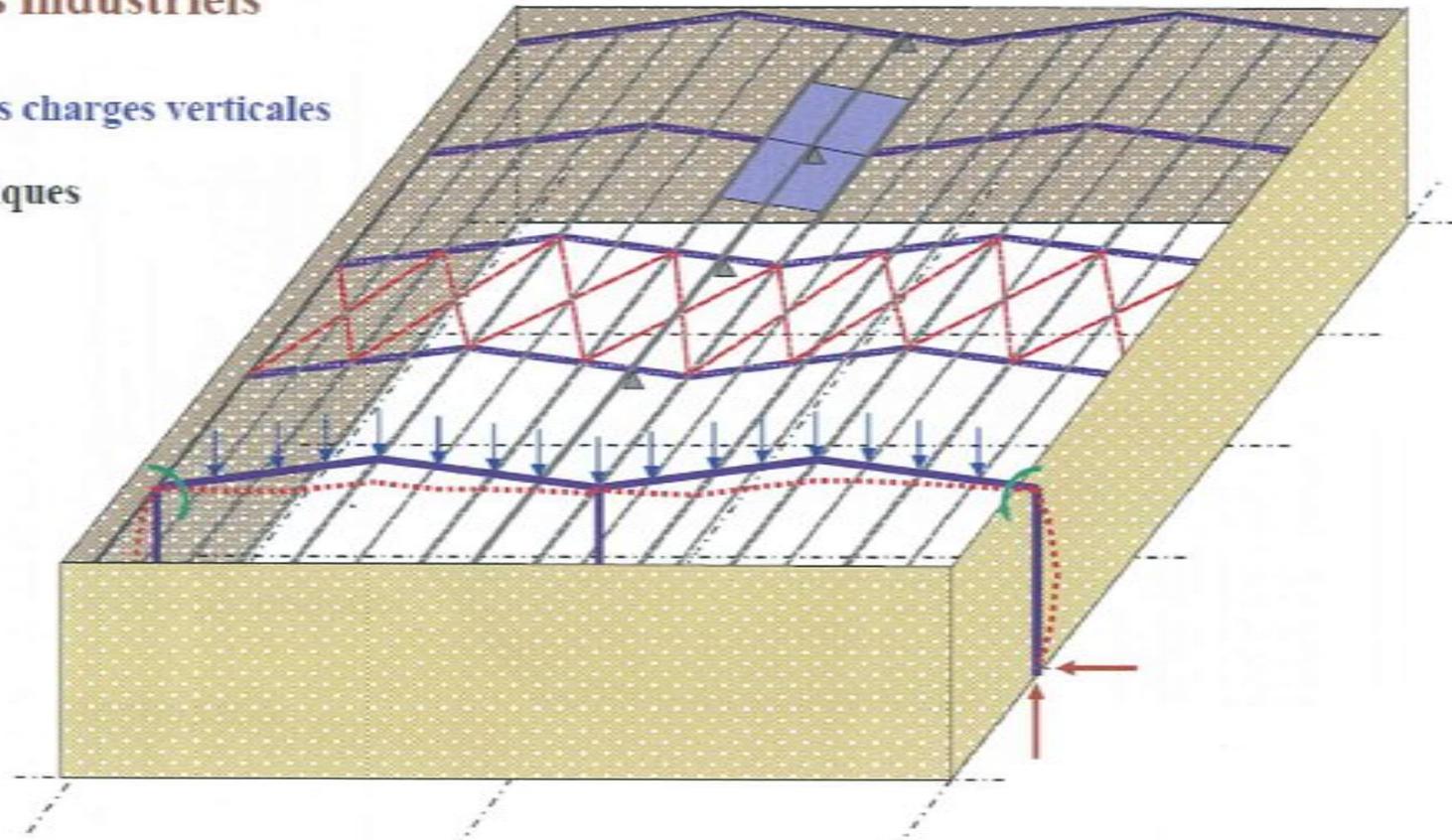
2) TYPOLOGIES DES STRUCTURES METALLIQUES

La reprise des efforts verticaux est assurée par des ossatures type « portiques ».

Les halls industriels

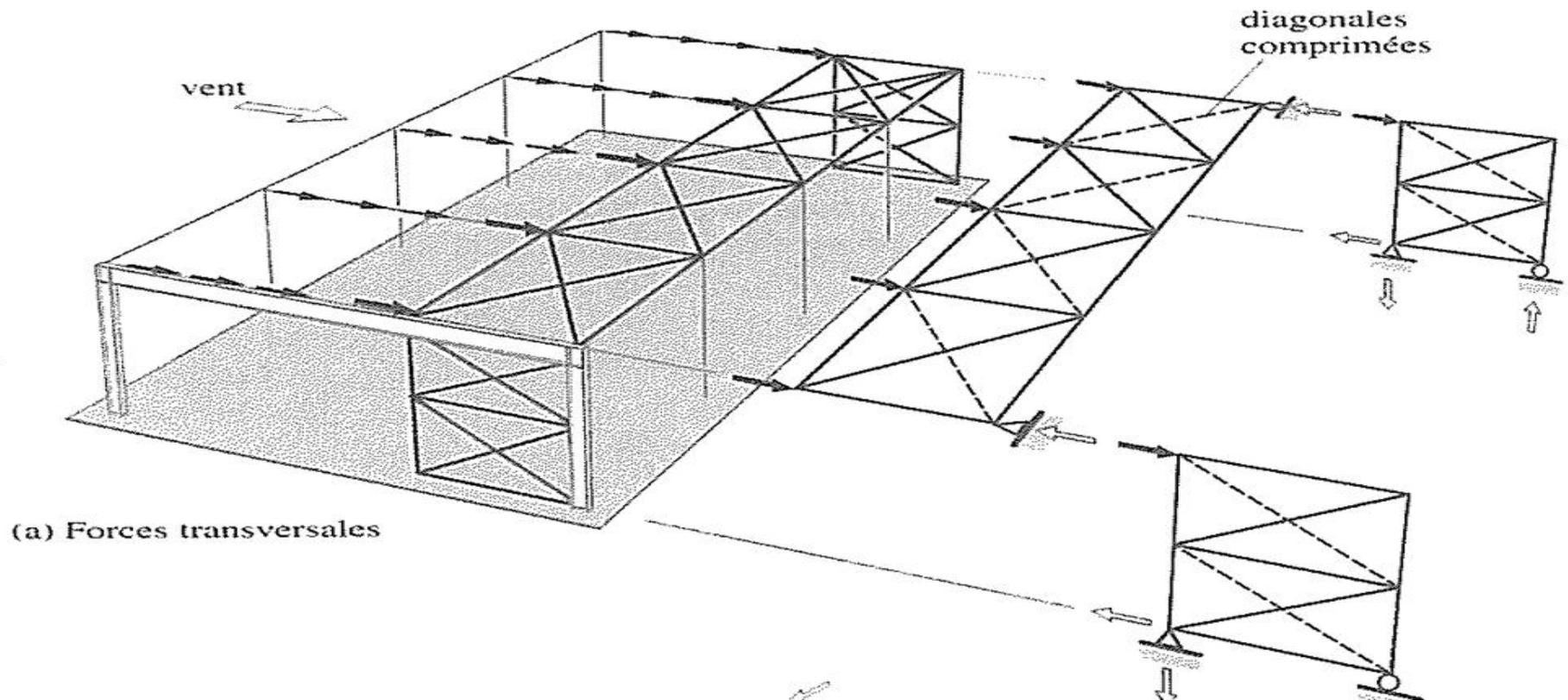
Reprise des charges verticales

portiques



2) TYPOLOGIES DES STRUCTURES METALLIQUES

- La reprise des efforts horizontaux, dans le sens transversal de ce type de bâtiments, est assurée par des ossatures type « portiques » et plus rarement, en rajoutant une poutre au vent longpan (en plus des « portiques) et des stabilités verticales dans les pignons.



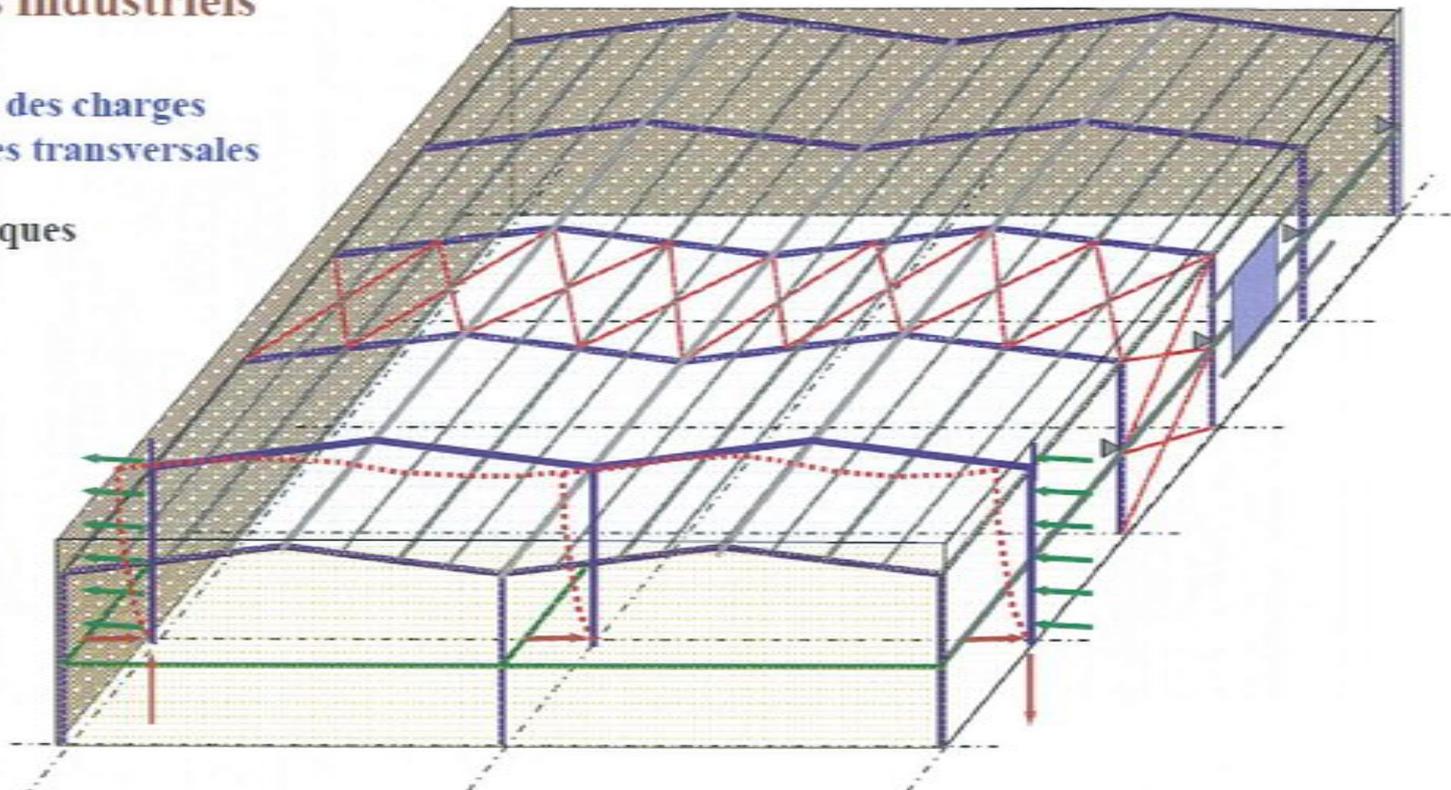
2) TYPOLOGIES DES STRUCTURES METALLIQUES

- La reprise des efforts horizontaux, dans le sens transversal de ce type de bâtiments, est assurée par des ossatures type « portiques » et plus rarement, en rajoutant une poutre au vent longpan (en plus des « portiques) et des stabilités verticales dans les pignons.

