

Le bassin grenoblois face au risque sismique, 8 mars 2022

Conforter le bâti pour réduire la vulnérabilité Exemples réalisés (ou pas) en Suisse

Pierino Lestuzzi

EPFL-ENAC-IIC-EESD
Station 18
CH-1015 Lausanne
pierino.lestuzzi@epfl.ch

Exigo Expertises SA
route du Bois 17
CH-1024 Ecublens
pierino.lestuzzi@kcing.ch

EPFL

EXIGO

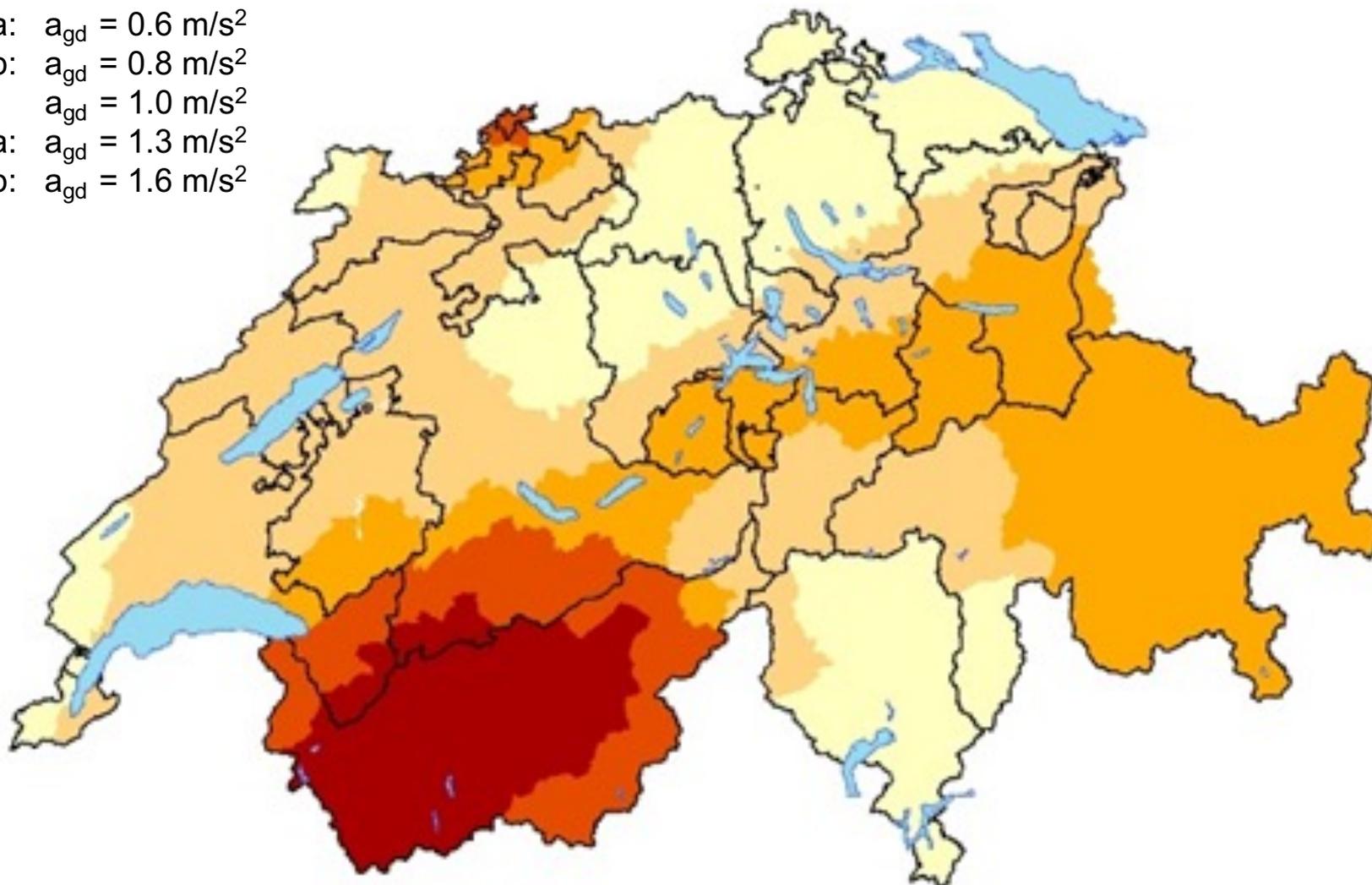
Table des matières

- **Conditions sismiques en Suisse**
- **Approche basée sur le risque selon SIA 269/8**
- **Evaluation basée sur le risque et confortement**
- **Evaluation et renoncement au confortement**
- **Renouvellement effectif des bâtiments, suffisant pour réduire la vulnérabilité?**
- **Conclusions**



SIA 261: carte des zones d'aléa sismique

- Z1a: $a_{gd} = 0.6 \text{ m/s}^2$
- Z1b: $a_{gd} = 0.8 \text{ m/s}^2$
- Z2: $a_{gd} = 1.0 \text{ m/s}^2$
- Z3a: $a_{gd} = 1.3 \text{ m/s}^2$
- Z3b: $a_{gd} = 1.6 \text{ m/s}^2$



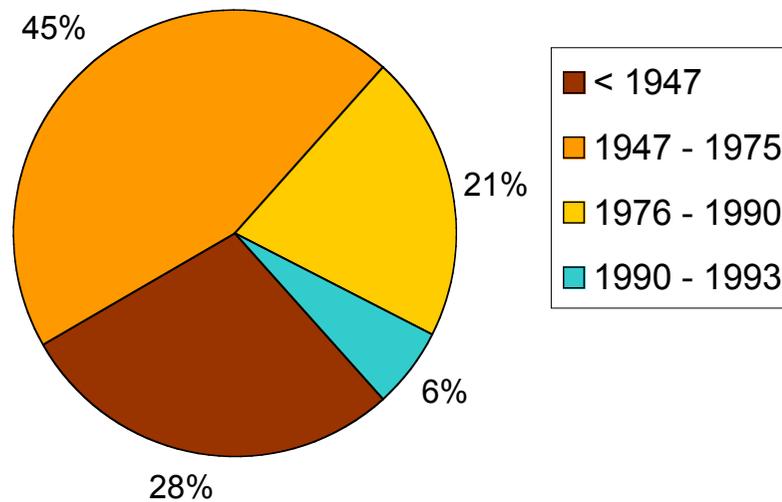
Séisme dans les normes SIA

- **avant 1970** néant
- **1970** sommaire (2% ou 5%)
- **1989** conventionnelle (spectres, carte des zones d'aléa, classes d'ouvr.)
- **2003** moderne (dimensionnement en capacité)
- **202?** Eurocodes

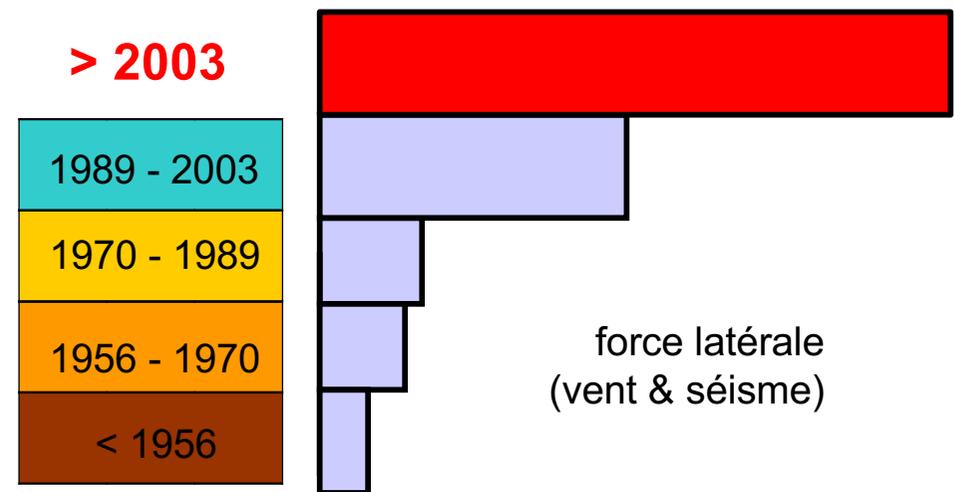


Bâti existant suisse

- **Age des bâtiments**
(immeubles d'habitation, bureaux, écoles et hôpitaux)



- **Évolution des forces latérales**
(normes SIA; Bâtiment type à Bâle)



Coûts des considérations parasismiques

- **Construction neuves: minimales**

si réflexions parasismiques dès le départ (conception)
au plus 1% du gros-oeuvre

- **Constructions existantes: élevés**

peuvent atteindre plusieurs 10% de la valeur



Procédure d'évaluation basée sur le risque

- **SIA 2018 (2004) remplacée par SIA 269/8 (2017)**
approche basée sur les notions de risque

- **Notions fondamentales**
 - Facteur de conformité : $\alpha_{\text{eff}} = R_d/E_d$
 - Risque individuel
 - Coûts de sauvetage
 - Proportionnalité
 - Recommandation d'intervention



Concept basé sur le risque

- **Risque individuel et collectif (personnes)**

Risque individuel = probabilité d'être tué dans le bâtiment traité

Risque collectif = somme des risques de tous les occupants

- **Efficacité des mesures de confortement**

Mesures de sécurité sismique (confortement)

Coût des mesures -> SK_M

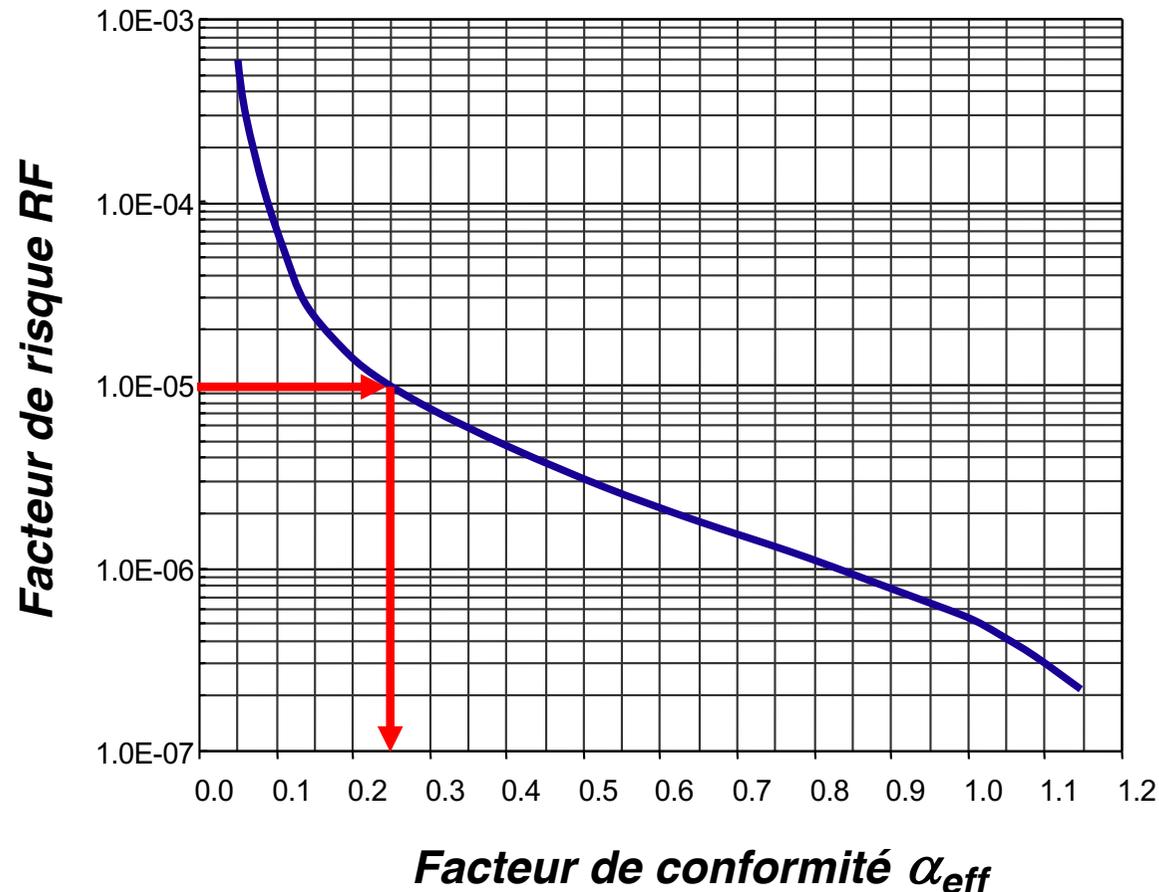
Réduction du risque -> ΔR_M

Coûts de sauvetage $RK_M = \frac{SK_M}{\Delta R_M}$ [CHF / par vie sauvée]

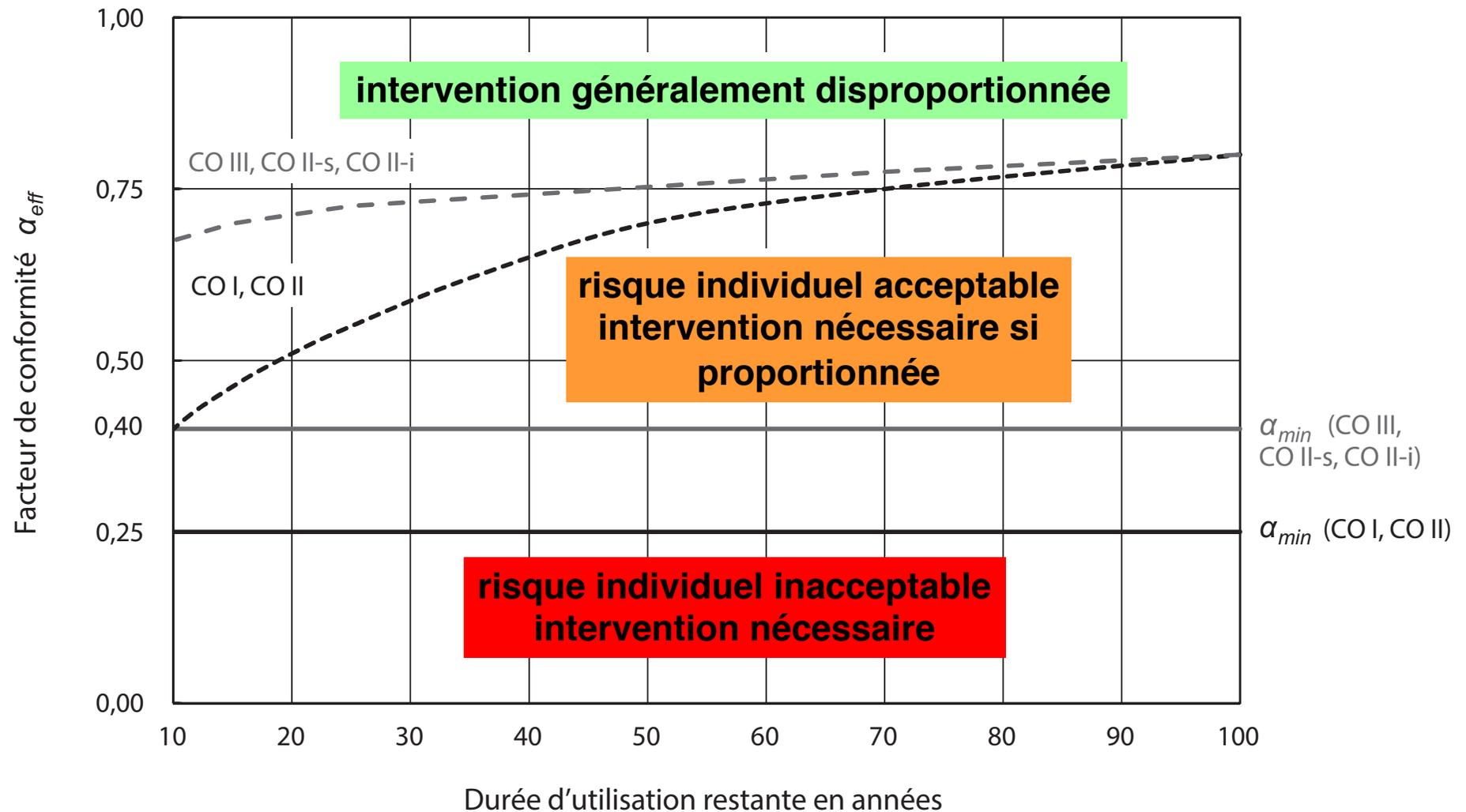


SIA 269/8 (2017), rempl. SIA 2018 (2004)

- Facteur de conformité de la vérification : $\alpha_{eff} = \frac{R_d}{E_d}$
- Acceptabilité du risque individuel : $P(\text{décès/an}) \leq 1/100'000$

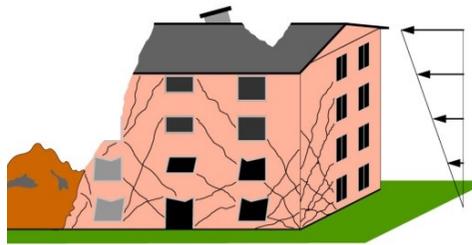


Critères d'appréciation, proportionnalité



Critères d'appréciation, proportionnalité

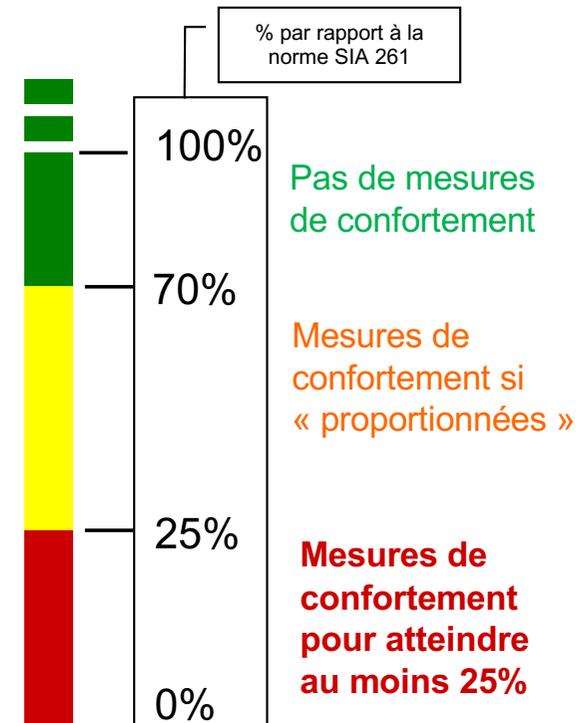
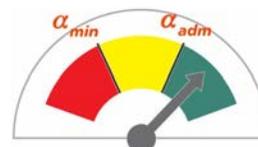
- Evaluation selon la norme SIA 269/8 :



facteur de conformité $\alpha_{\text{eff}} = R_d / E_d$



Réduction du risque (vie humaine)



Confortements sismiques en Suisse

- **Recueil d'exemples**

publication 2008 → SIA 2018

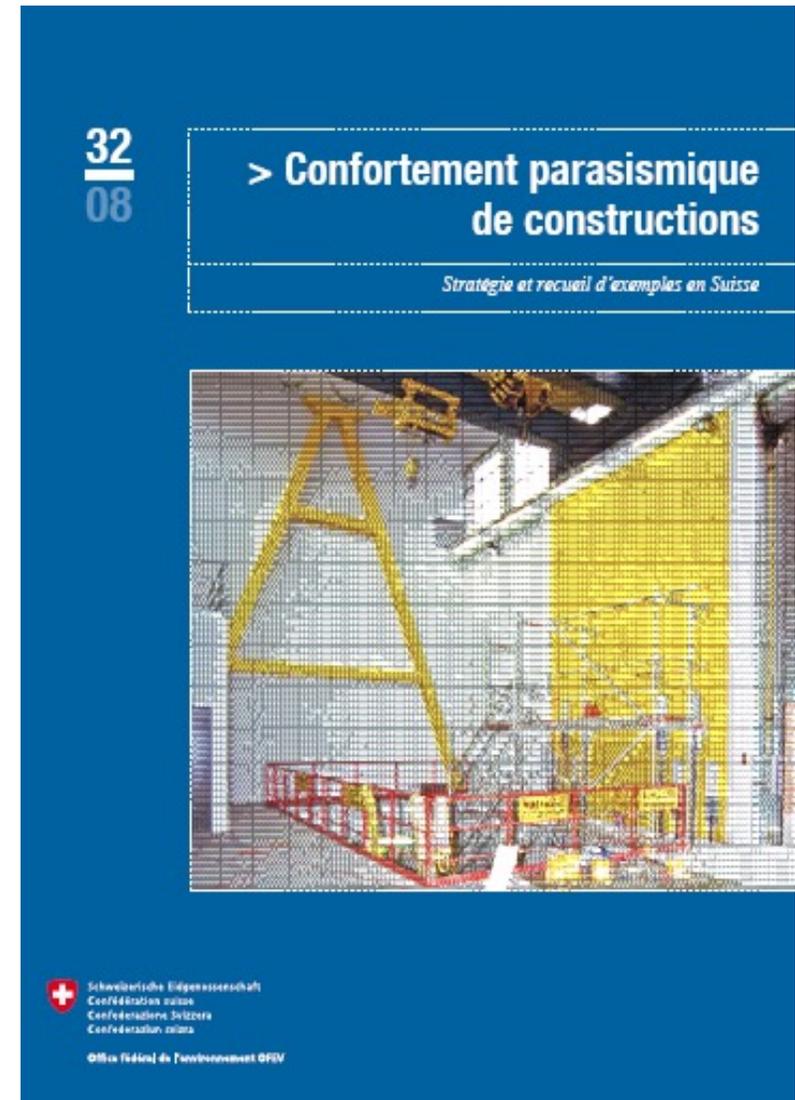
- **Révision SIA 269/8 (2017)**

Ecoles CO II-s

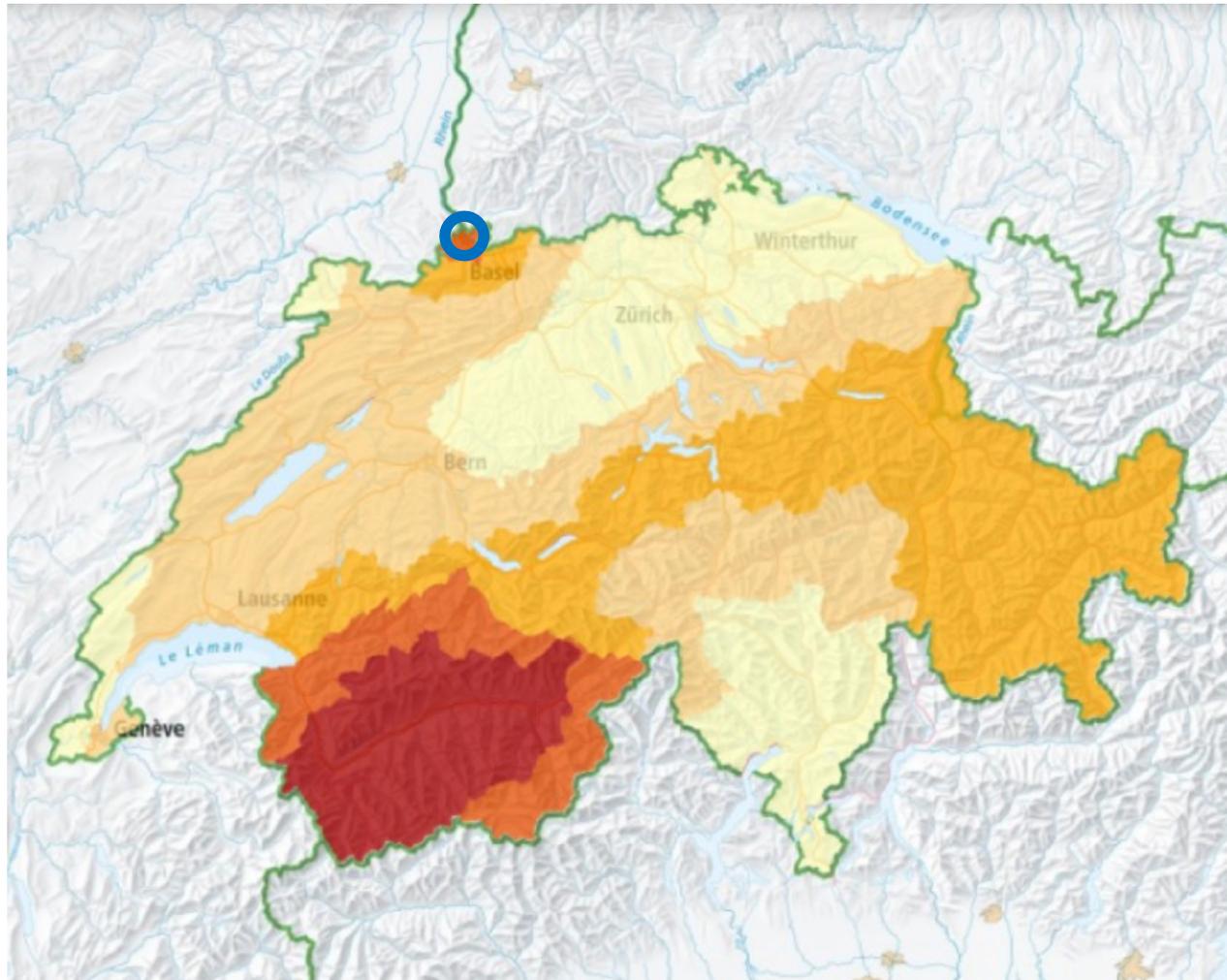
⇒ $\alpha_{\min} = 0.40$ (avant 0.25)