Les halls industriels

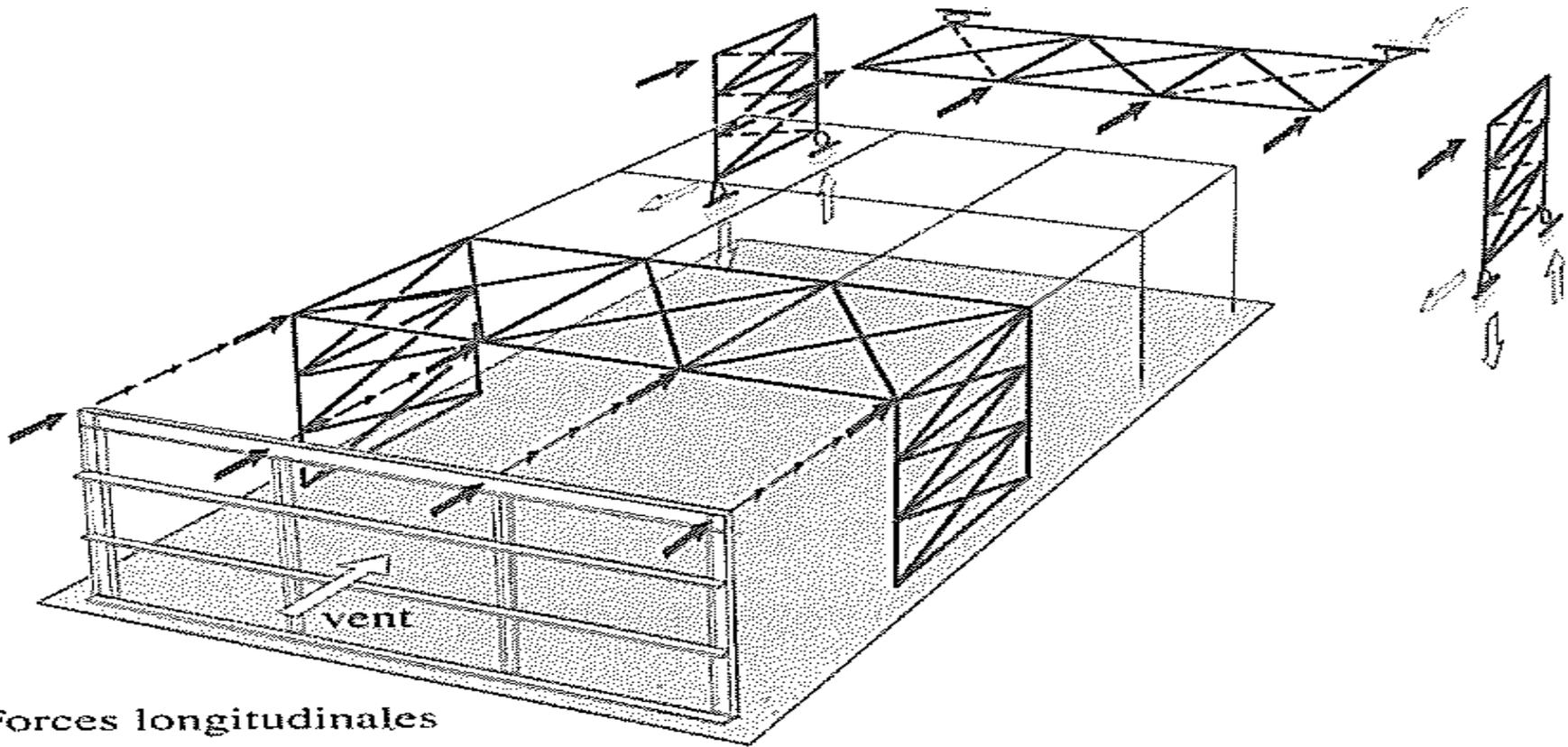
Reprise des charges
horizontales transversales

portiques



2) TYPOLOGIES DES STRUCTURES METALLIQUES

- La reprise des efforts horizontaux, dans le sens longitudinal de ce type de bâtiments, est assurée par une (ou deux) poutre(s) au vent pignon et des stabilités verticales dans les longpans.



(b) Forces longitudinales

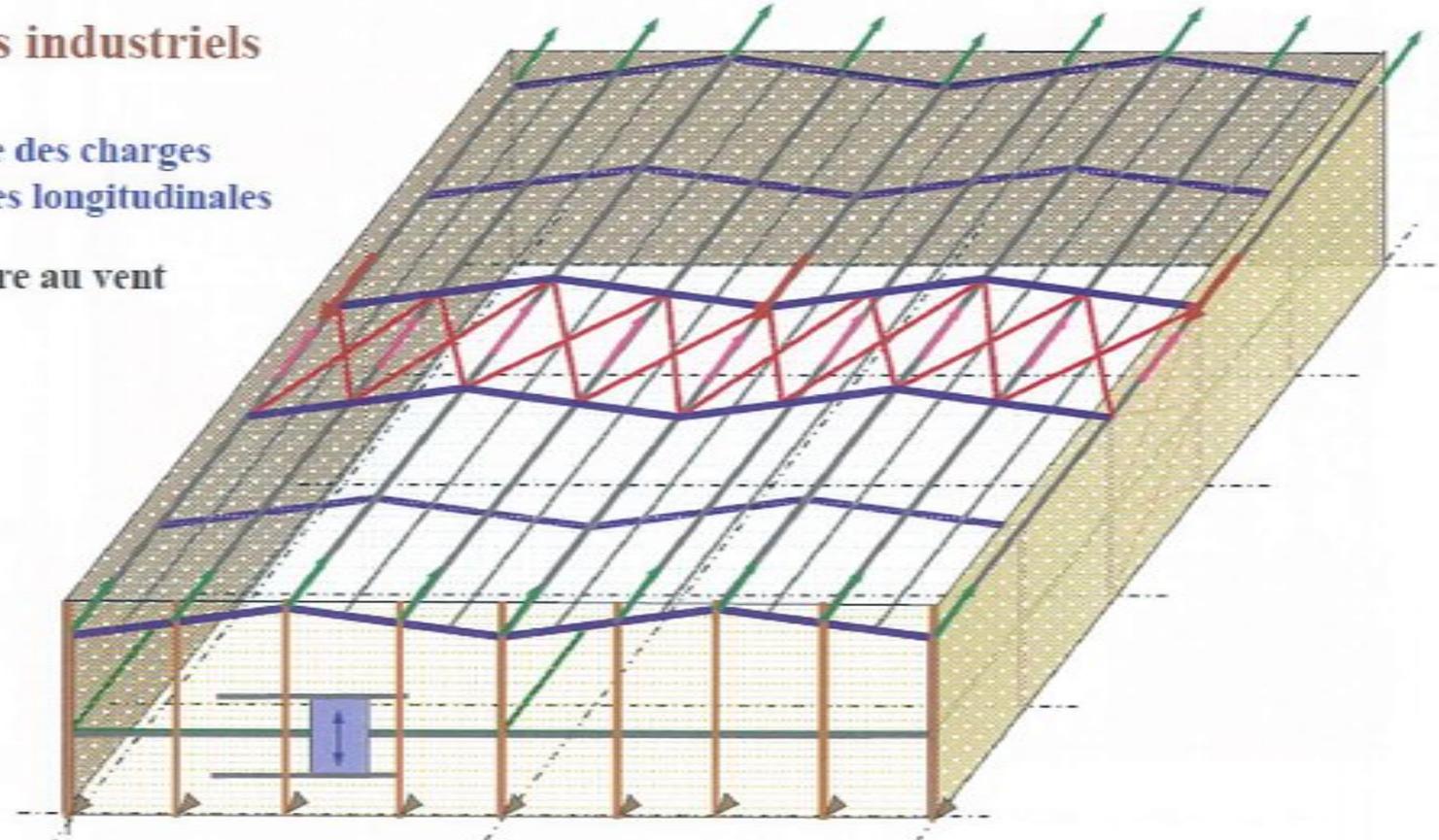
2) TYPOLOGIES DES STRUCTURES METALLIQUES

- La reprise des efforts horizontaux, dans le sens longitudinal de ce type de bâtiments, est assurée par une (ou deux) poutre(s) au vent pignon et des stabilités verticales dans les longpans.

Les halls industriels

Reprise des charges
horizontales longitudinales

poutre au vent



2) TPOLOGIES DES STRUCTURES METALLIQUES

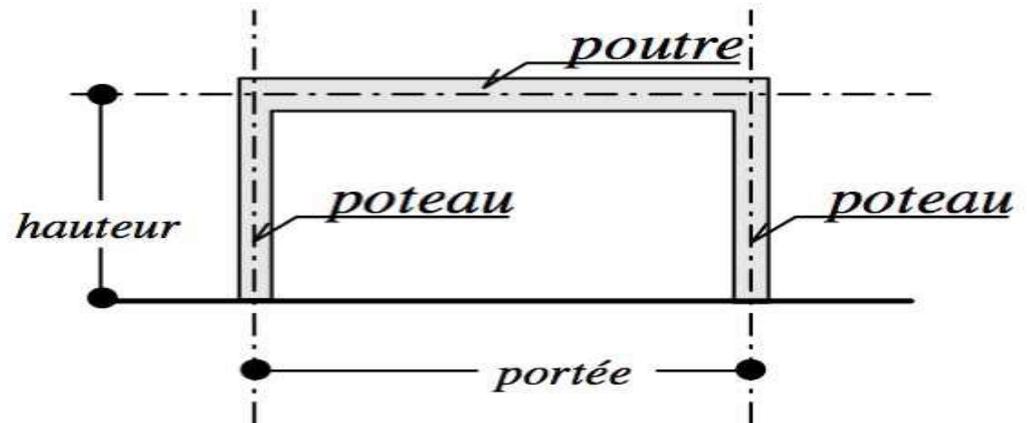
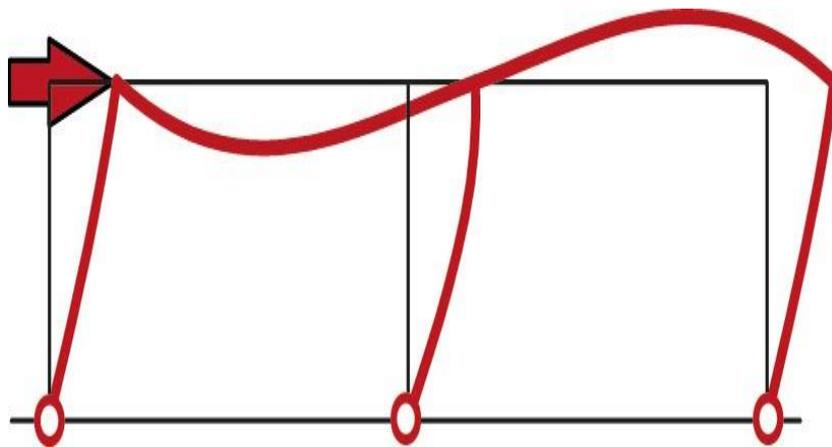
2.2) Structures type portiques

Exemple de structures métalliques type portiques



2) TYPOLOGIES DES STRUCTURES METALLIQUES

- Tous les composants de ce type de structure (poteaux et poutres) participent à la reprise des efforts verticaux et horizontaux.
- La résistance au séisme est assurée principalement par la flexion des poteaux et des poutres.