Infrastructure importante CO II-i

⇒ $\alpha_{\min} = 0.40$



Exemple : bâtiment stratégique à Bâle



a_g [g]	Zone
0.06 g	Z1a
0.08 g	Z1b
0.10 g	Z2
0.13 g	Z3a
0.16 g	Z3b

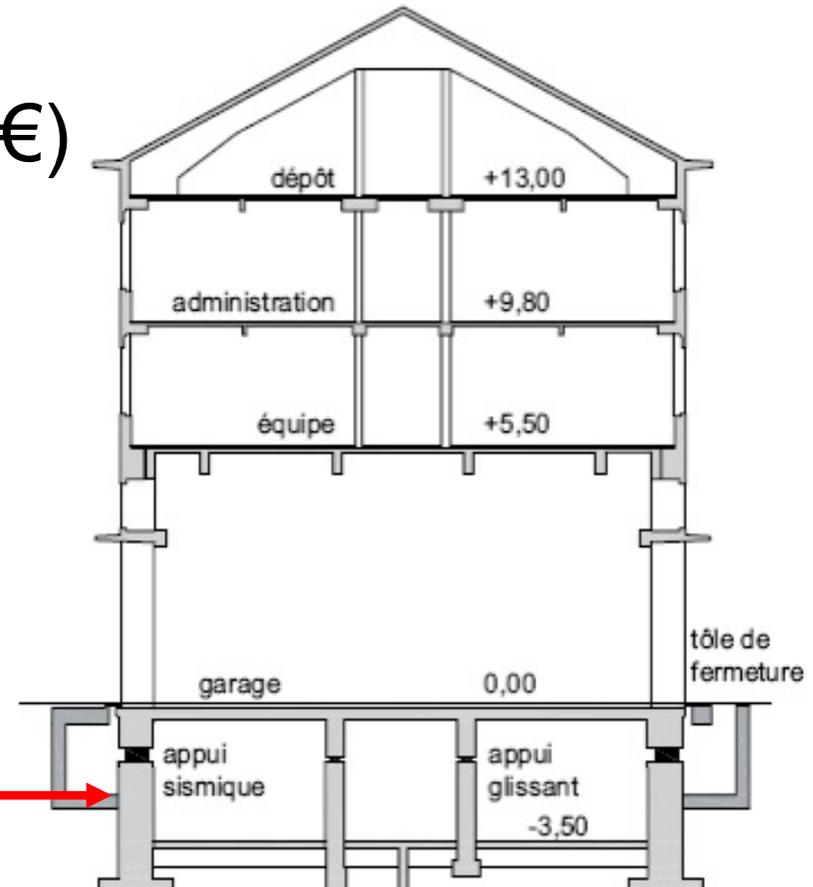


Exemple : caserne des pompiers à Bâle

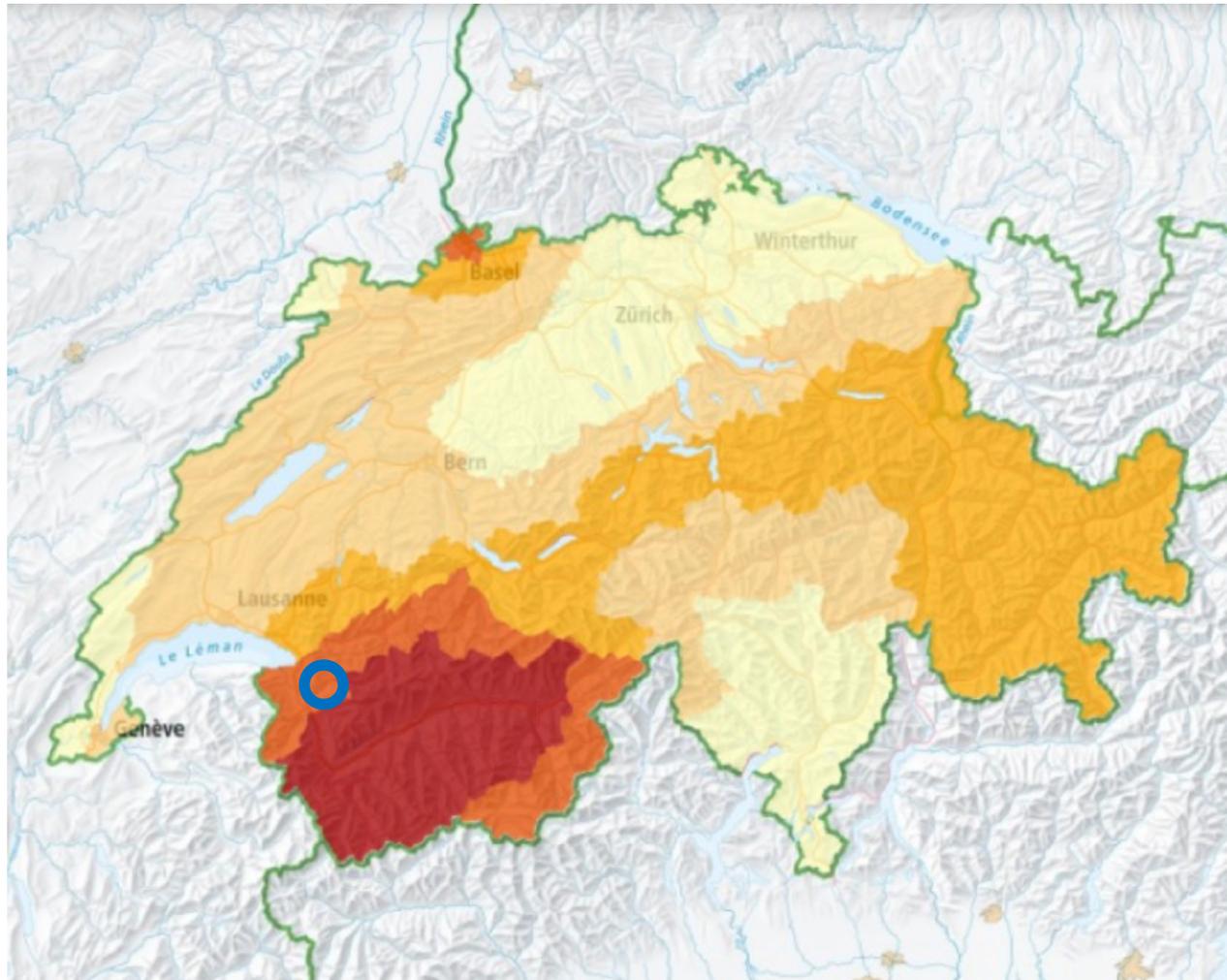
- Confortement : isolation sismique

$$\alpha_{\text{eff}} = 0.2 \rightarrow \alpha_{\text{int}} = 1.0$$

coûts : 3 millions CHF (\approx €)



Exemples : bâtiments scolaires à Monthey



a_g [g]	Zone
0.06 g	Z1a
0.08 g	Z1b
0.10 g	Z2
0.13 g	Z3a
0.16 g	Z3b

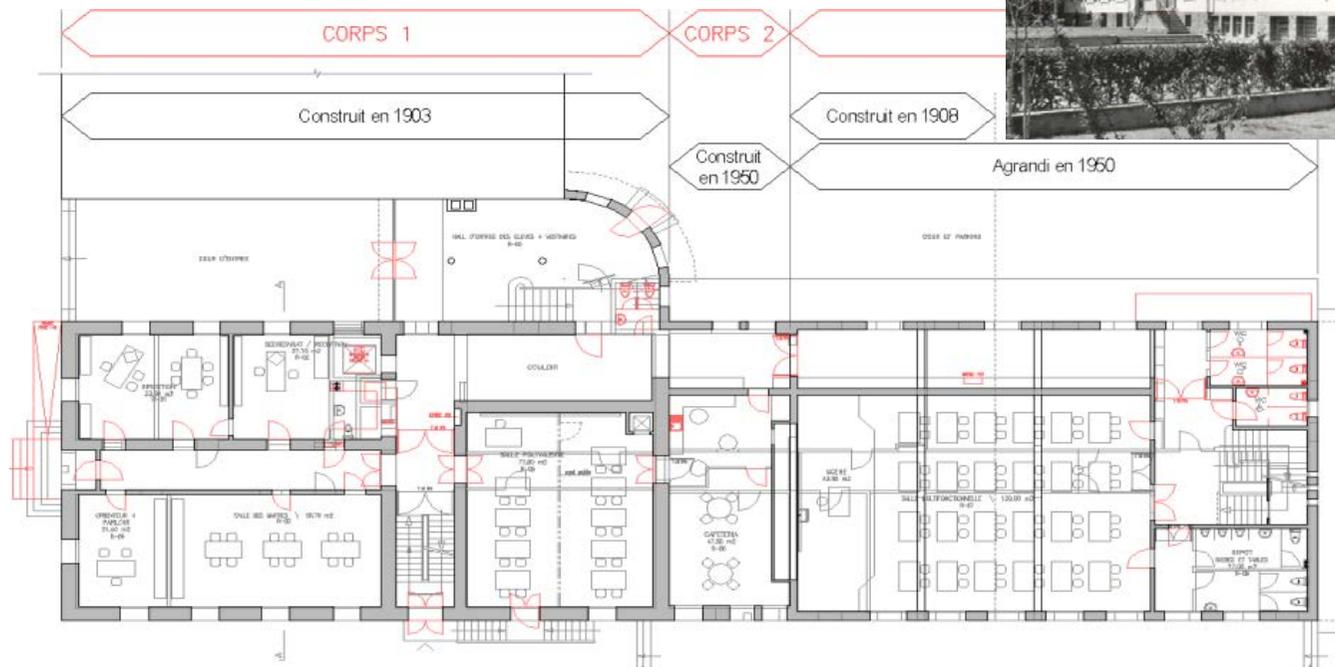


Exemples : bâtiments scolaires à Monthey

- **Ecole supérieure de commerce**

Zone 3a, microzonage

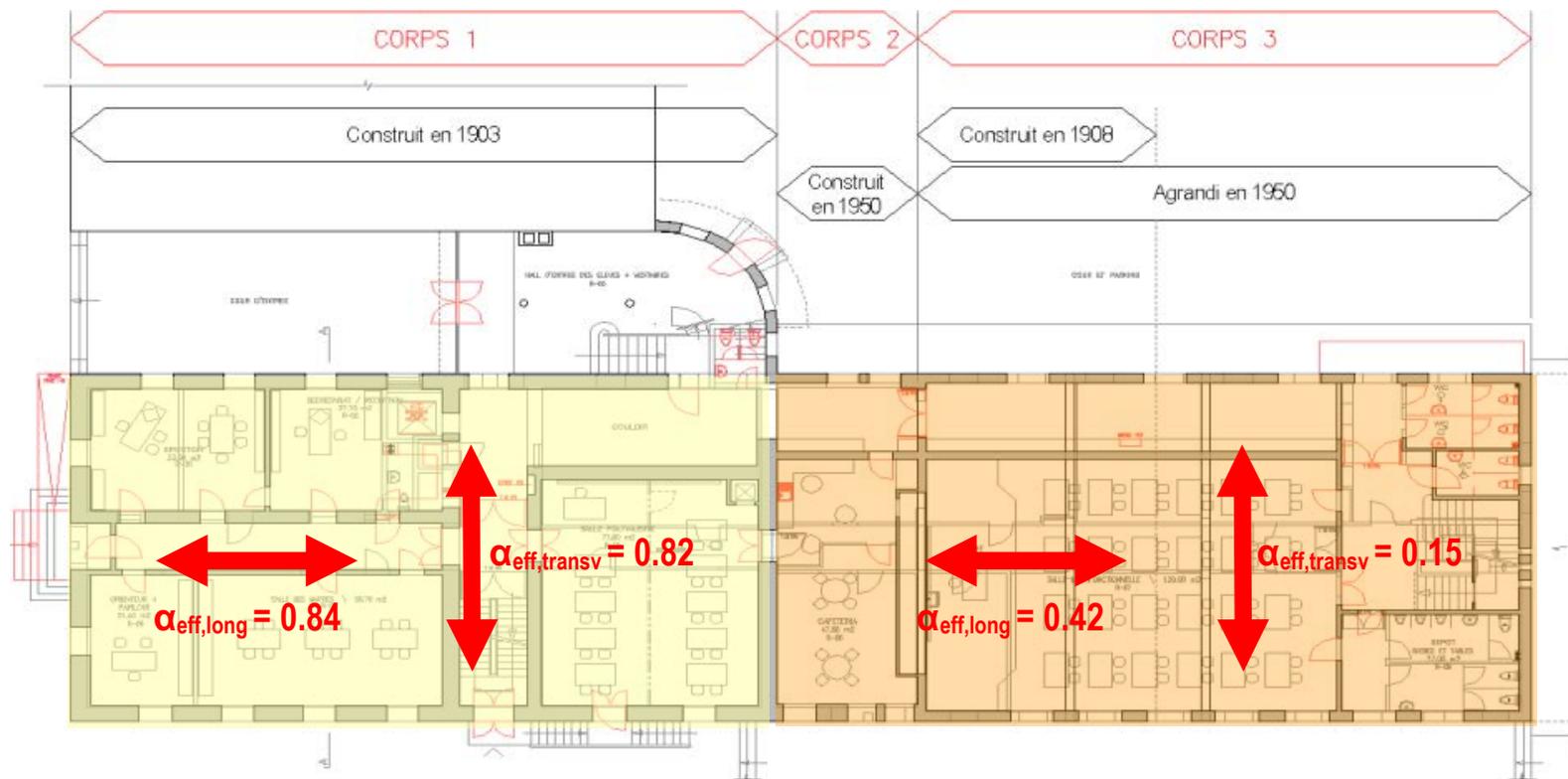
- 1) maçon. pierre, pl. flexibles
- 2) maçon. briques, pl. rigides