2) TYPOLOGIES DES STRUCTURES METALLIQUES

- Les portiques sont les éléments principaux de résistance des bâtiments à ossature métallique. Ce sont des cadres à deux ou plusieurs poteaux, reliés entre eux par une ou plusieurs traverses, encadrées en tête des poteaux.
- Les portiques assurent la reprise des efforts verticaux et horizontaux (dus aux charges permanentes, neige, vent, surcharges d'exploitation et séisme), dans le sens transversal des bâtiments.
- Tous les composants de ce type de structure (poteaux et poutres) participent à la reprise des efforts verticaux et horizontaux. La résistance aux efforts horizontaux (vent ou séisme) est assurée principalement par la flexion des poteaux et des poutres.
- Les poteaux peuvent être articulés ou encadrés en pied. En fonction des pentes des toitures, les traverses peuvent être droites, à une pente ou à deux pentes, avec une attache de continuité au faîtage.

2) TYPOLOGIES DES STRUCTURES METALLIQUES

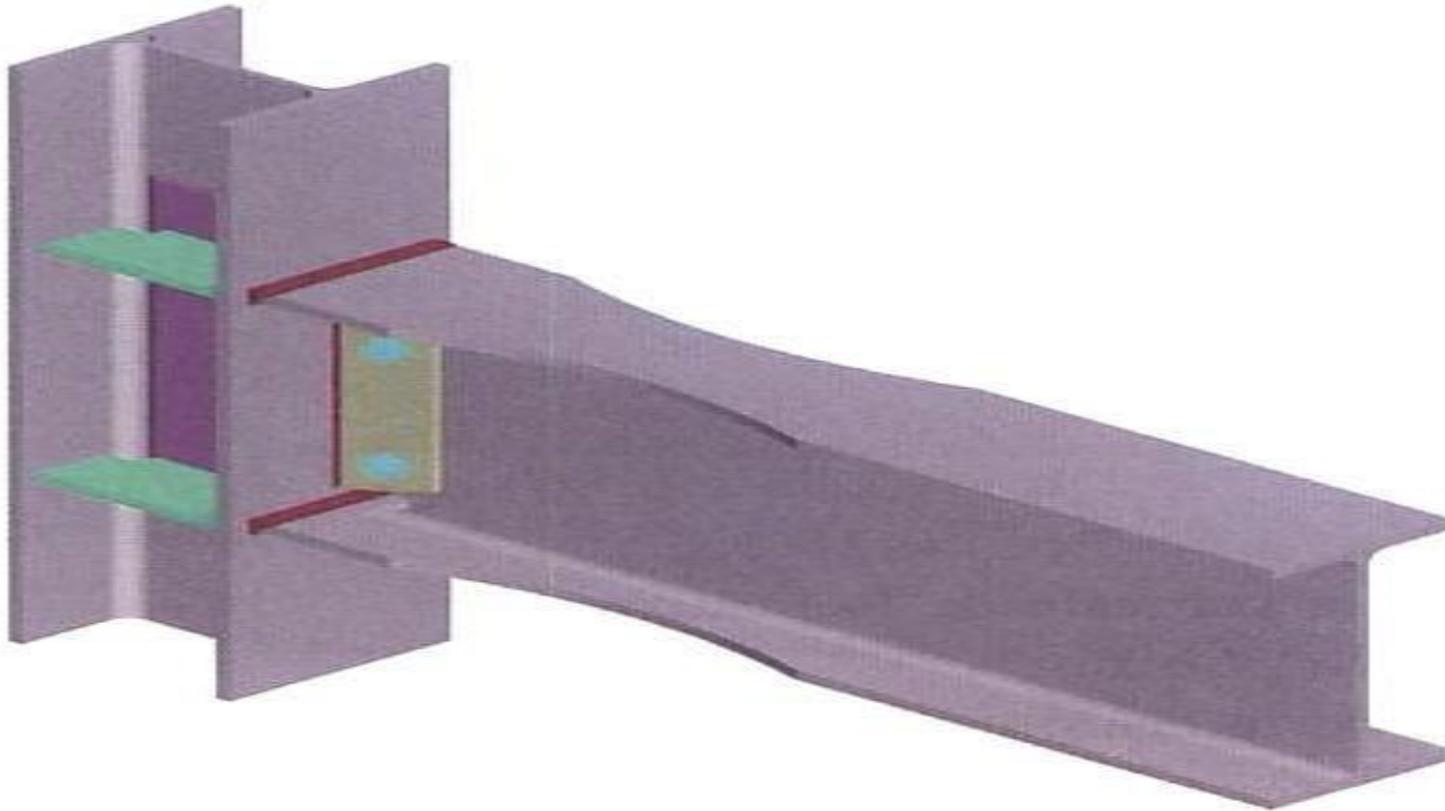
Exemple de structures métalliques type portique



Exemple des portiques tridimensionnels en acier – Photo Bureau Veritas – Mission AFPS Kashiwasaki 2007

2) TYPOLOGIES DES STRUCTURES METALLIQUES

- **Exemple de disposition permettant la dissipation d'énergie, par la création d'une zone "fusible" (principe "poteau fort – poutre faible").**

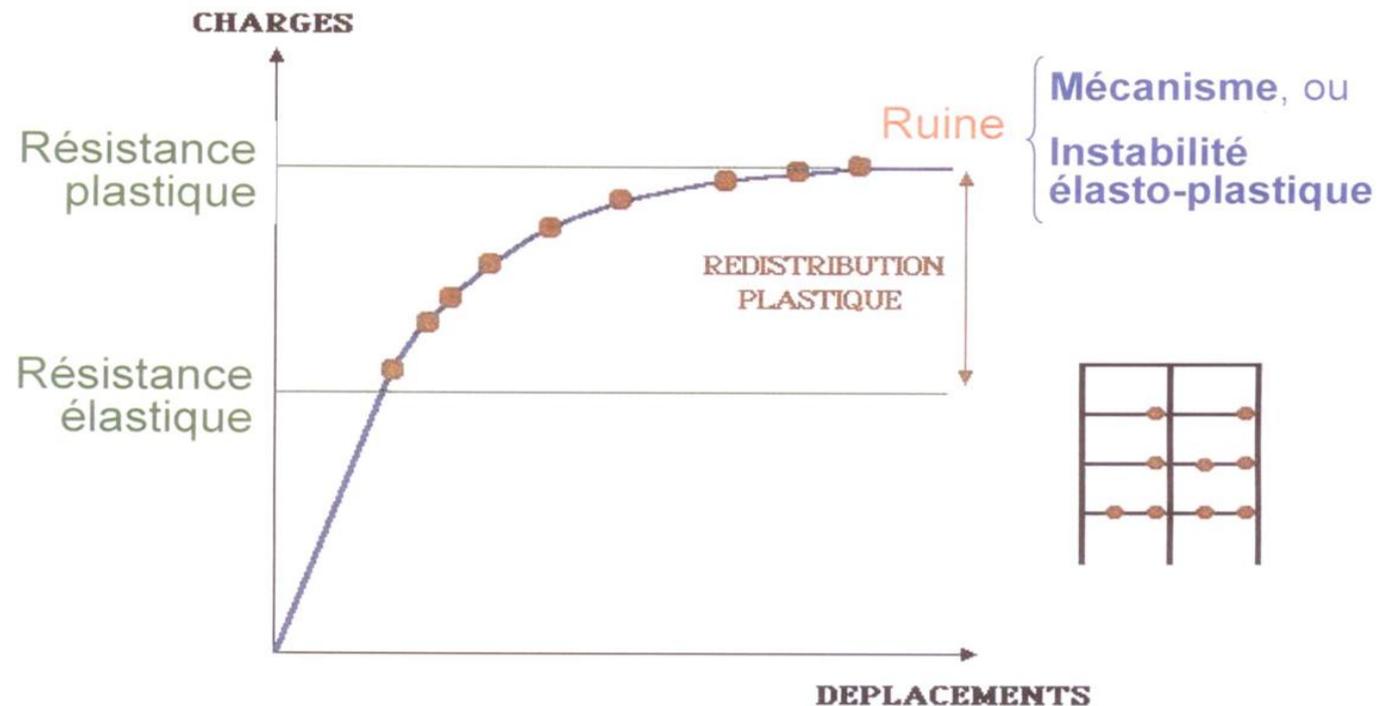


2) TYPOLOGIES DES STRUCTURES METALLIQUES

• Dans la pratique courante des constructions métalliques en France, la solution la plus utilisée dans la mise en place des « **zones dissipatives** » dans les structures de type portique (« **rotules plastiques** » à créer dans les poutres) est la suivante :

- Les traverses des portiques sont dimensionnées pour avoir une résistance supérieure aux effets des actions, obtenus par le calcul ;

- Les poteaux et les assemblages des traverses sur poteaux, sont conçus avec une «**sur-résistance**» de (par exemple) 20% supérieure au moment plastique de la poutre (afin que ces éléments restent « **non-dissipatifs** »).



2) TPOLOGIES DES STRUCTURES METALLIQUES

2.3) Structures avec stabilisation à barres centrées

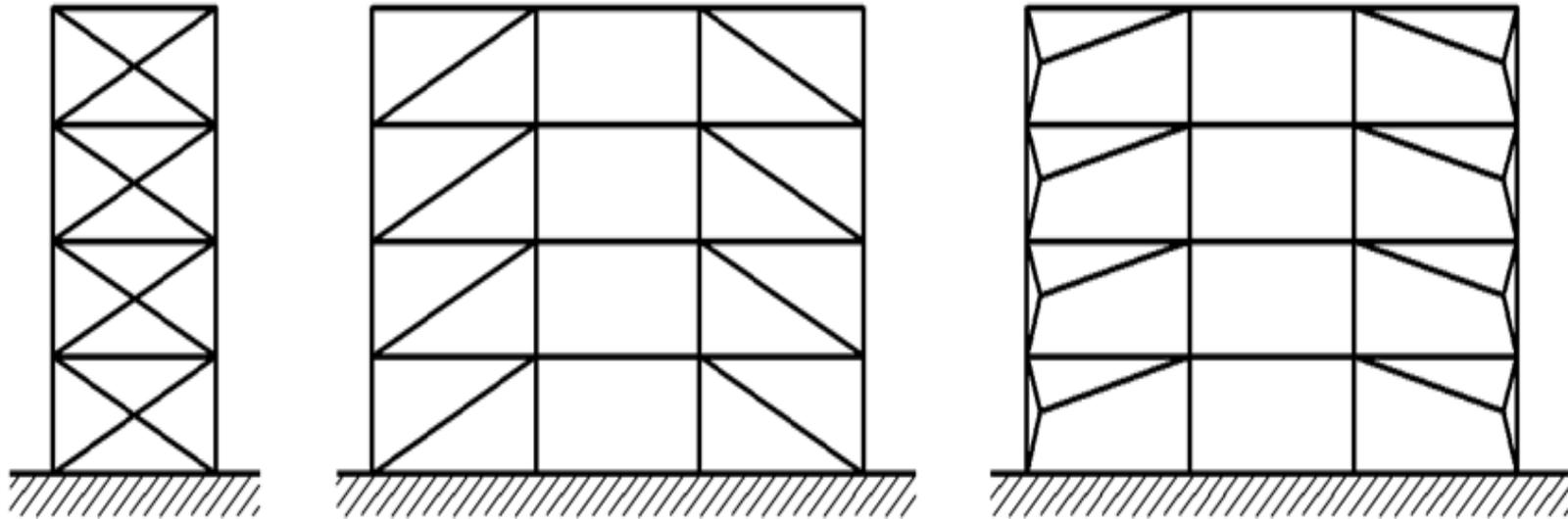
Exemple de structures avec stabilisation à barres centrées