Exemples : bâtiments scolaires à Monthey

- **Ecole supérieure de commerce**

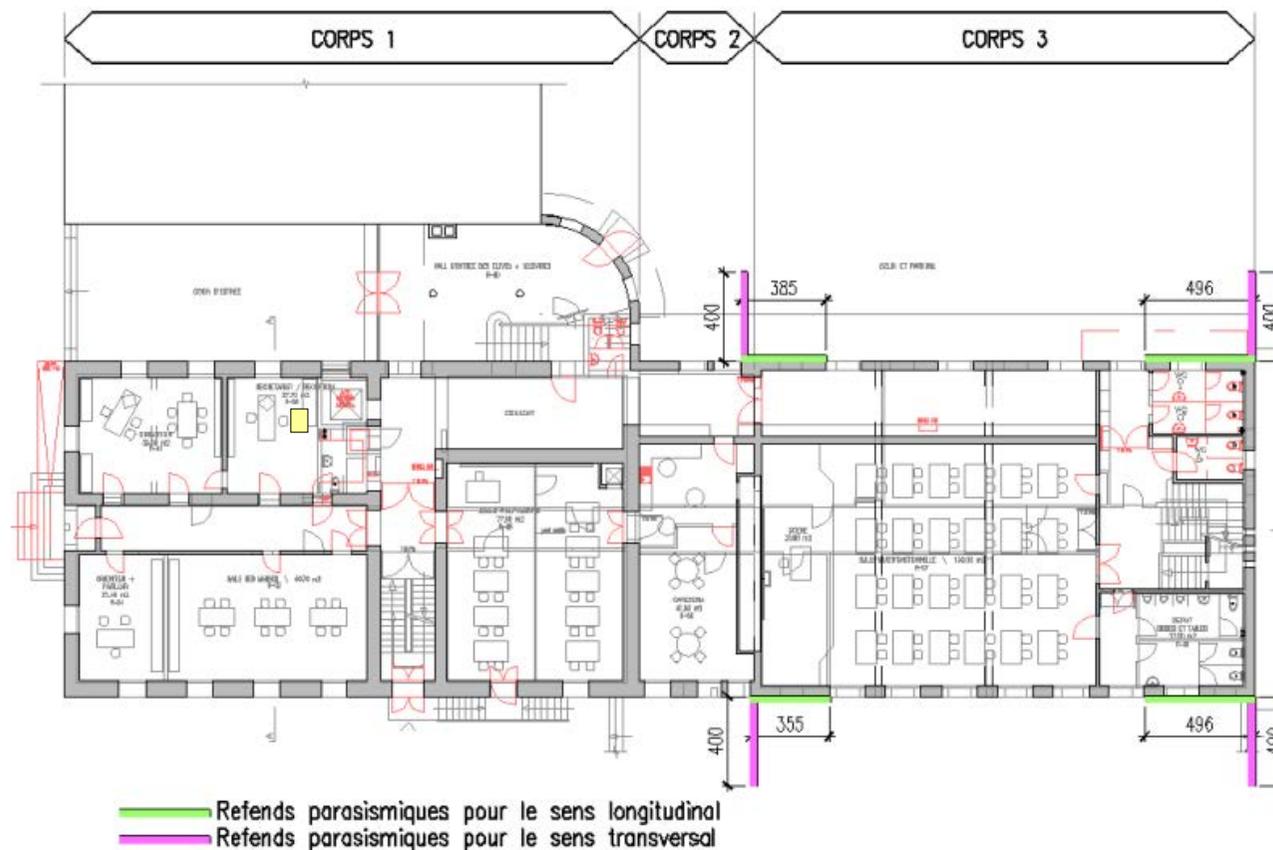
- 1) maçonnerie de pierre, $\alpha_{\text{eff}} > 0.8$
- 2) maçonnerie briques, $\alpha_{\text{eff}} = 0.15 < \alpha_{\text{min}} = 0.40$



Exemples : bâtiments scolaires à Monthey

- **Ecole supérieure de commerce**

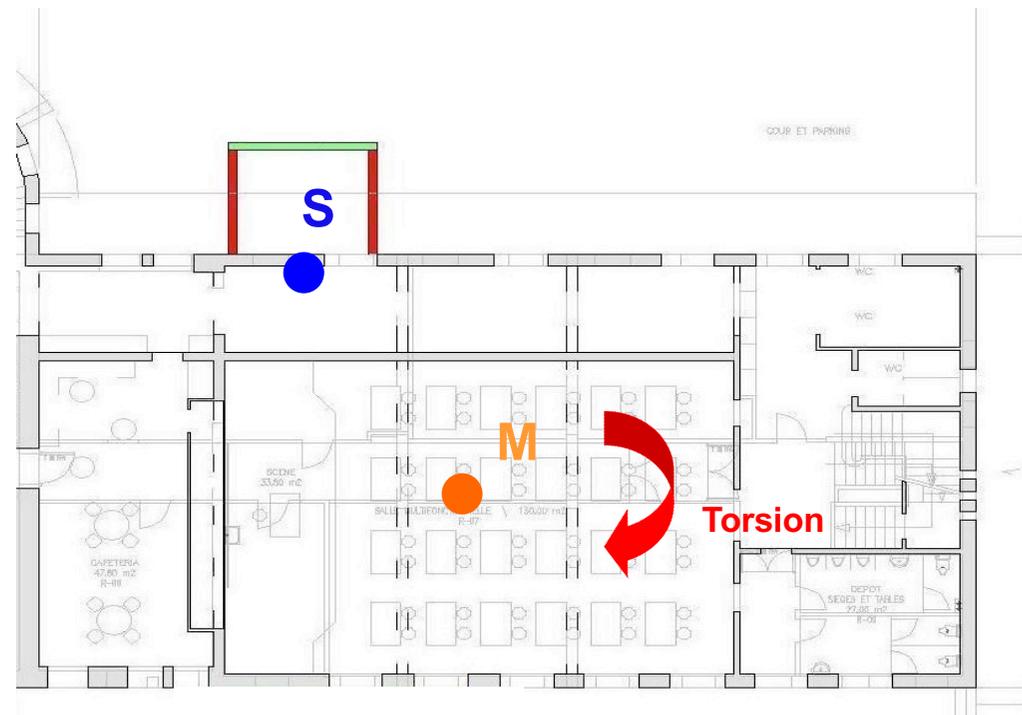
- 1) maçonnerie de pierre, $\alpha_{\text{eff}} > 0.8$ → pas de confortement
- 2) maçonnerie briques, $\alpha_{\text{eff}} = 0.15$ → confortement oblig.



Exemples : bâtiments scolaires à Monthey

- **Ecole supérieure de commerce**

- 1) maçonnerie de pierre, $\alpha_{\text{eff}} > 0.8$ → pas de confortement
- 2) maçonnerie briques, $\alpha_{\text{eff}} = 0.15$ → confortement oblig.

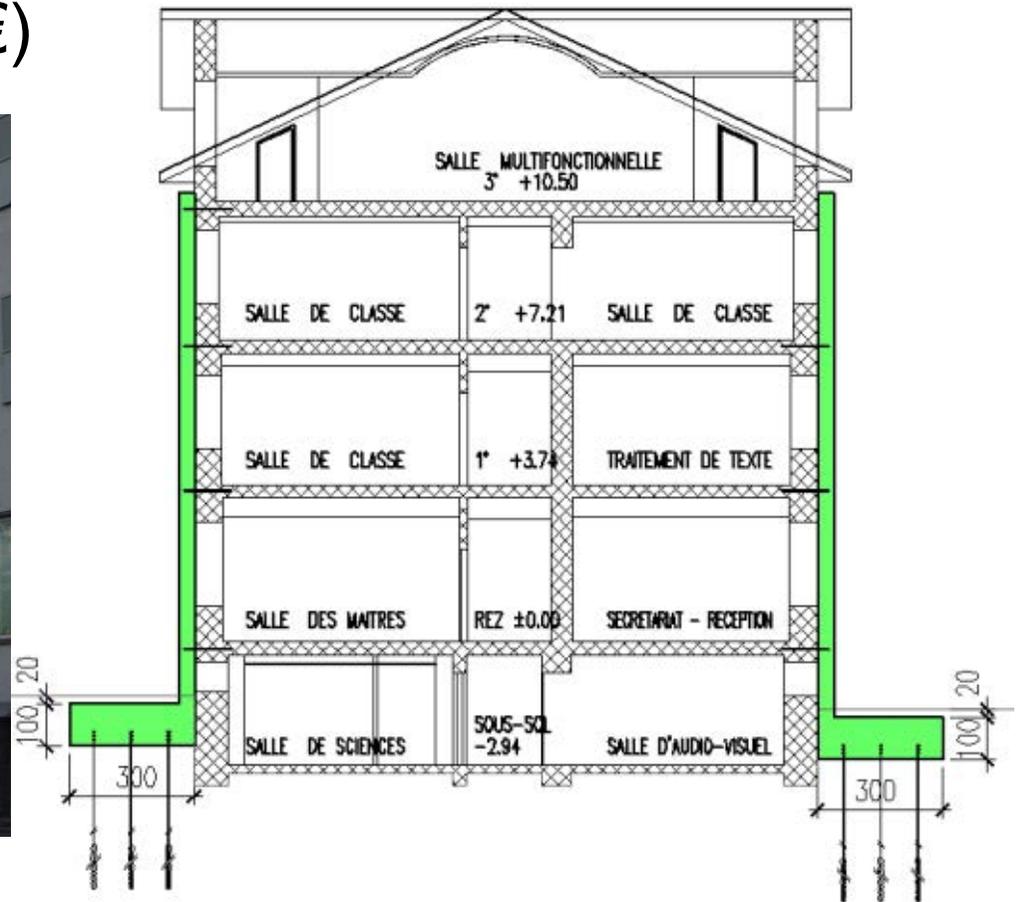


Exemples : bâtiments scolaires à Monthey

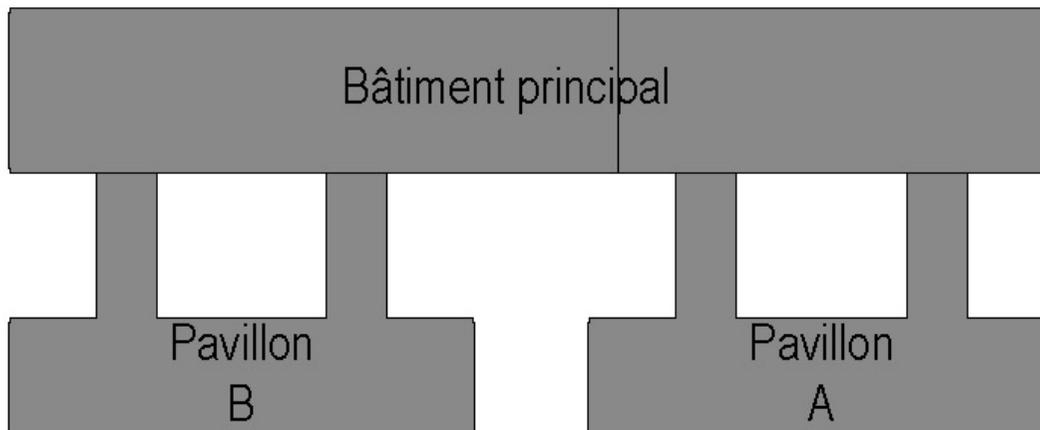
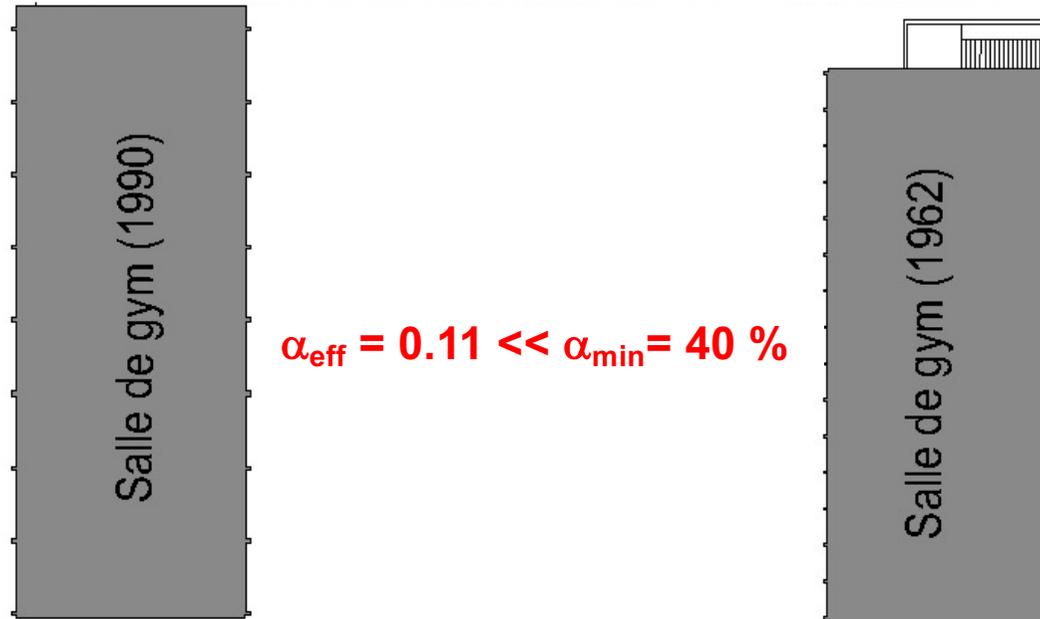
- **Ecole supérieure de commerce**

2) maçonnerie de briques, $\alpha_{\text{eff}} = 0.15 \rightarrow \alpha_{\text{int}} = 1.0$

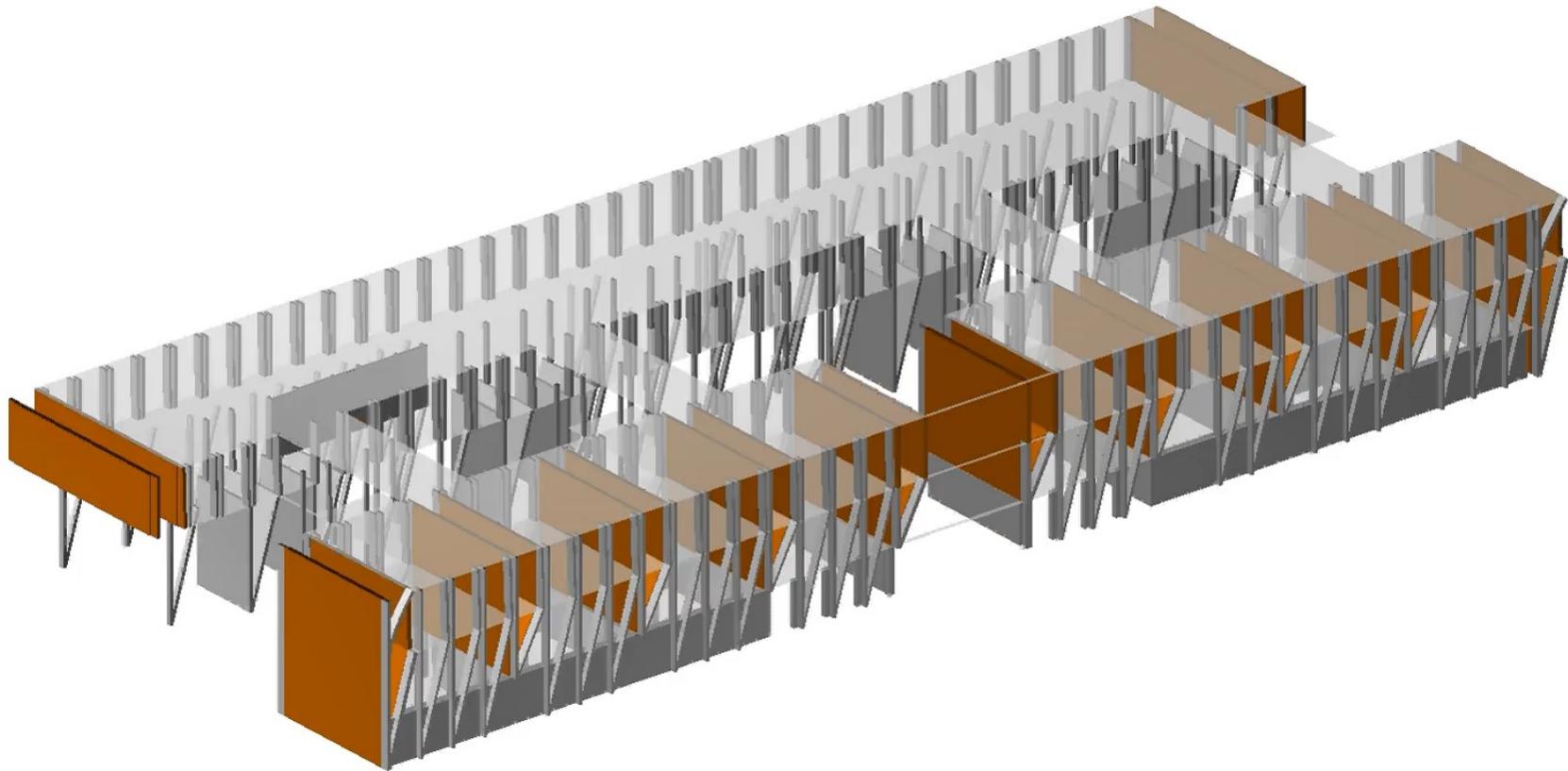
coûts : 0.5 million CHF (\approx €)



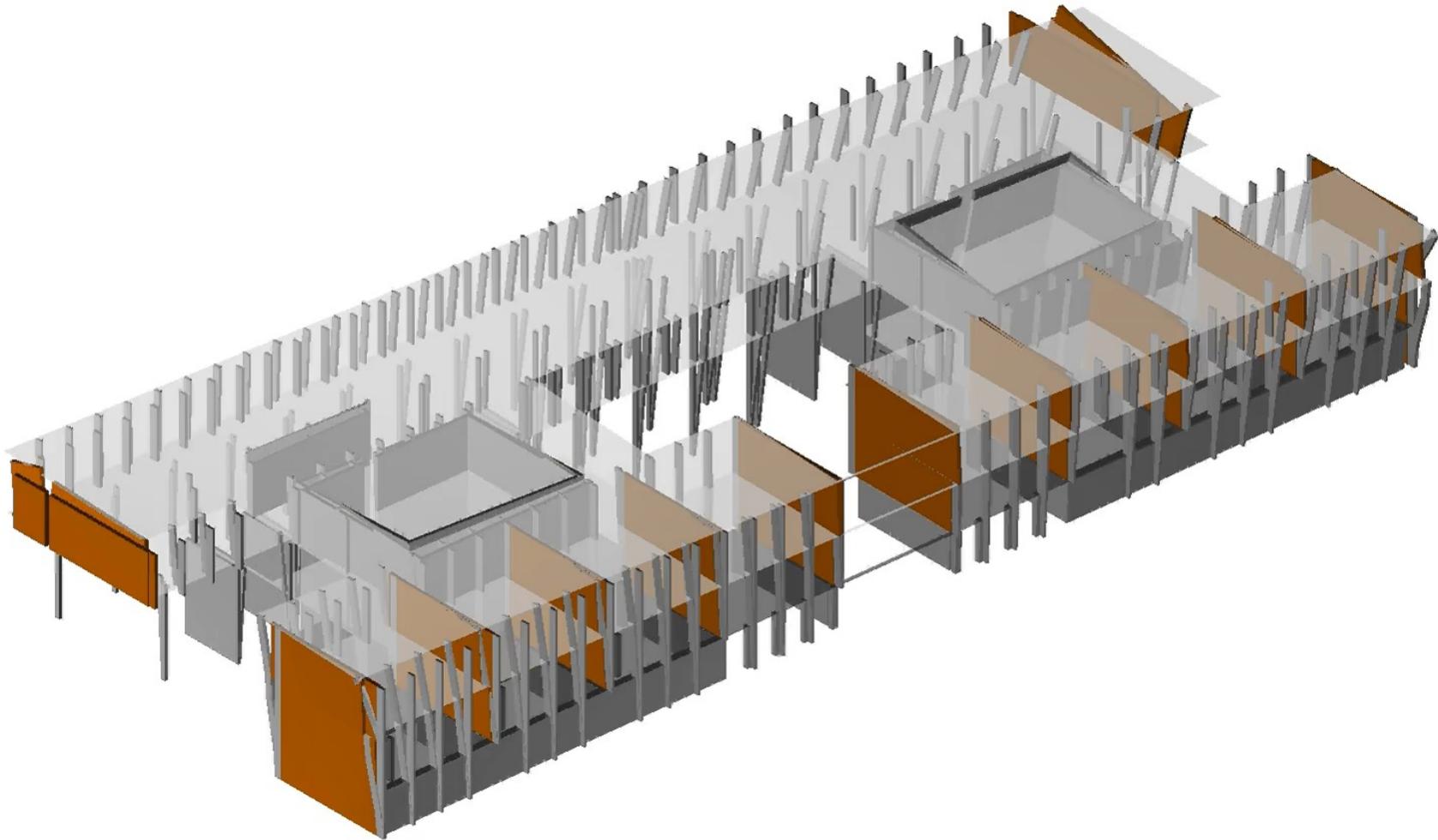
Exemple : collège de Monthey



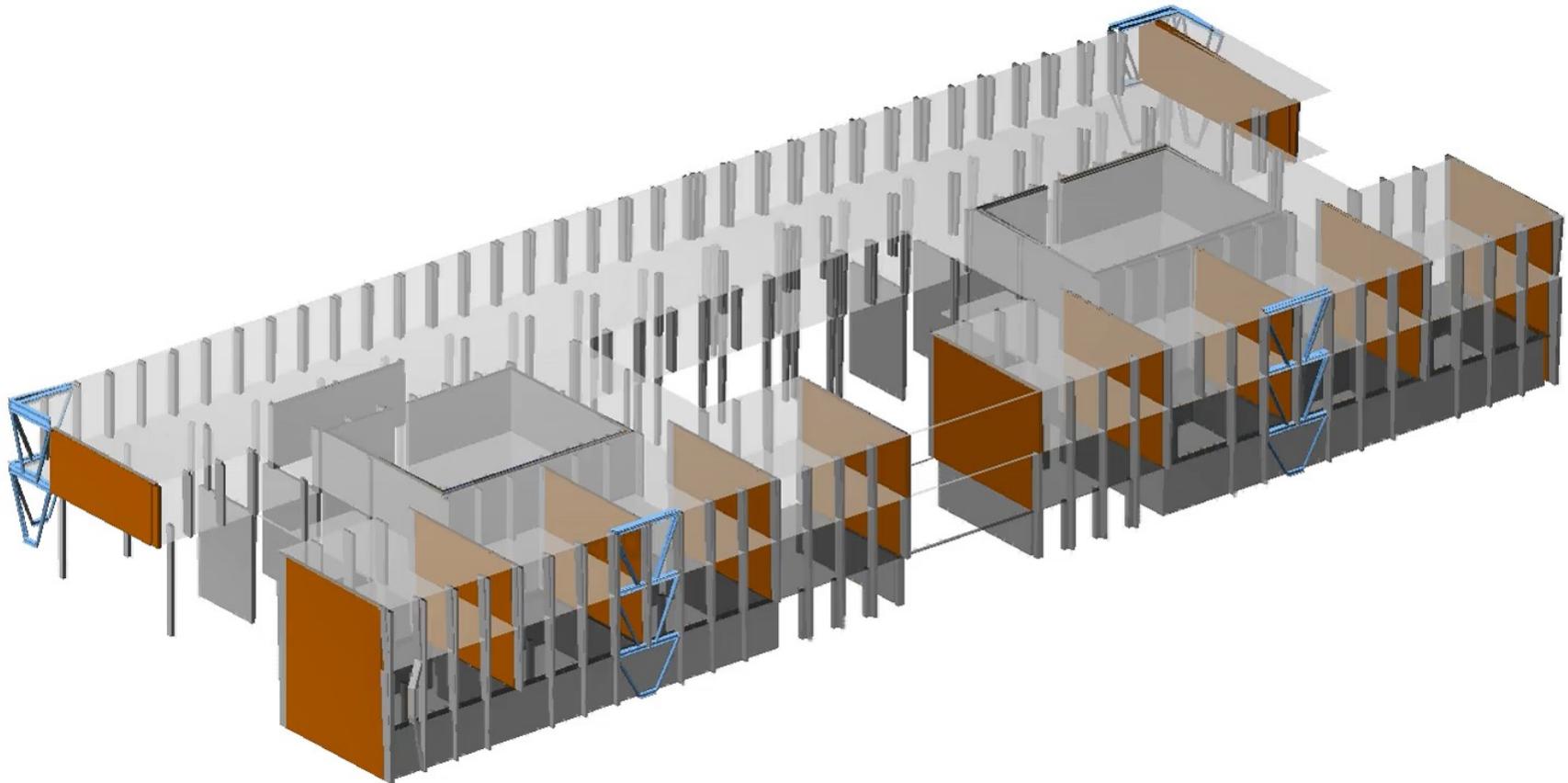
Exemple : collège de Montthey



Exemple : collège de Monthey



Exemple : collège de Monthey

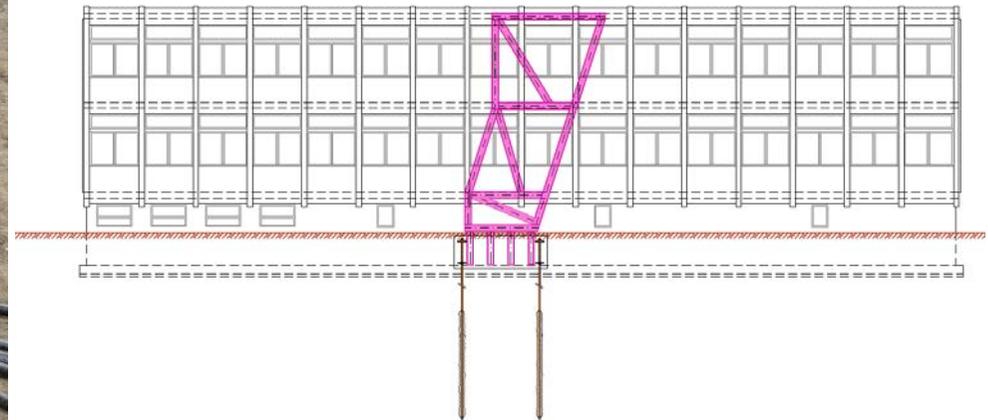


Exemple : collège de Monthey



bassin grenoblois face au risque sismique – 06.05.22
Exemples de confortement sismique en Suisse