(Séisme de Tokachi-Oki, Japon, 1968 – Source AFPS)

2) TYPOLOGIES DES STRUCTURES METALLIQUES

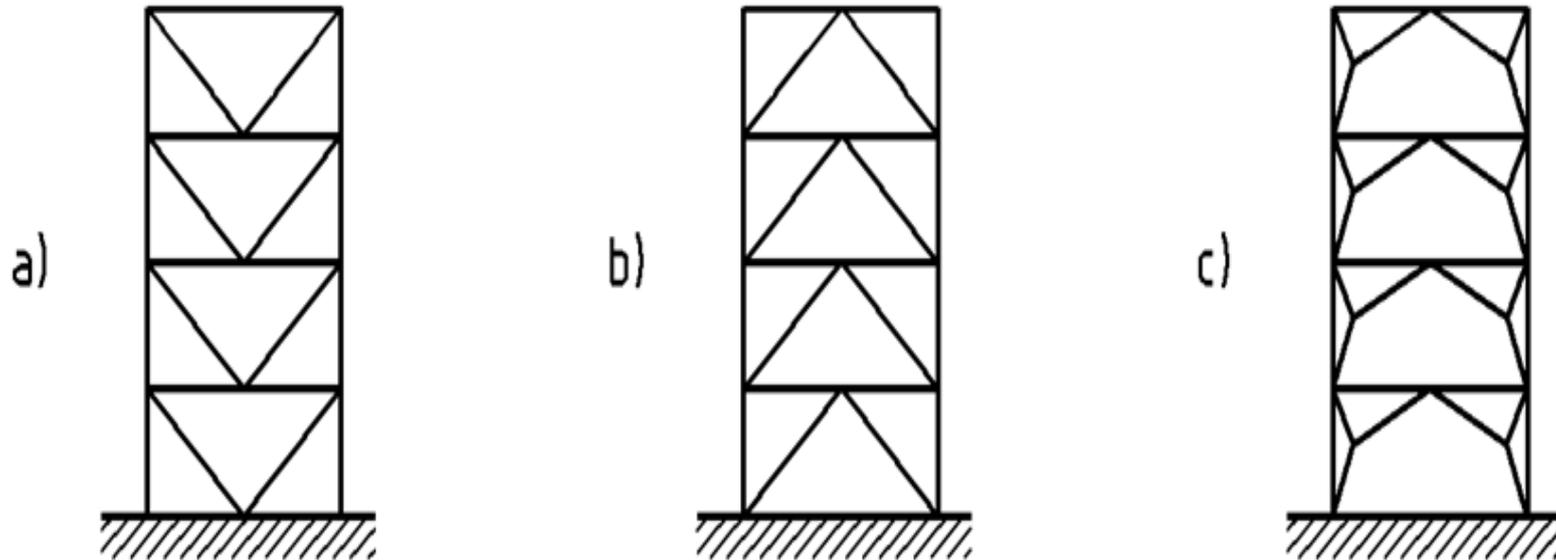
Exemple de structures avec stabilisation à barres centrées



- Ce sont des structures dans lesquelles la résistance aux forces horizontales est assurée principalement par des éléments soumis à des efforts normaux. La résistance aux forces horizontales est assurée principalement par les diagonales tendues.
- Les structures triangulées à barres centrées sont les plus utilisées dans la stabilisation verticale des bâtiments en France.

2) TYPOLOGIES DES STRUCTURES METALLIQUES

Exemple de structures avec stabilisation à barres centrées



Structures avec stabilités verticales à diagonales centrées en V

(la résistance aux forces horizontales est assurée principalement par les diagonales tendues et comprimées)

2) TPOLOGIES DES STRUCTURES METALLIQUES

Exemple de structures avec stabilisation à barres centrées



(Parking - Séisme de Christchurch 2011 – Source Rapport Université de Canterbury, Nouvelle-Zélande)

2) TPOLOGIES DES STRUCTURES METALLIQUES

Exemple de structures avec stabilisation à barres centrées



**(Le bâtiment qui abrite la bibliothèque d'Etat de Californie, Northridge –
Source Rapport mission AFPS)**

2) TPOLOGIES DES STRUCTURES METALLIQUES

Exemple de structures avec stabilisation à barres centrées



**(Parking Sendai - Séisme de Tohoku 2011 , Japon – Source Rapport
Université de Hokkaido)**

2) TPOLOGIES DES STRUCTURES METALLIQUES

Exemple de structures avec stabilisation à barres centrées

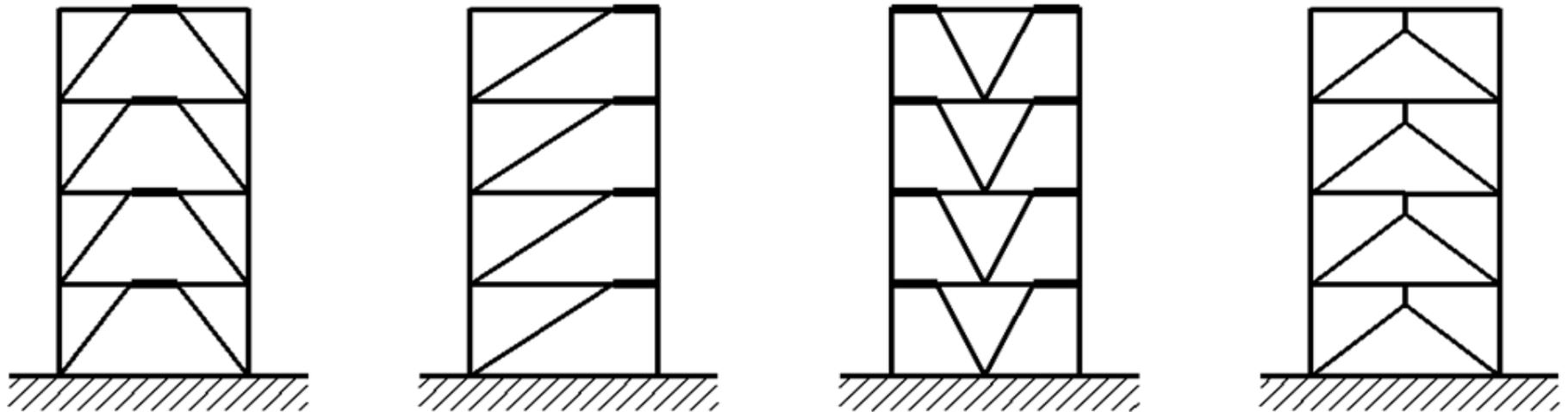


**(Bâtiment du département d'Architecture de l'Université de Tohoku -
Japon – Source Rapport mission AFPS)**

2) TYPOLOGIES DES STRUCTURES METALLIQUES

2.4) Structures avec stabilisation à barres excentrées

Exemples de structures avec stabilisation à barres excentrées



- La résistance aux forces horizontales est principalement assurée par les tronçons d'excentrement fléchis ou cisailés.
- Ce sont des structures dans lesquelles la résistance aux forces horizontales est assurée principalement par des éléments soumis à des efforts normaux, mais où l'excentricité de la configuration est telle que l'énergie peut être dissipée dans les tronçons sismiques, soit par flexion cyclique, soit par cisaillement cyclique.
- Les structures triangulées à barres excentrées sont peu utilisées en France.

2) TPOLOGIES DES STRUCTURES METALLIQUES

Exemple de structures avec stabilisation à barres excentrées



**(Parking - Séisme de Christchurch 2011 – Source Rapport
Université de Canterbury, Nouvelle-Zélande)**

2) TIPOLOGIES DES STRUCTURES METALLIQUES

Exemple de structures avec stabilisation à barres excentrées

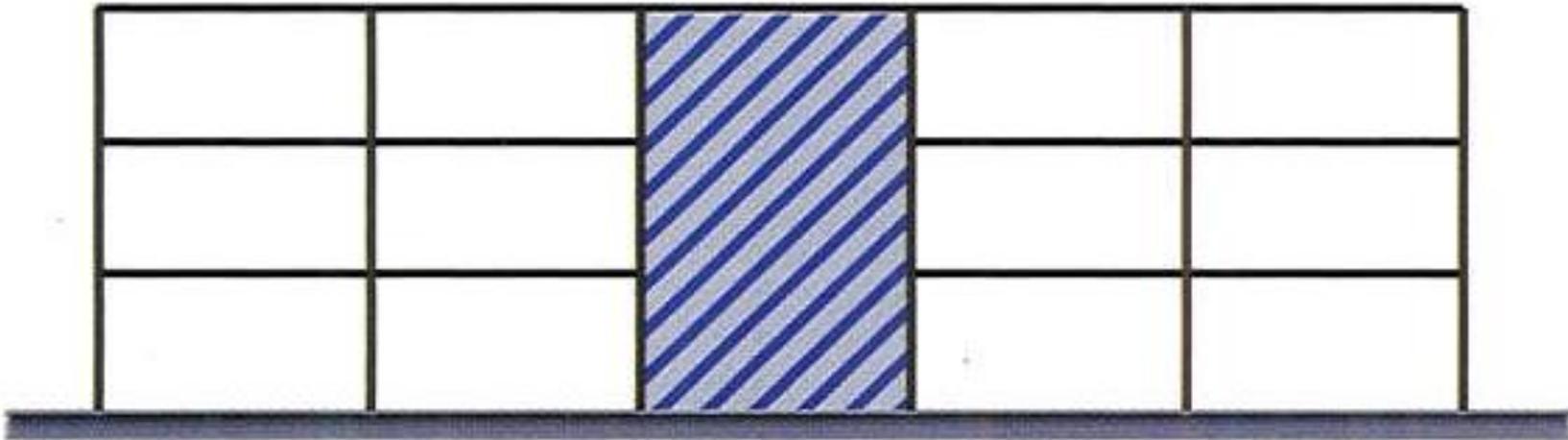


**(Centre commercial - Séisme de Christchurch 2011 – Source Rapport
Université de Canterbury, Nouvelle-Zélande)**

2) TYPOLOGIES DES STRUCTURES METALLIQUES

2.5) Structures hybrides ou mixtes acier-béton

- Les structures métalliques peuvent être parfois associées à des noyaux ou à des voiles en béton armé, afin d'assurer ensemble la résistance aux forces sismiques horizontales.
- Les éléments primaires en béton armé sont dimensionnés conformément aux chapitre 5 de l'Eurocode 1998-1 (« Règles particulières pour les bâtiments en béton ») et les éléments primaires en acier selon le chapitre 6 de l'Eurocode 1998-1 (« Règles particulières aux bâtiments en acier »).