FACADE SUD-EST PAVILLON A
1:100



Exemple : collège de Monthey

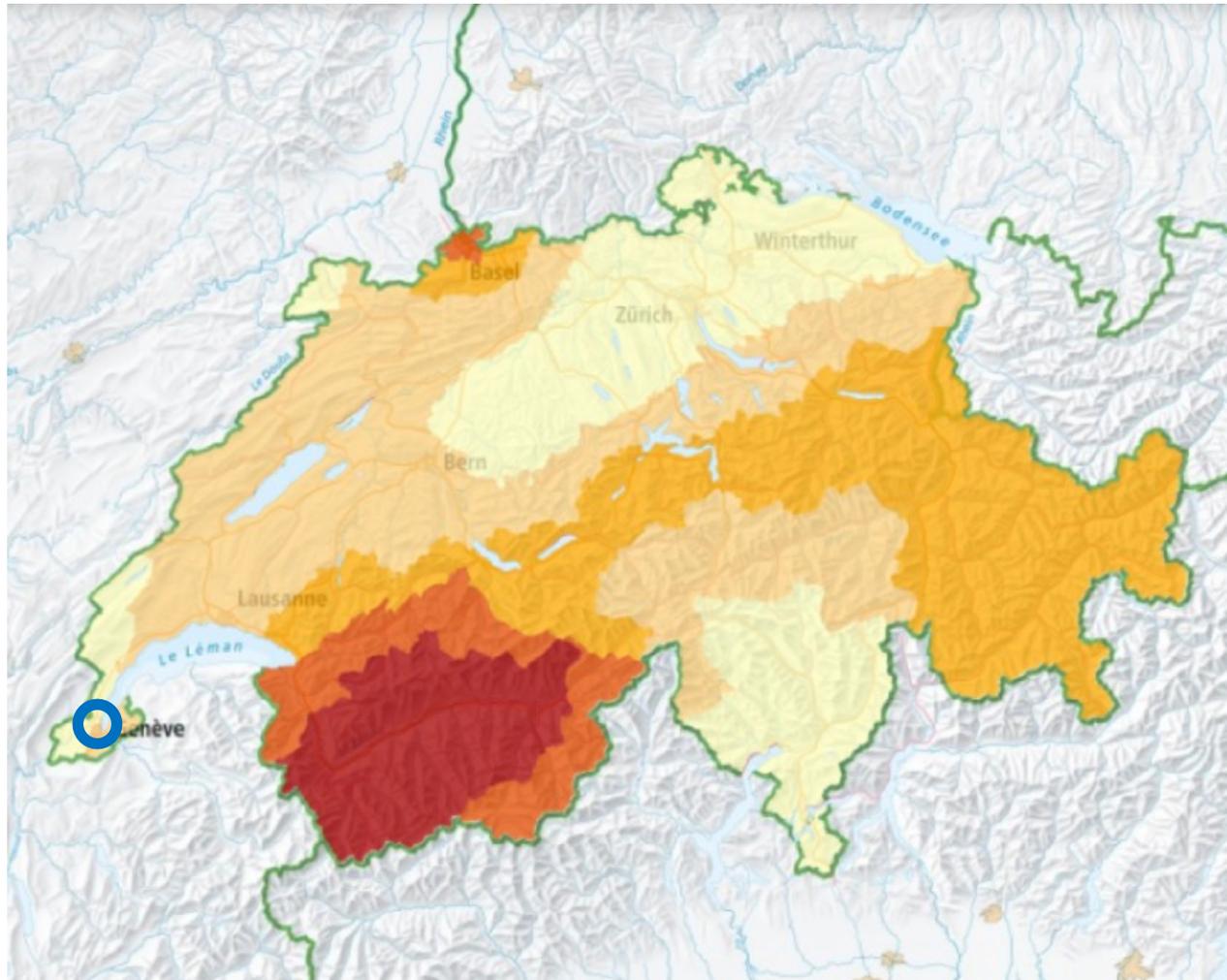
- **Confortement**

$$\alpha_{\text{eff}} = 0.11 \rightarrow \alpha_{\text{int}} = 1.0$$

coûts : 13% valeur bâtiment



Exemple : bâtiment à Genève

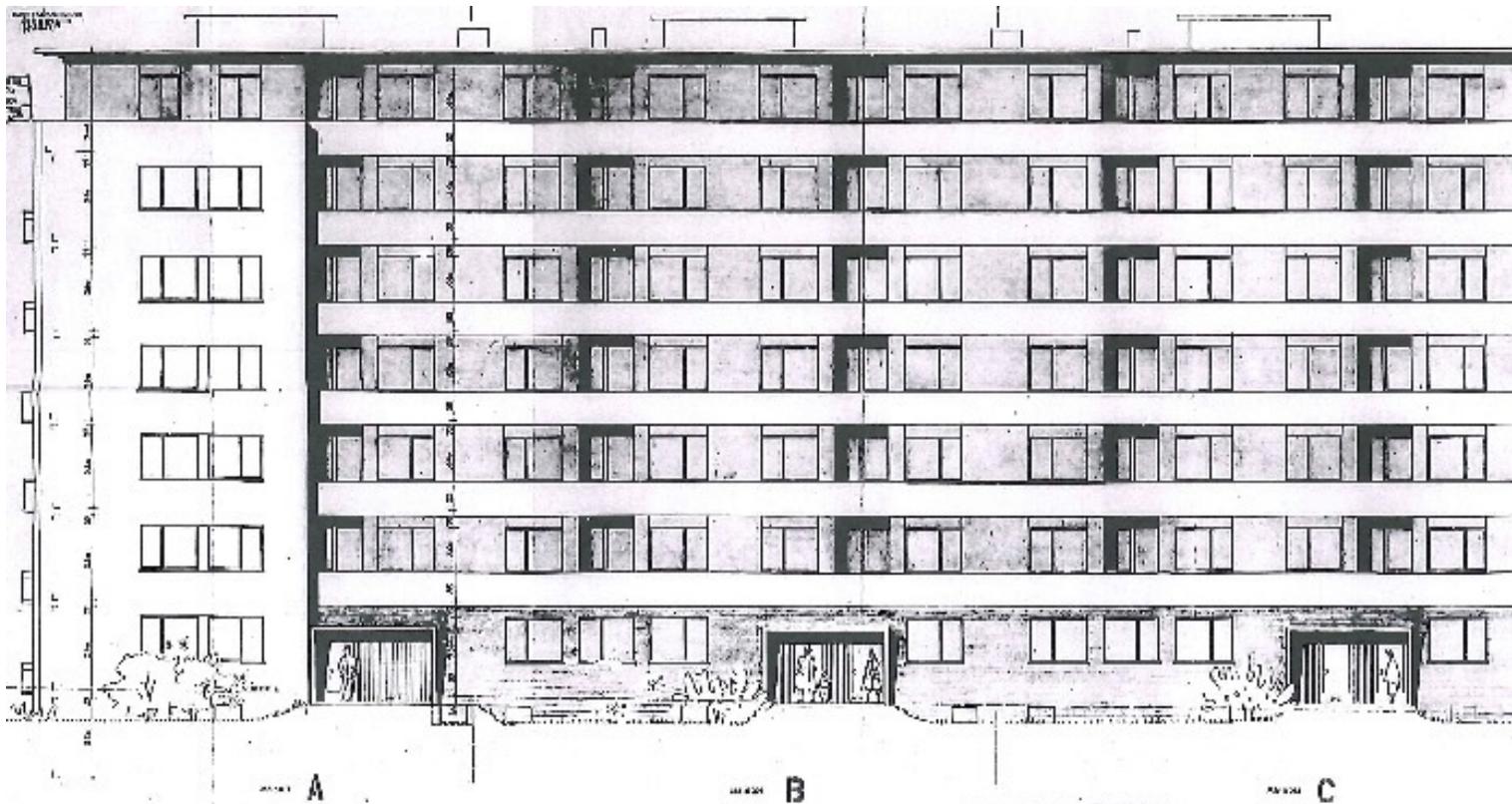


a_g [g]	Zone
0.06 g	Z1a
0.08 g	Z1b
0.10 g	Z2
0.13 g	Z3a
0.16 g	Z3b



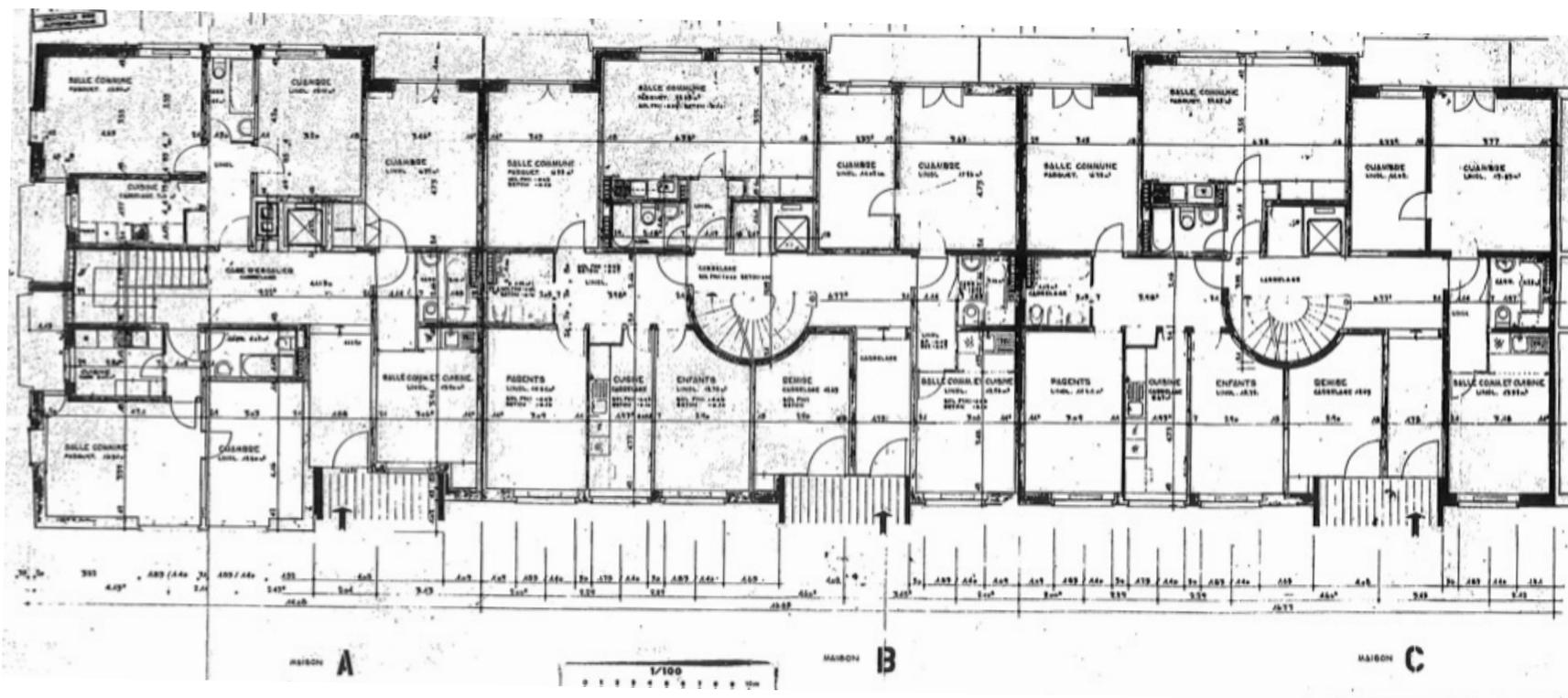
Exemple : bâtiment à Genève

- **Bâtiment en maçonnerie avec planchers béton**
Zone 1b, 7 étages, projet de surélévation d'un étage



Exemple : bâtiment à Genève

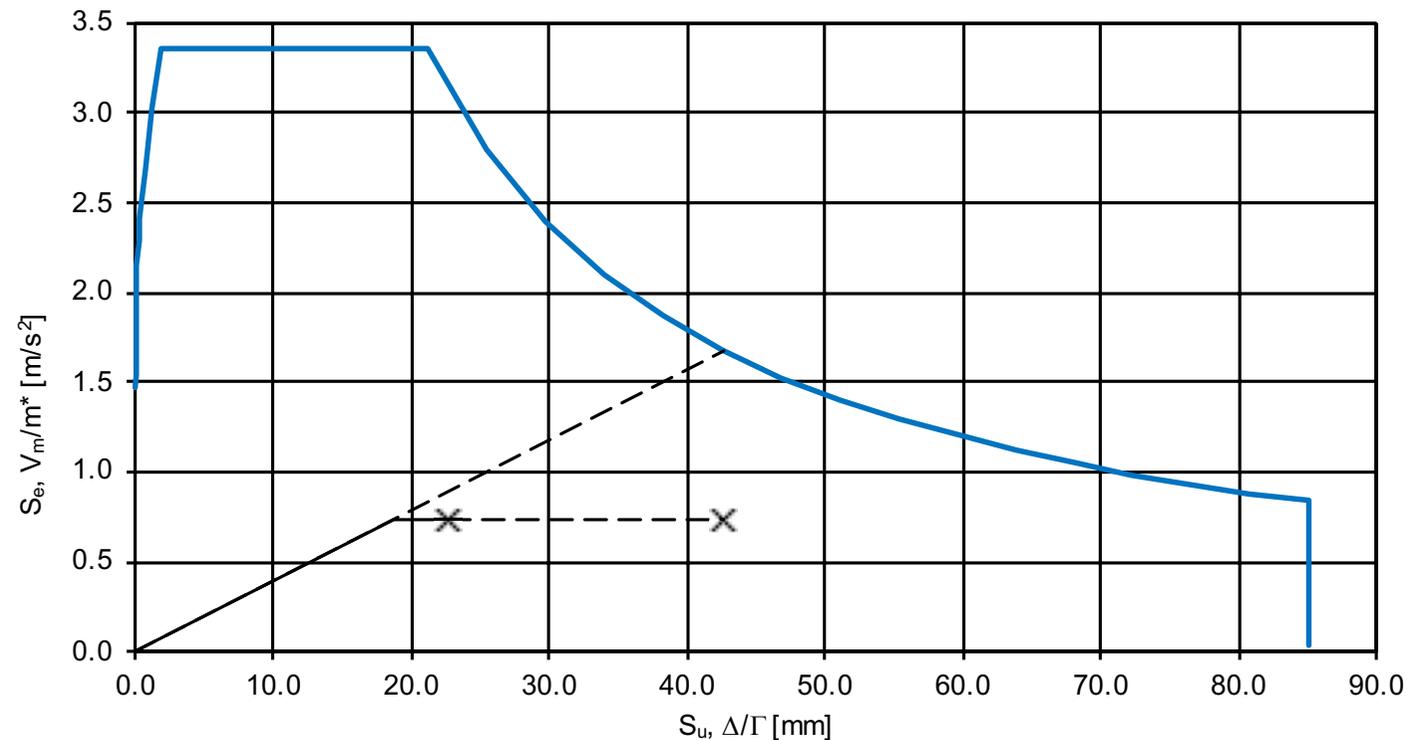
- **Bâtiment en maçonnerie avec planchers béton**
Zone 1b, 7 étages
3 parties (A, B et C) à analyser séparément



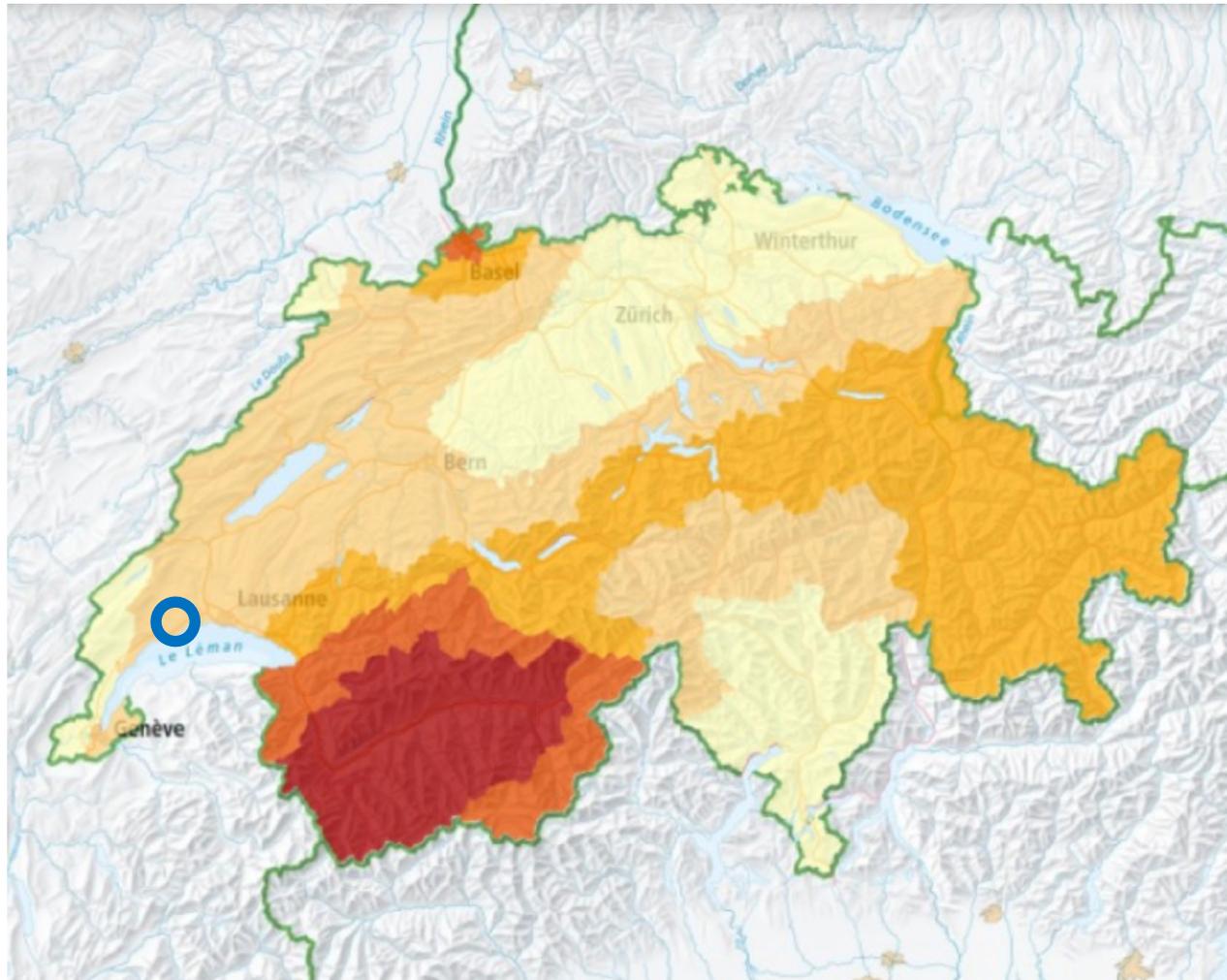
Exemple : bâtiment à Genève

- Analyse détaillée en déplacement

$\alpha_{\text{eff}} > 0.5 \rightarrow$ pas de confortement



Exemple : bâtiment du campus de l'EPFL



a_g [g]	Zone
0.06 g	Z1a
0.08 g	Z1b
0.10 g	Z2
0.13 g	Z3a
0.16 g	Z3b

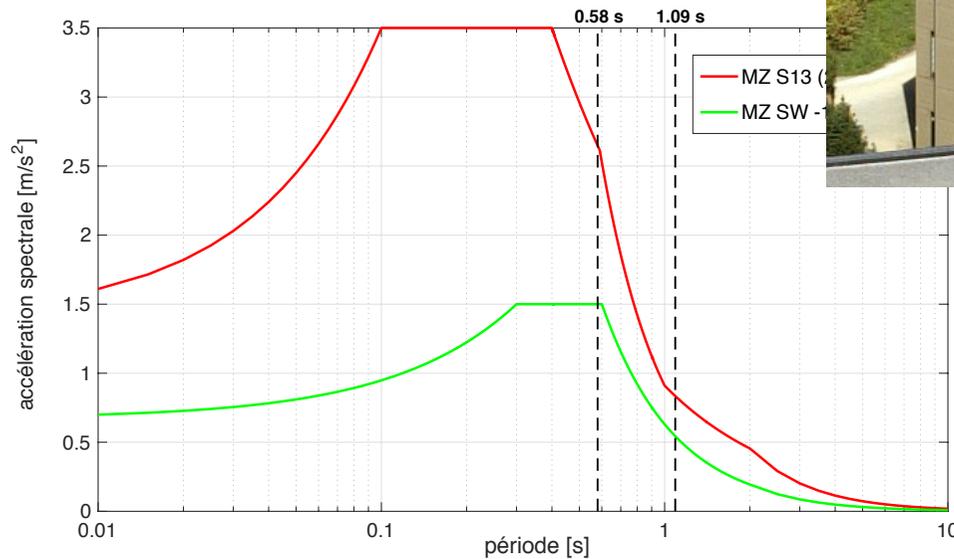


Exemple : bâtiment du campus de l'EPFL

- **Bâtiment en béton armé**

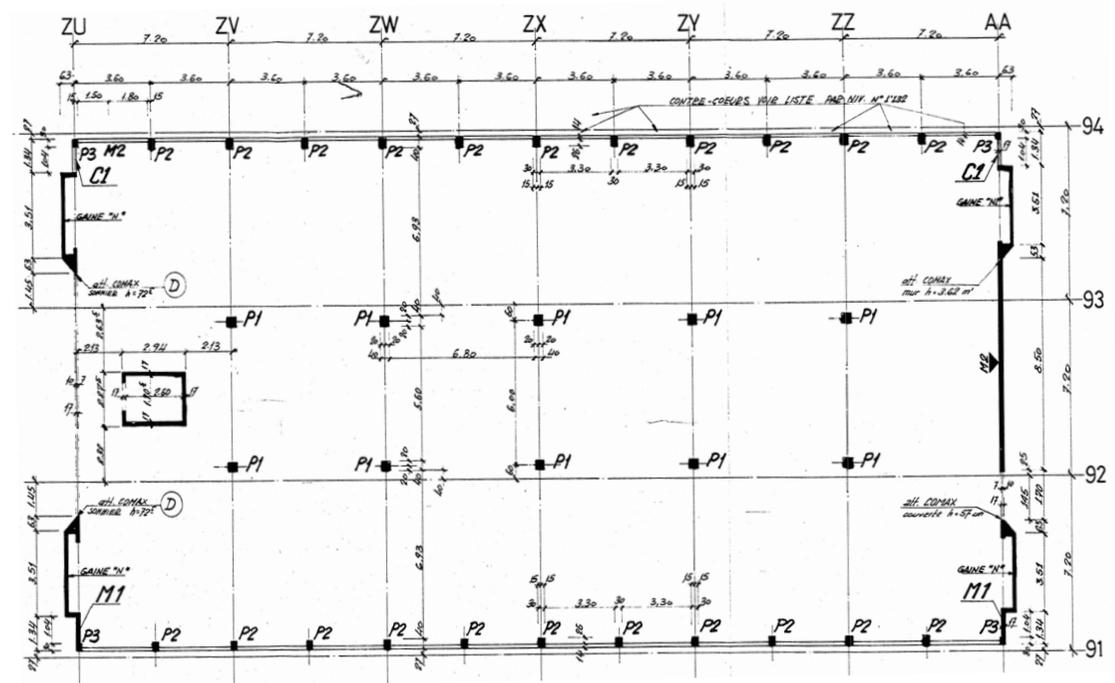
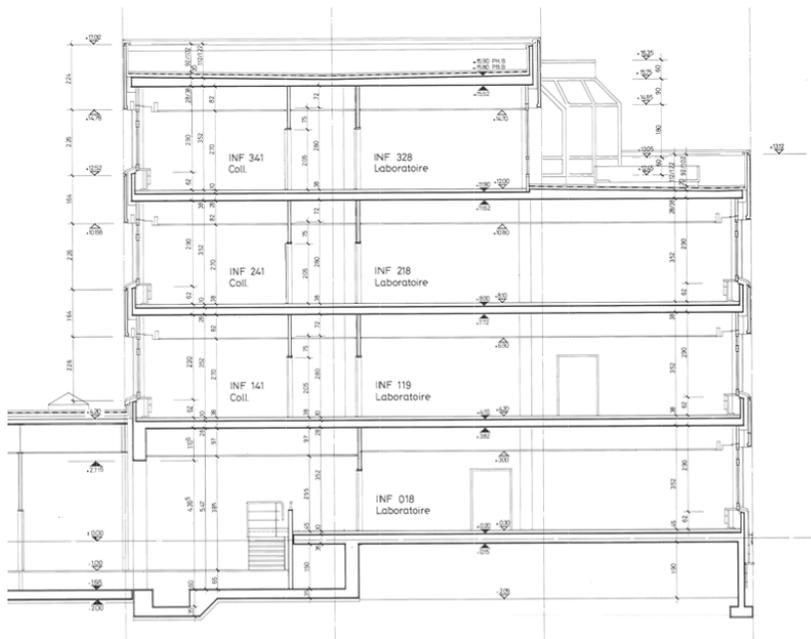
Zone 1b,
microzonage

3 étages



Exemple : bâtiment du campus de l'EPFL

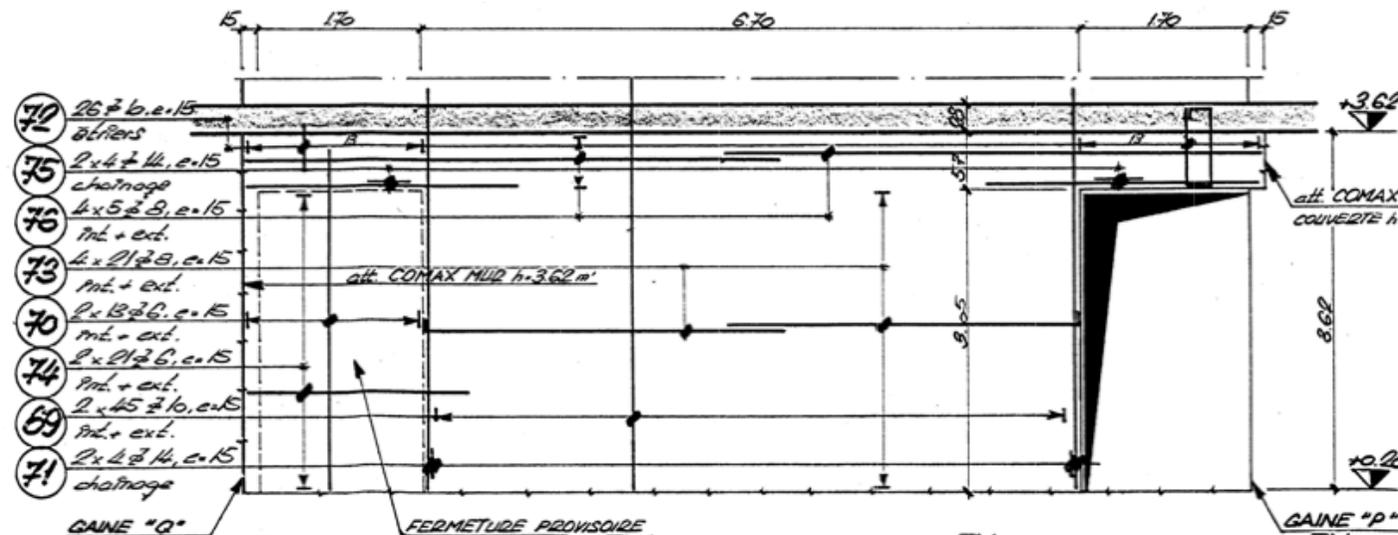
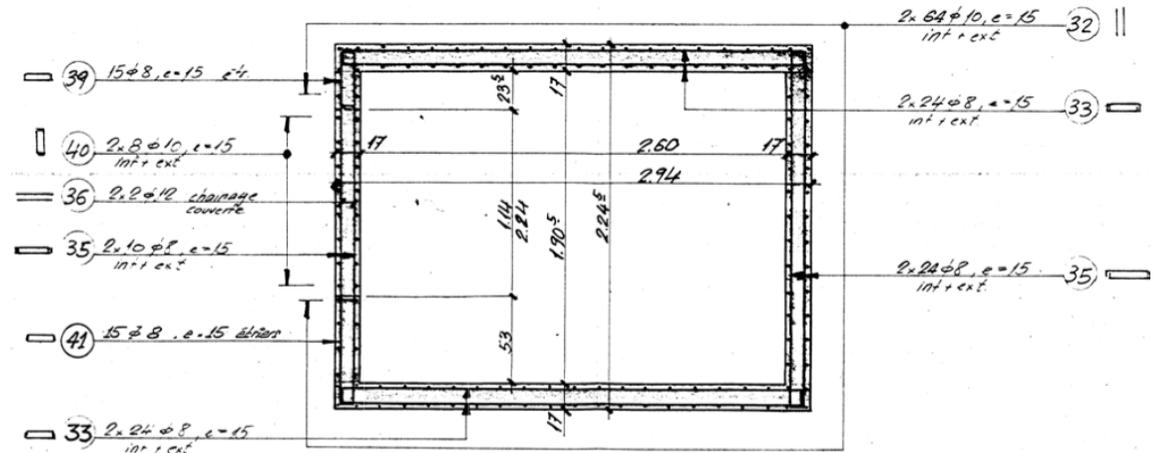
- Structure porteuse en béton armé
contreventement : cage d'ascenseur + voiles