2) TYPOLOGIES DES STRUCTURES METALLIQUES

Structures hybrides ou mixtes acier-béton

- Il est également envisageable de renforcer une structure de type « portique » métallique par des murs de remplissage, en obtenant ainsi une structure mixte, à condition de vérifier l'efficacité de la connexion acier-béton entre les poteaux et les poutres en acier et les murs.
- L'ensemble est conçu et dimensionné selon le chapitre 7 de l'Eurocode 1998-1 (« Règles particulières aux bâtiments mixtes acier-béton »).
- C'est une solution rarement utilisée en France.



3) DOMMAGES CARACTERISTIQUES

- La difficulté majeure dans l'évaluation d'un bâtiment à structure métallique après un séisme, réside dans le fait que pour un grand nombre d'entre - eux (bâtiments de bureaux, salle de spectacles, cinémas, bâtiments d'habitation,...) l'ossature n'est pas visible, car cachée derrière des cloisons et faux-plafonds.
- Des signes inquiétants, comme des portes qui ne se ferment plus ou des grandes déformations des certains éléments non-structuraux, peuvent imposer de démonter ponctuellement les cloisons et/ou les faux-plafonds, afin de pouvoir examiner la structure métallique de résistance du bâtiment.



(Vue globale des diagonales des palées de stabilité obstruées par diverses installations - Immeuble « Club Tower » - Séisme de Christchurch 2011 – Source Rapport Université de Canterbury, Nouvelle-Zélande)

3) DOMMAGES CARACTERISTIQUES

3.1) Catégories de dommages des éléments structuraux

3.1.1) Plastification ou rupture des barres du système de stabilisation, centrées ou excentrées

3.1.2) Plastification ou rupture des fixations d'ancrage dans les massifs en béton

3.1.3) Plastification ou rupture dans les assemblages

3.1.4) Flambement, Déversement, Voilement, Déformations par Torsion des éléments

3.1.5) Endommagement des parois de remplissage/ parement

3) DOMMAGES CARACTERISTIQUES

3.1.1) Plastification ou rupture des barres du système de stabilisation, centrées ou excentrées



**Déformations inélastiques dans une palée à contreventement excentré
(Parking aérien - Séisme de Christchurch 2011 – Source Rapport
Université de Canterbury, Nouvelle-Zélande)**

3) DOMMAGES CARACTERISTIQUES

Plastification ou rupture des barres du système de stabilisation, centrées ou excentrées



Déformation hors plan et rupture du gousset d'une des diagonales d'une stabilité verticale (Parking Sendai – Séisme de Tohoku 2011, Japon – Source Rapport Université de Hokkaido)

3) DOMMAGES CARACTERISTIQUES

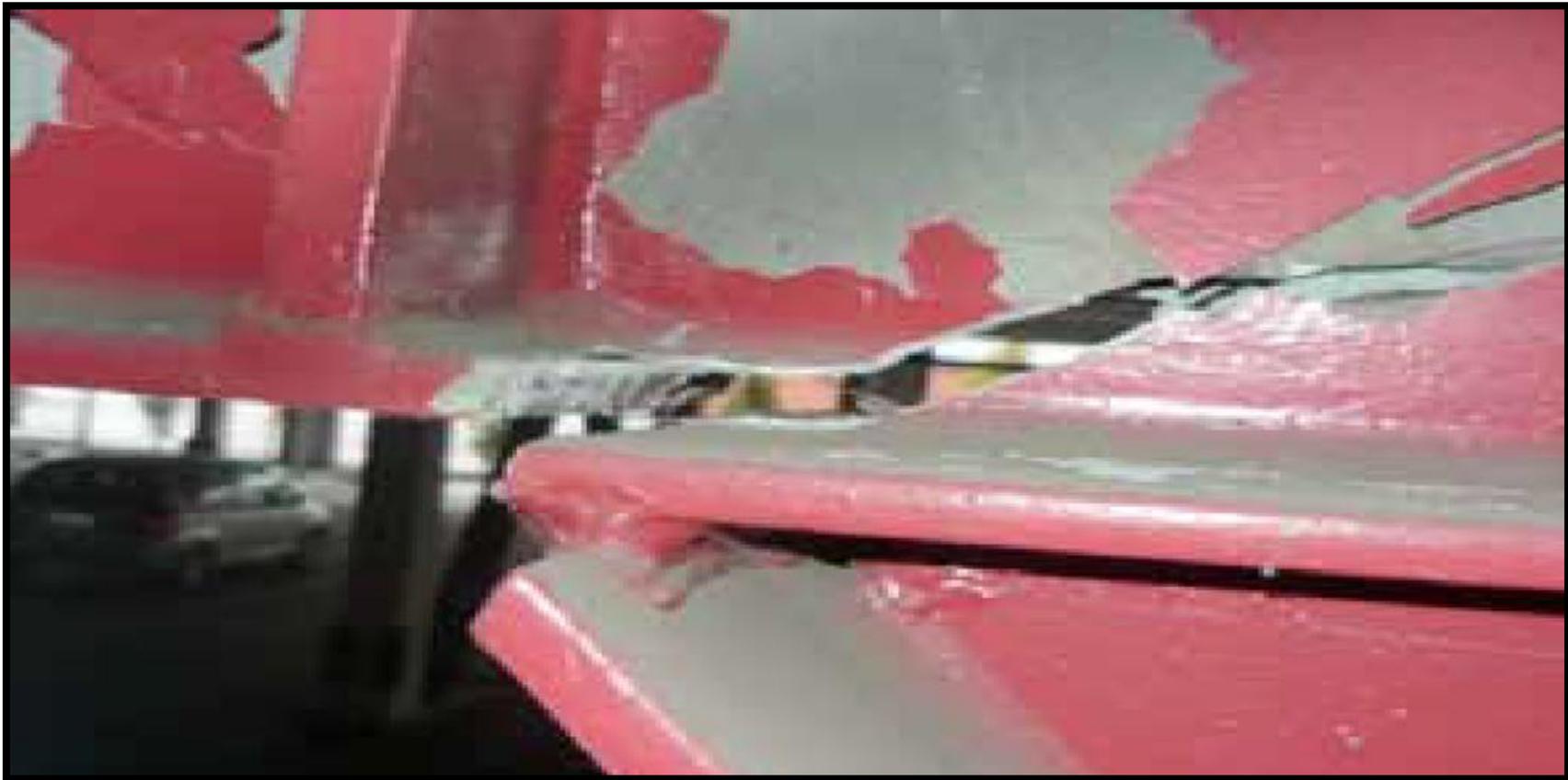
Plastification ou rupture des barres du système de stabilisation, centrées ou excentrées



**Plastification importante d'un tronçon d'excentrement
(Pacific Tower - Séisme de Christchurch 2011 – Source Rapport
Université de Canterbury, Nouvelle-Zélande)**

3) DOMMAGES CARACTERISTIQUES

Plastification ou rupture des barres du système de stabilisation, centrées ou excentrées



**Rupture d'un tronçon d'excentrement
(Parking aérien - Séisme de Christchurch 2011 – Source Rapport
Université de Canterbury, Nouvelle-Zélande)**

3) DOMMAGES CARACTERISTIQUES

3.1.2) Plastification ou rupture des fixations d'ancrage dans les massifs en béton



**Allongement des tiges d'ancrage
(Sendai – Séisme de Tohoku 2011, Japon – Source Rapport
Université de Hokkaido)**

3) DOMMAGES CARACTERISTIQUES

Plastification ou rupture des fixations d'ancrage dans les massifs en béton



(Sendai – Séisme de Tohoku 2011, Japon – Source Rapport Université de Hokkaido)

3) DOMMAGES CARACTERISTIQUES

Plastification ou rupture des fixations d'ancrage dans les massifs en béton



Rupture des tiges d'ancrage des poteaux métalliques, dans les massifs de fondations (Myagino, Sendai – Séisme de Tohoku 2011, Japon – Source Rapport Université de Hokkaido)

3) DOMMAGES CARACTERISTIQUES

Plastification ou rupture des fixations d'ancrage dans les massifs en béton



Rupture des tiges d'ancrage des poteaux métalliques, dans les massifs de fondations (Myagino, Sendai – Séisme de Tohoku 2011, Japon – Source Rapport Université de Hokkaido)

3) DOMMAGES CARACTERISTIQUES

3.1.3) Plastification ou rupture dans les assemblages



Assemblage diagonale / poutre / poteau, montrant une plastification sous flexion hors plan de la platine d'extrémité, mais pas de plastification du gousset (Assemblage dans l'immeuble « Club Tower » - Séisme de Christchurch 2011 – Source Rapport Université de Canterbury, Nouvelle-Zélande)

3) DOMMAGES CARACTERISTIQUES

Plastification ou rupture dans les assemblages

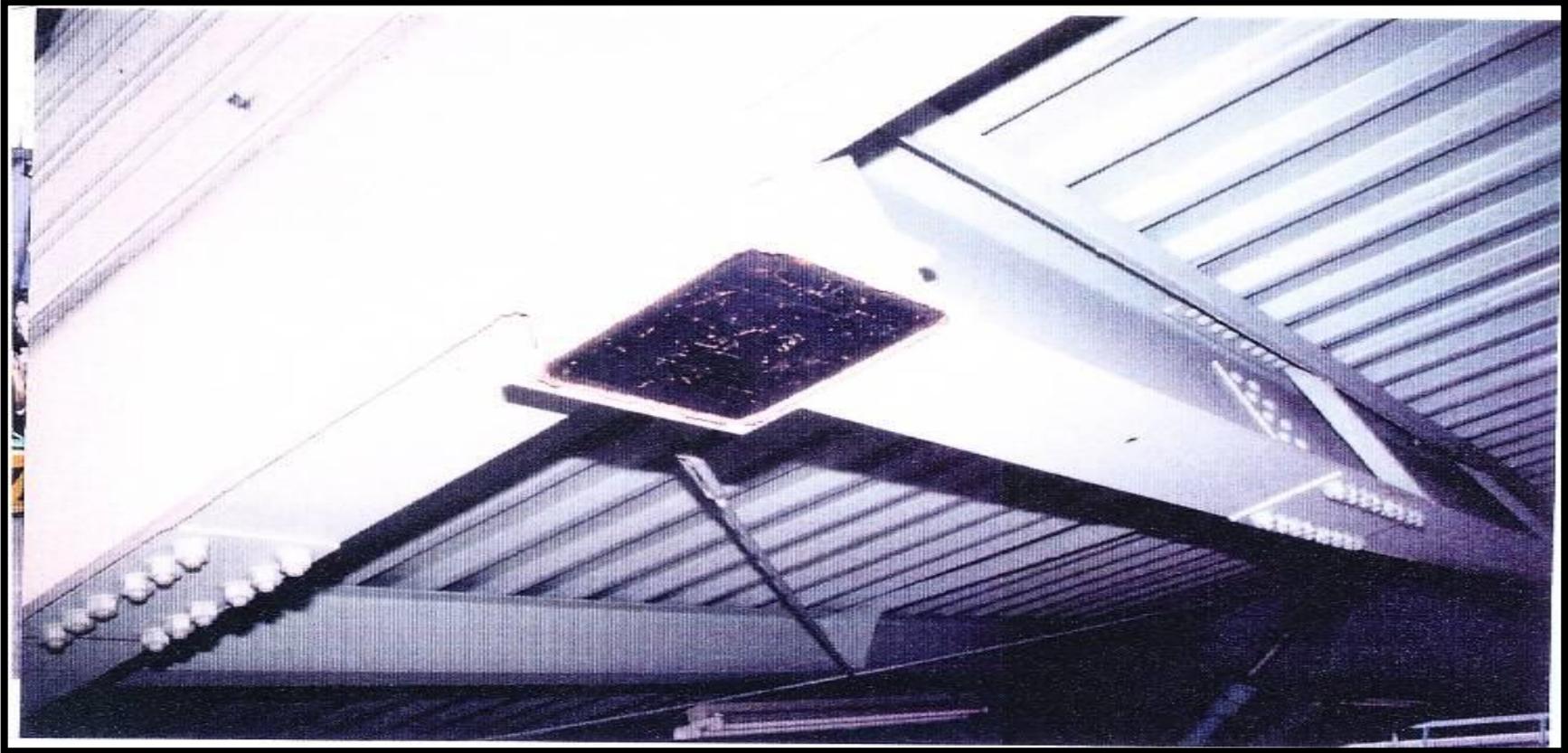


Rupture de soudure

(Séisme Chi-Chi, Taïwan 1999 – Photo issue d'un cours de M. Zacek 2007)