Exemple : bâtiment du campus de l'EPFL

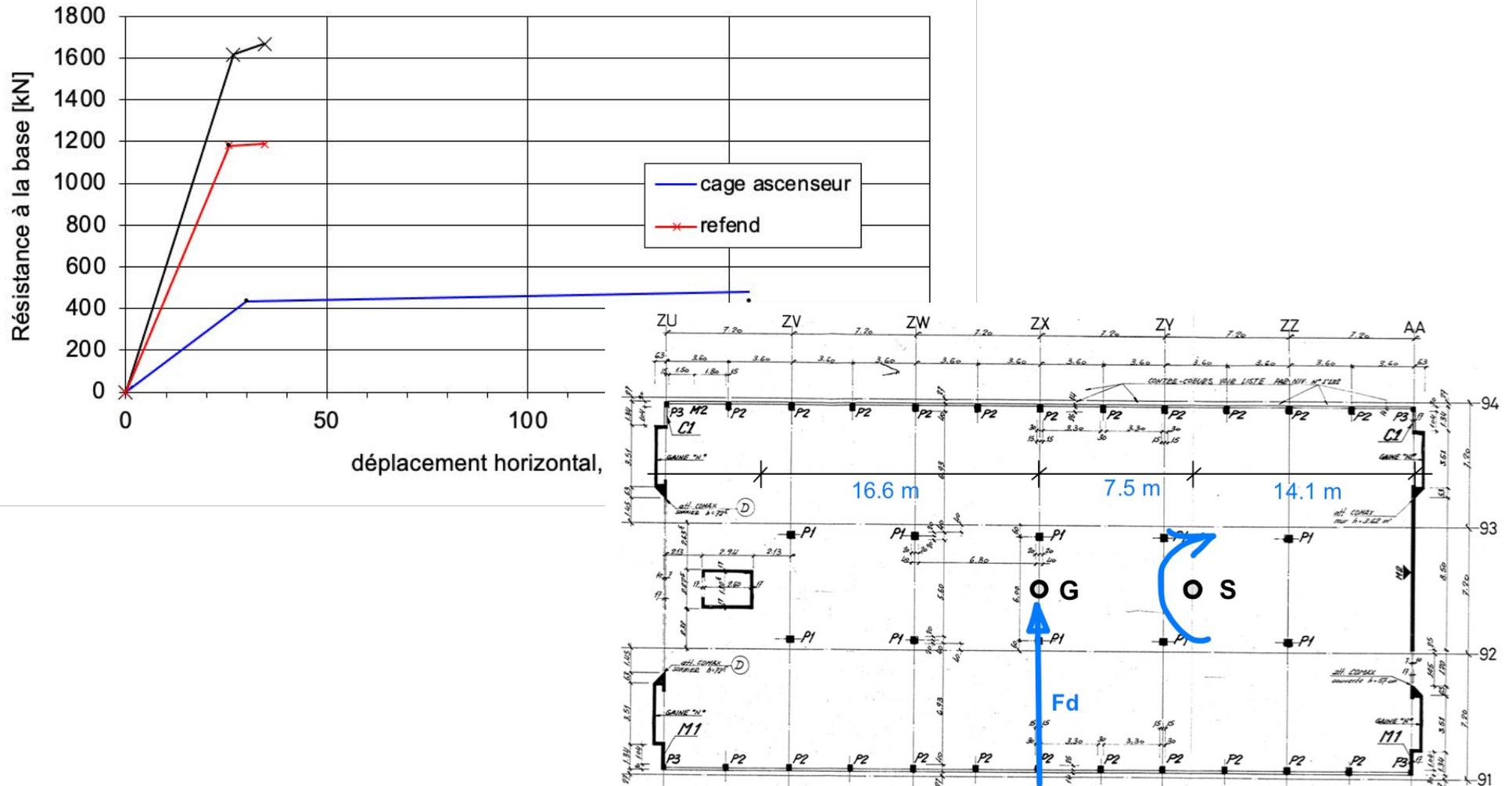
- Plans disponibles

armatures et
détails constructifs



Exemple : bâtiment du campus de l'EPFL

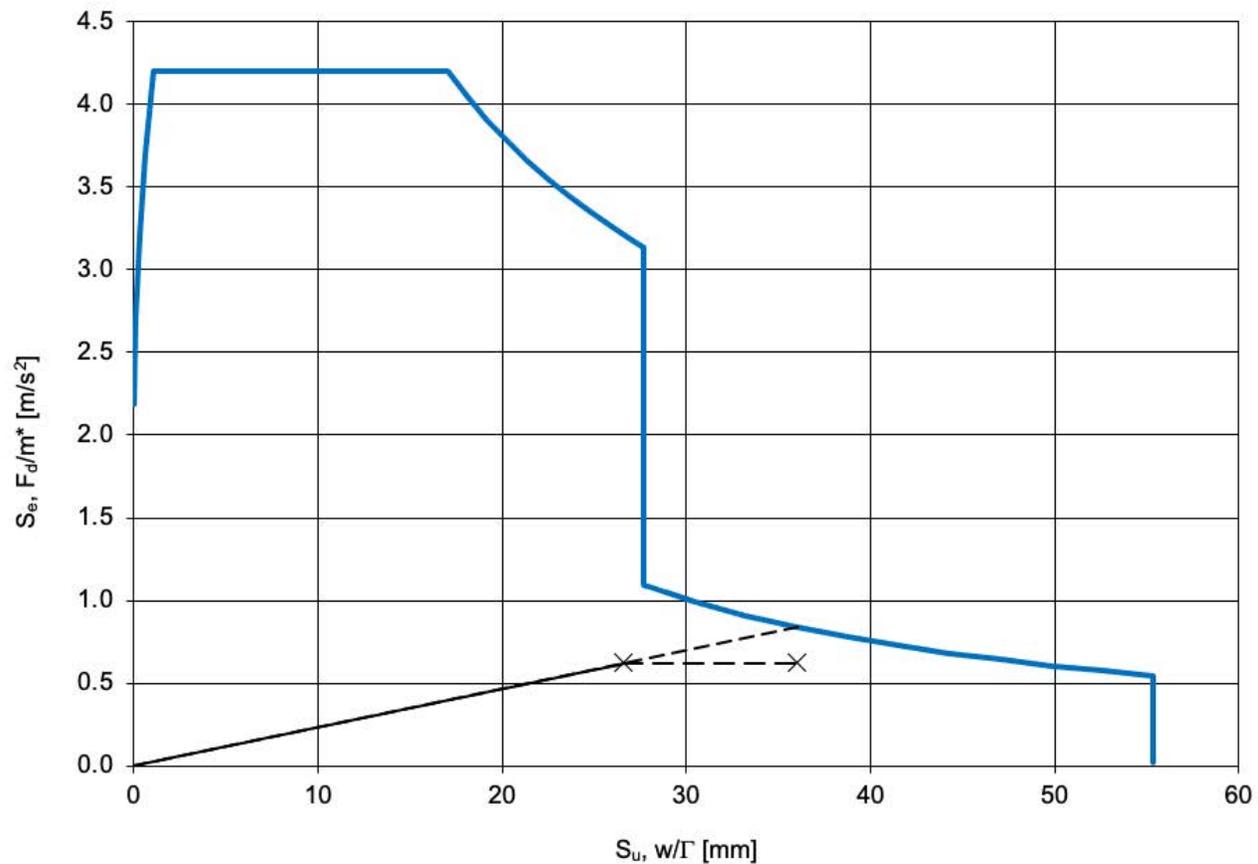
- Analyse détaillée en déplacement avec torsion



Exemple : bâtiment du campus de l'EPFL

- **Appréciation (évaluation basée sur le risque)**

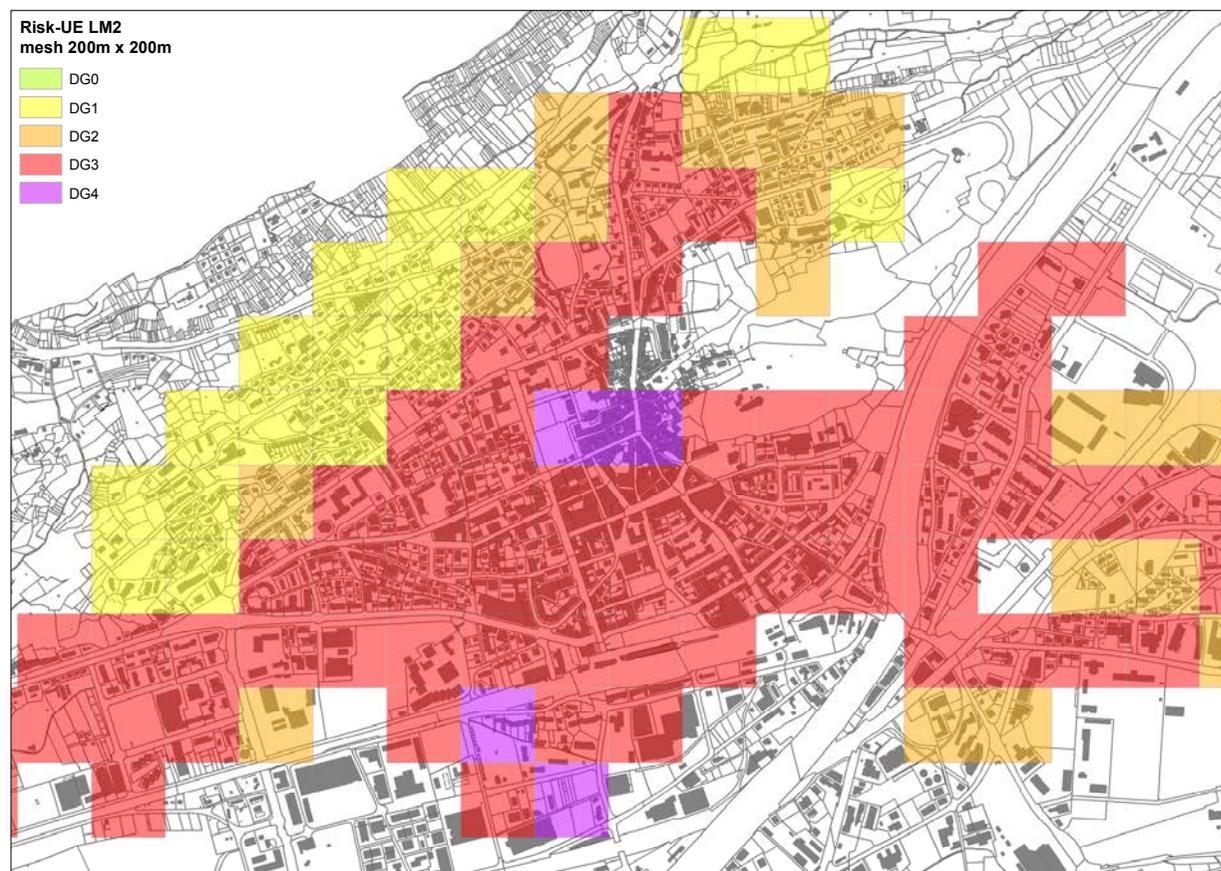
$\alpha_{\text{eff}} > 0.7 \rightarrow$ pas de confortement



Renouvellement effectif des bâtiments

- **Vulnérabilité des villes de Sion et Martigny**
≈ 50'000 habitants, ≈ 5200 bâtiments

études
en 2016



Renouvellement effectif des bâtiments

- **Mise à jour 2016-2019, taux effectifs vérifiés**
≈ 1% par an (OFS) confirmé, mais remplacement pas la règle, seule une toute petite partie (0.15 à 0.3% par an)
⇒ pas de réduction significative de la vulnérabilité !



Conclusions

- **Approche basée sur le risque avec SIA 269/8**
- **Confortement obligatoire si $\alpha_{\text{eff}} < \alpha_{\text{min}}$**
- **Proportionnalité si $\alpha_{\text{eff}} > \alpha_{\text{min}}$ (coût-efficacité)**
- **Optimisation de l'allocation des ressources en ciblant les confortements (par ex. écoles) afin de réduire le risque global**
- **Renouvellement effectif pas suffisant pour se passer du confortement du bâti existant**