3) DOMMAGES CARACTERISTIQUES

Plastification ou rupture dans les assemblages



**Photo montrant une platine sur laquelle était soudé un poteau. La mauvaise qualité de réalisation des soudures explique la rupture qui a été franche au droit de ces soudures, dans l'assemblage du poteau sous la poutre du plancher
(Bâtiment à structure métallique - Séisme de Kobé 1995, Japon – Source Rapport mission AFPS)**

3) DOMMAGES CARACTERISTIQUES

3.1.4) Flambement, Déversement, Voilement, Déformations par Torsion des éléments



Déformation par torsion et déversement d'une poutre métallique de plancher (Sendai – Séisme de Tohoku 2011, Japon – Source Rapport Université de Hokkaido)

3) DOMMAGES CARACTERISTIQUES

Flambement, Déversement, Voilement, Déformations par Torsion des éléments



**Flambement local des poteaux métalliques, à la proximité des appuis
(Sendai – Séisme de Tohoku 2011, Japon – Source Rapport Université de
Hokkaido)**

3) DOMMAGES CARACTERISTIQUES

Flambement, Déversement, Voilement, Déformations par Torsion des éléments



Des barres des stabilités de type « Croix de St. André » (structures avec stabilisation à barres centrées) flambées ou cassées

3) DOMMAGES CARACTERISTIQUES

Flambement, Déversement, Voilement, Déformations par Torsion des éléments



**Flambement de poteau sous l'effet d'un moment hors plan
(Séisme de Tohoku 2011, Japon – Source Rapport Université de Hokkaido)**

3) DOMMAGES CARACTERISTIQUES

Flambement, Déversement, Voilement, Déformations par Torsion des éléments



**Flambement local dans une diagonale de stabilisation
(Sendai - Séisme de Tohoku 2011, Japon – Source Rapport Université de
Hokkaido)**

3) DOMMAGES CARACTERISTIQUES

3.1.5) Endommagement des parois de remplissage/parement



**Fissuration d'un mur de remplissage
(Immeuble « Club Tower » - Séisme de Christchurch 2011 – Source Rapport Université
de Canterbury, Nouvelle-Zélande)**

3) DOMMAGES CARACTERISTIQUES

Endommagement des parois de remplissage/parement



**Panneau de façade tombé, pendant le séisme de Tohoku
(Sendai – Séisme de Tohoku 2011, Japon – Source Rapport Université de
Hokkaido)**

3) DOMMAGES CARACTERISTIQUES

Endommagement des parois de remplissage/parement



(Centre commercial - Séisme de Christchurch 2011 – Source Rapport Université de Canterbury, Nouvelle-Zélande)

3) DOMMAGES CARACTERISTIQUES

3.2) Catégories de dommages par types de structures et fixations

- 3.2.1) Dommages aux ossatures de type portique**
- 3.2.2) Dommages aux barres du système de stabilisation**
- 3.2.3) Dommages aux assemblages**
- 3.2.4) Dommages aux fixations d'ancrage**
- 3.2.5) Dommages aux remplissages et parements**

3) DOMMAGES CARACTERISTIQUES

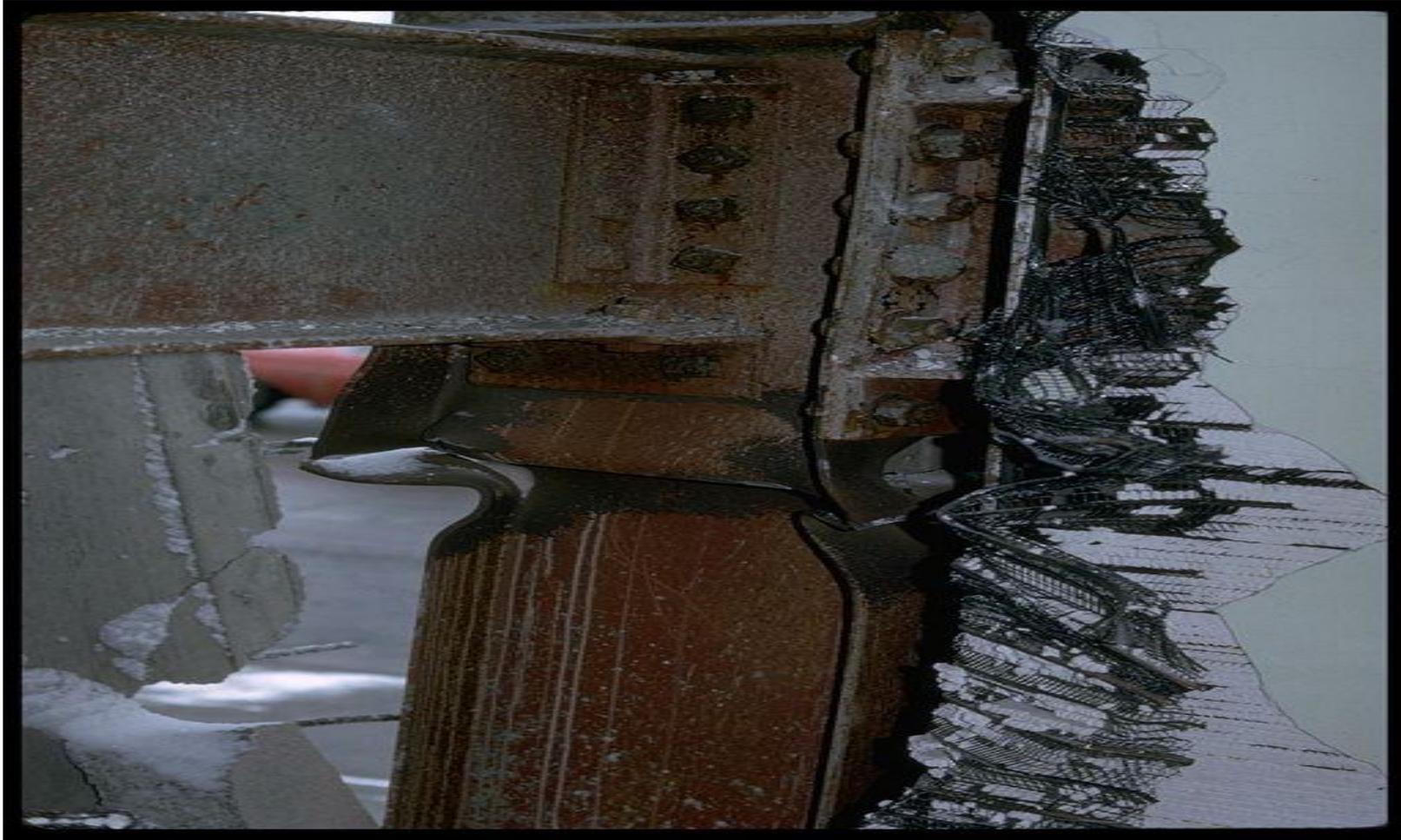
3.2.1) Dommmages (importants) aux ossatures de type portique



(Flambement local d'un poteau d'une tour à structure métallique –
– Séisme de Mexico 1985 – Source Rapport mission AFPS)

3) DOMMAGES CARACTERISTIQUES

Dommmages importants aux ossatures de type portique



(Plastification d'une tête de poteau - Séisme d'Anchorage, Alaska 1964)

3) DOMMAGES CARACTERISTIQUES

Dommages importants aux ossatures de type portique



(Vue d'une poutre qui a subi le phénomène de déversement - Séisme de Christchurch 2011 – Source Rapport Université de Canterbury, Nouvelle-Zélande)

3) DOMMAGES CARACTERISTIQUES

Dommages importants aux ossatures de type portique



(Dégâts importants sur les traverses des portiques métalliques – Port de commerce public - Séisme de Haiti 2010 - Source Rapport mission AFPS)

3) DOMMAGES CARACTERISTIQUES

Dommages importants aux ossatures de type portique



(Dégâts importants sur les traverses des portiques métalliques – Port de commerce public - Séisme de Haiti 2010 - Source Rapport mission AFPS)

3) DOMMAGES CARACTERISTIQUES

Dommmages modérés aux ossatures de type portique



(Poteaux ayant subi un flambement modéré et poutres de façade déformées – Séisme de Boumerdes 2003, Algérie - Source Rapport mission AFPS)

3) DOMMAGES CARACTERISTIQUES

Dommages légers aux ossatures de type portique



(Cloquage de la peinture de protection d'un pied de poteau tubulaire – Séisme de Kobé 1995, Japon - Source Rapport mission AFPS)

3) DOMMAGES CARACTERISTIQUES

3.2.2) Dommages (importants) aux barres du système de stabilisation



(Une diagonale flambée et une autre brisée, dans la poutre au vent toiture - Séisme de Christchurch 2011–Source Rapport Université de Canterbury, Nouvelle-Zélande)

3) DOMMAGES CARACTERISTIQUES

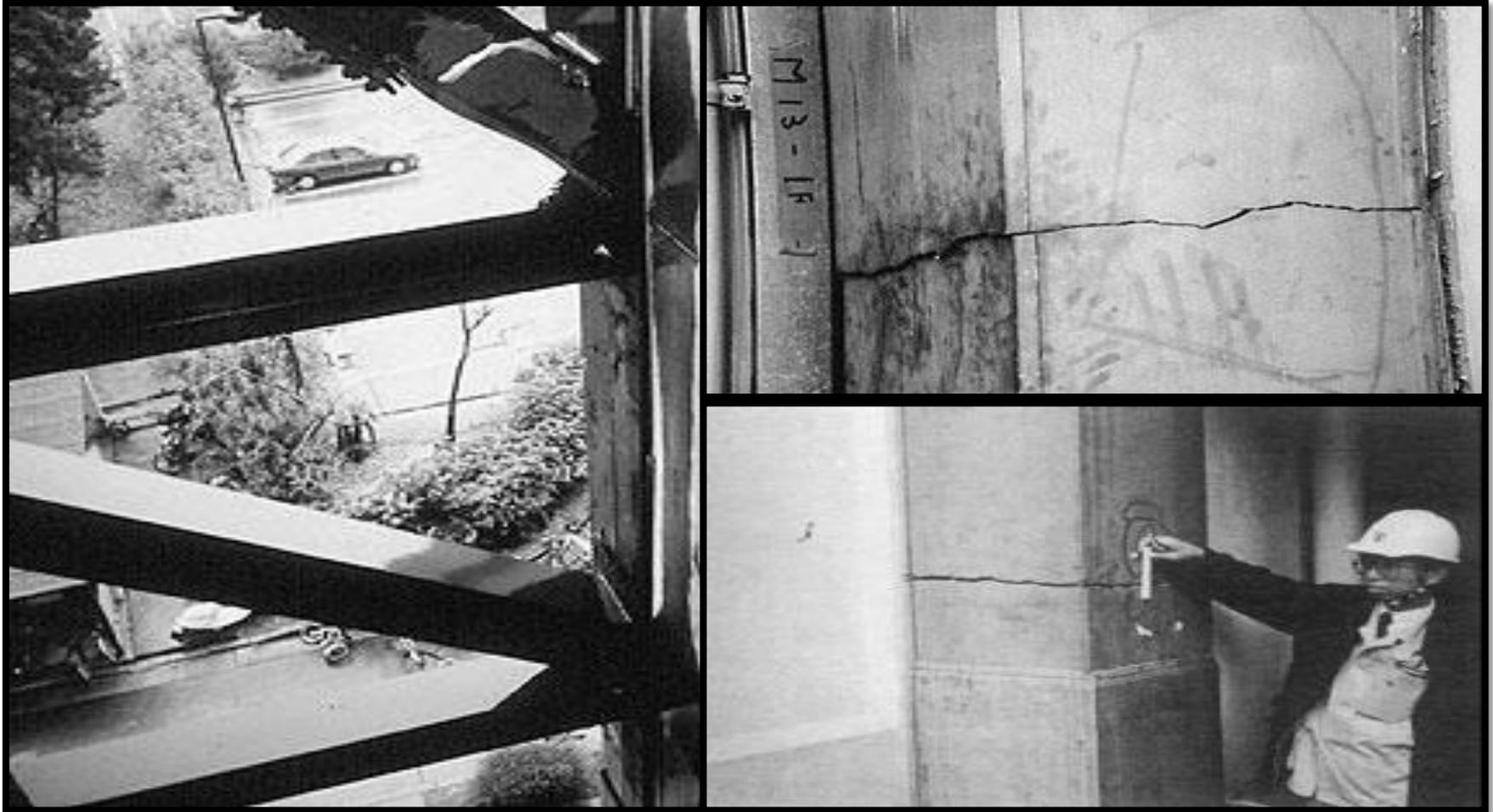
Dommages importants aux barres du système de stabilisation



(Flambement d'une des diagonales et rupture en traction en section nette de l'autre, au droit du gousset central - stabilité à barres centrées – Séisme de Tohoku 2011, Japon - Source Rapport mission AFPS)

3) DOMMAGES CARACTERISTIQUES

Dommages importants aux barres du système de stabilisation



(Rupture d'une diagonale de la stabilité verticale et nombreuses fissures et ruptures fragiles, par manque de ténacité des poteaux de la même stabilité – Ashiyahama buildings à Kobe – Séisme de Kobé 1995, Japon)

3) DOMMAGES CARACTERISTIQUES

Dommages modérés aux barres du système de stabilisation



(Flambement des diagonales en cornières d'une stabilité à barres centrées –
Séisme de Kobé 1995, Japon - Source Rapport mission AFPS)

3) DOMMAGES CARACTERISTIQUES

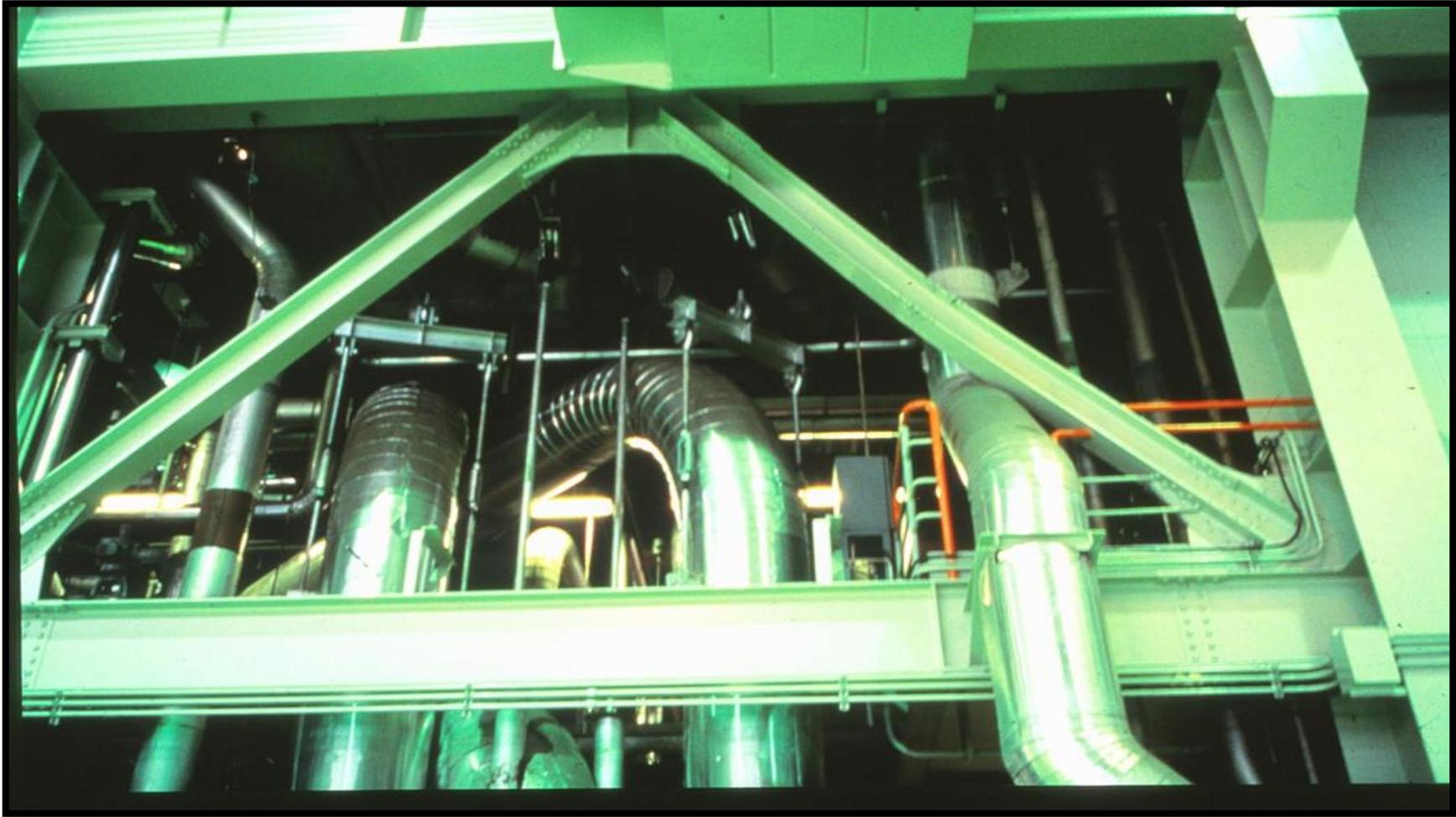
Dommages modérés aux barres du système de stabilisation



(Déformation inélastique et cloquage de la peinture, dans une palée à barres excentrées, Parking aérien – Séisme de Christchurch 2011 – Source Rapport Université de Canterbury, Nouvelle-Zélande)

3) DOMMAGES CARACTERISTIQUES

Dommages modérés aux barres du système de stabilisation



**(Léger flambement d'une des diagonales d'une stabilité à barres centrées
– Séisme de Kobé 1995, Japon - Source Rapport mission AFPS)**

3) DOMMAGES CARACTERISTIQUES

Dommmages modérés aux barres du système de stabilisation



(Flambement des diagonales d'une stabilité à barres centrées
– Séisme de Kobé 1995, Japon – Source Nisee)

3) DOMMAGES CARACTERISTIQUES

Dommages modérés aux barres du système de stabilisation



(Traces de plastification dans le gousset d'une stabilité à barres centrées
– Séisme de Kobé 1995, Japon – Source Nisee)

3) DOMMAGES CARACTERISTIQUES

Dommages légers aux barres du système de stabilisation



(Ecaillage de la peinture d'un tronçon, dans une palée à barres excentrées - Immeuble « Club Tower » - Séisme de Christchurch 2011 – Source Rapport Université de Canterbury, Nouvelle-Zélande)

3) DOMMAGES CARACTERISTIQUES

3.2.3) Dommages (importants) aux assemblages



(Rupture d'une diagonale tubulaire - stabilité à barres centrées – Scierie de Constitucion - Séisme du Chili 2010 - Source Rapport mission AFPS)

3) DOMMAGES CARACTERISTIQUES

Dommages importants aux assemblages



(Rupture d'assemblage de tube sur gousset au croisement des diagonales - stabilité à barres centrées – Séisme de Tohoku 2011, Japon - Source Rapport mission AFPS)

3) DOMMAGES CARACTERISTIQUES

Dommages importants aux assemblages



(Rupture fragile de l'assemblage par cisaillement des boulons - stabilité à barres centrées – Séisme de Tohoku 2011, Japon - Source Rapport mission AFPS)

3) DOMMAGES CARACTERISTIQUES

Dommages importants aux assemblages



(Détail de rupture d'un gousset - stabilité à barres centrées – Séisme de Tohoku 2011, Japon - Source Rapport mission AFPS)

3) DOMMAGES CARACTERISTIQUES

Dommmages modérés aux assemblages



(Rupture d'un cordon de soudure dans un assemblage poteau-poutre – Séisme de Tohoku 2011, Japon - Source Rapport mission AFPS)

3) DOMMAGES CARACTERISTIQUES

Dommages légers aux assemblages



(Traces de plastification locale dans un assemblage – Séisme de Kobe 1995, Japon – Source Nisee)

3) DOMMAGES CARACTERISTIQUES

3.2.4) Dommages (importants) aux fixations d'ancrage



(Plastification de la platine d'extrémité du pied de poteau – Séisme de Tohoku 2011, Japon - Source Rapport mission AFPS)

3) DOMMAGES CARACTERISTIQUES

Dommages importants aux fixations d'ancrage



(Dégâts importants sur les fondations des portiques métalliques – Port de commerce public - Séisme de Haiti 2010 - Source Rapport AFPS)

3) DOMMAGES CARACTERISTIQUES

Dommages importants aux fixations d'ancrage



(Massif d'ancrage éclaté)

3) DOMMAGES CARACTERISTIQUES

Dommmages modérés aux fixations d'ancrage



(Elongation des tiges d'ancrage des pieds de poteaux – Séisme de Chili 1960
- Source Nisee)

3) DOMMAGES CARACTERISTIQUES

3.2.5) Dommmages (importants) aux remplissages et parements



(Bâtiment industriel qui a perdu la majeure partie des vitrages et remplissages de ses long-pans – Séisme de Erzican 1992, Turquie - Source Rapport mission AFPS)

3) DOMMAGES CARACTERISTIQUES

Dommages importants aux remplissages et parements



(Remplissages en maçonnerie armée détruits par les déformations trop importantes de l'ossature métallique)

3) DOMMAGES CARACTERISTIQUES

Dommages importants aux remplissages et parements



(Dégâts importants sur le bardage métallique des long-pans – Séisme de Coalinga 1983, Etats-Unis - Source Milan Zacek)

3) DOMMAGES CARACTERISTIQUES

Dommages modérés aux remplissages et parements



(Dégâts assez limités aux remplissages de pignon – Séisme de Erzican 1992, Turquie - Source Rapport mission AFPS)

3) DOMMAGES CARACTERISTIQUES

Dommages modérés aux remplissages et parements



(Perte des parois externes du bâtiment, mais structure principale semblant intacte
– Séisme de Kobé 1995, Japon – Source Nisee)

3) DOMMAGES CARACTERISTIQUES

3.3) Exemple du comportement d'un bâtiment à structure métallique, lors du séisme des Apennins du 24 août 2016 (Italie centrale)

• Dans la région affectée par le séisme du 24 août 2016, il n'y avait pas beaucoup de bâtiments à structure métallique. Toutefois, un cas intéressant a été observé dans la « zone rouge » d'Amatrice. Il s'agit d'un immeuble de quatre niveaux, rez-de-chaussée, deux niveaux et des combles aménagés, sur une surface réduite. Un petit atelier mécanique fonctionnait au rez-de-chaussée du bâtiment, le premier étage était occupé par des bureaux et le deuxième niveau et les combles aménagés, par des logements.

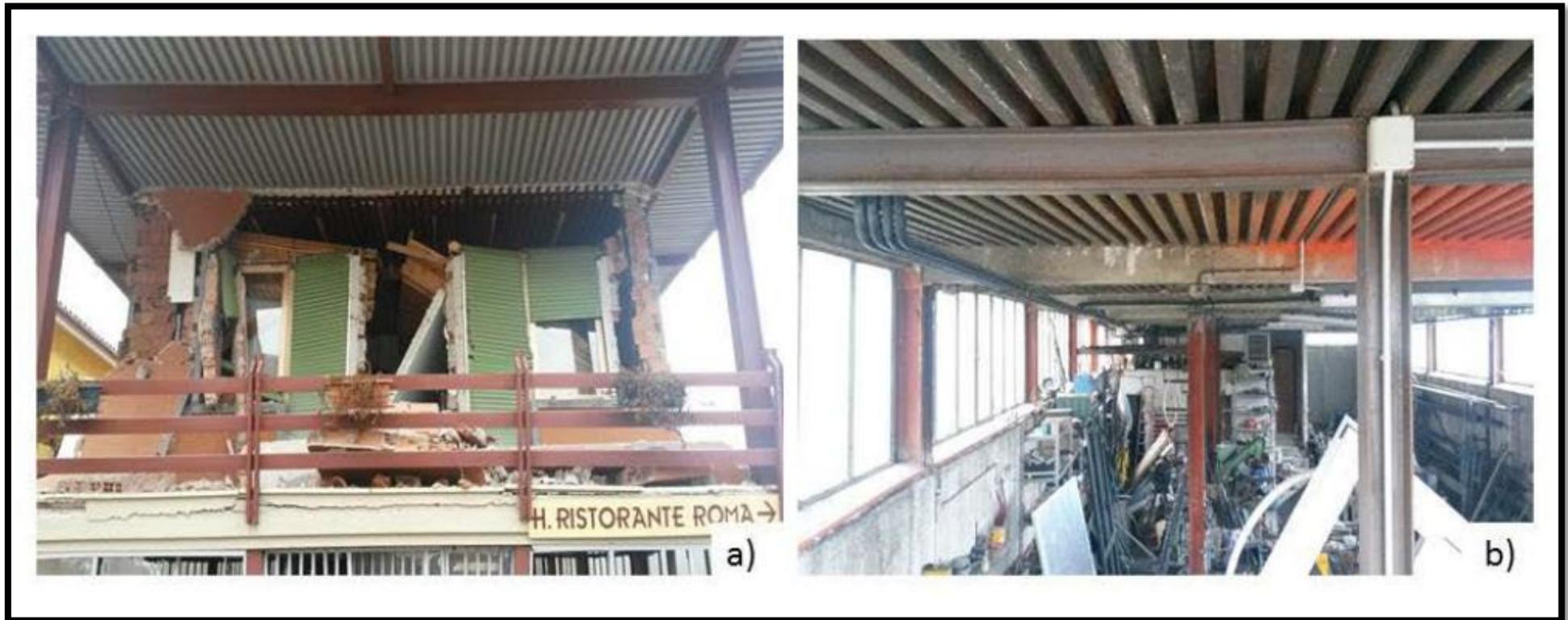


3) DOMMAGES CARACTERISTIQUES



- La structure porteuse de l'immeuble est de type « **portique métallique** », avec un fonctionnement en cadre, poteau-poutre (la résistance au séisme est assurée par la flexion des poteaux et des poutres) dans les deux directions : transversale et longitudinale. Les assemblages entre les poutres des planchers et les poteaux sont réalisés par soudures. L'effet diaphragme est réalisé à chaque niveau par l'intermédiaire des planchers collaborants ou au moins à bac collaborant.

3) DOMMAGES CARACTERISTIQUES

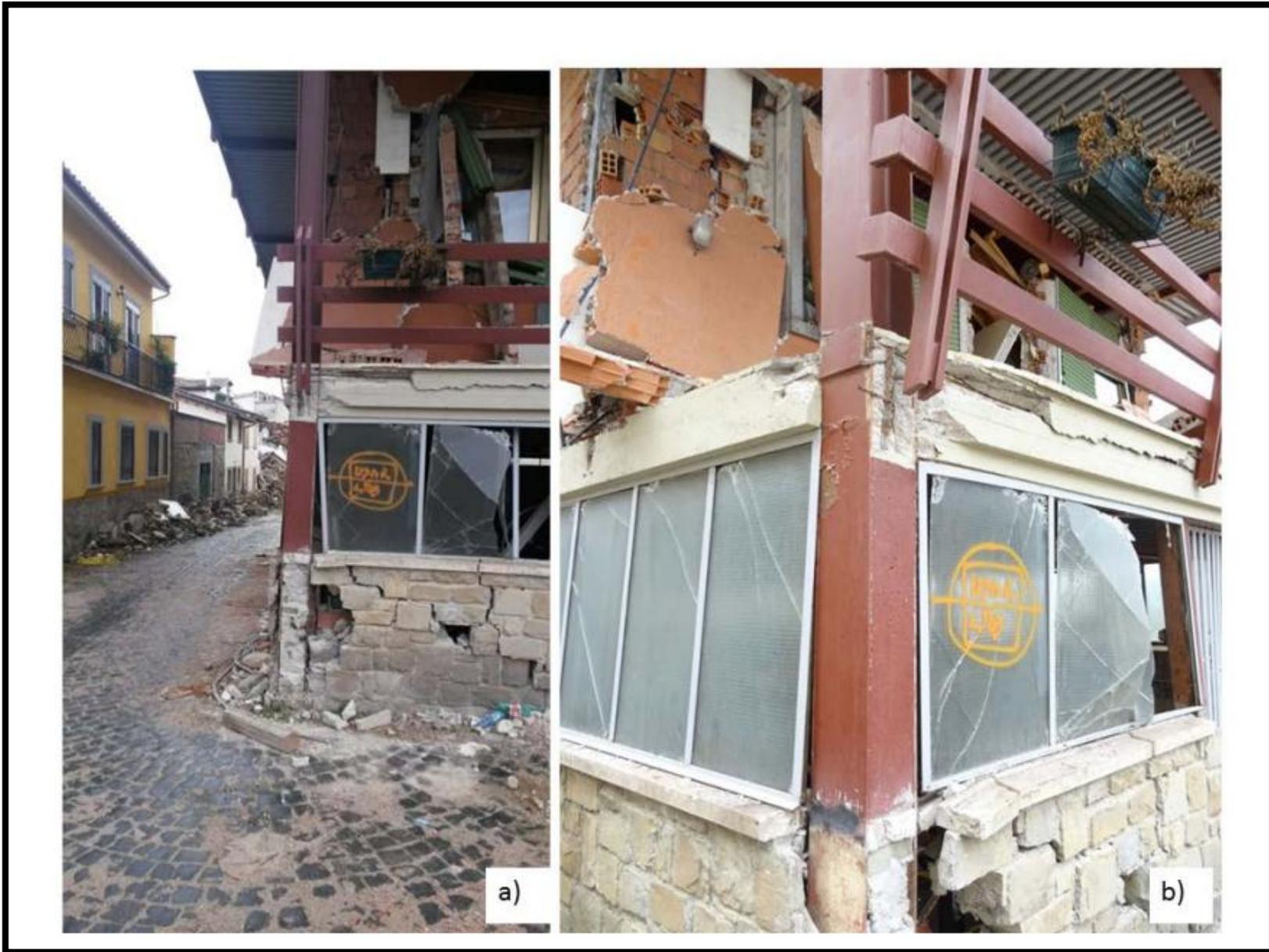


- Le compartimentage de l'immeuble est réalisé à l'aide des cloisons légères et les doubles parois en maçonnerie assurent la fermeture du bâtiment, en pignons et long pans. La « peau » extérieure de ces murs est fixée entre les âmes des poteaux métalliques. Les murs longitudinaux ne sont donc pas désolidarisés des portiques métalliques et ils ont participé à la reprise des efforts horizontaux dus au séisme dans cette direction. Le comportement de la structure métallique résistante de cet immeuble au séisme du 24 août est assez satisfaisant. Il n'y a pas beaucoup de dégâts visibles, à l'exception d'un poteau de pignon, qui présente un flambement important au RDC.

3) DOMMAGES CARACTERISTIQUES



3) DOMMAGES CARACTERISTIQUES



3) DOMMAGES CARACTERISTIQUES

- La peinture écaillée sur plusieurs poteaux, au droit de leurs assemblages avec les poutres de plancher, montre que ces zones se sont fortement déformées, sans toutefois aller jusqu'à la création de rotules plastiques, qui auraient mis en danger la stabilité du bâtiment. Les maçonneries de remplissage, n'étant pas désolidarisées des poteaux métalliques, ont contribué à la reprise des efforts horizontaux dus au séisme. Par conséquent, les dégâts observés dans les panneaux maçonnés (travaillant comme « fusibles ») sont importants, dans leur plan et surtout hors plan.



3) DOMMAGES CARACTERISTIQUES



- La rigidité globale du bâtiment, notamment dans le sens longitudinal (obtenue par la mise en place des portiques métalliques avec des connexions soudées dans les deux directions, plus l'apport important de la maçonnerie fixée entre les poteaux) s'est avérée assez importante. Les photos prises sur site illustrent cette rigidité longitudinale, dans la zone d'entrechoquement avec le bâtiment maçonné plus bas du pignon, par les fissures longitudinales dans ce dernier.

3) DOMMAGES CARACTERISTIQUES



3) DOMMAGES CARACTERISTIQUES



MERCI DE VOTRE ATTENTION

