

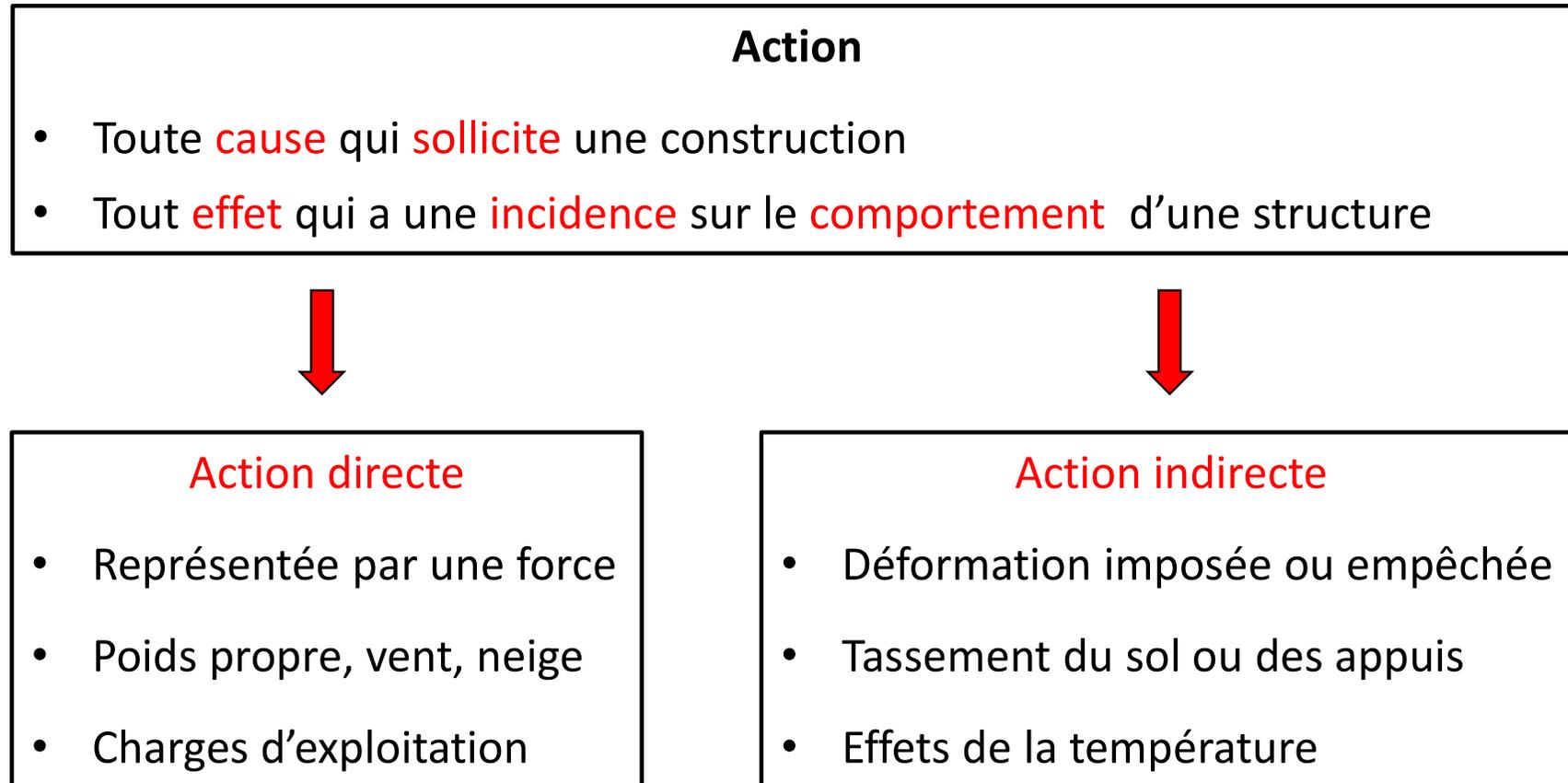
TB_SRM2 : Structure et résistance des matériaux 2

Chapitre 8. Actions sur les structures



Richard Buckminster Fuller avec ses étudiants de l'Institute of Design de Chicago, 1948, trailerpilot.com

Les structures doivent être calculées pour **résister** à **l'effet des actions** auxquelles elles sont soumises.



La **détermination** des **actions** est la **première étape** lors de la conception d'une structure.

Les actions à prendre en compte pour les bâtiments sont définies dans les normes **SIA 261, 261/1** et **SIA 260**.

Identification du
type de l'action



Détermination de
l'intensité de l'action

Choix des
combinaisons

Actions permanentes G : agissent durant toute l'existence de l'ouvrage (poids propre éléments porteurs et non porteurs).

Actions variables Q : l'intensité peut varier fortement au cours du temps (neige, vent, charge exploitation).

Actions accidentelles A (séisme, choc) : l'intensité est très grande mais agissent sur une très courte période et une probabilité d'apparition très faible.

Une construction peut être soumise à un certain **nombre d'actions** qui peuvent se **combiner** entre elles.



Nécessité de faire un choix en essayant de trouver les cas les plus défavorables.

Introduction



Poids propre

Neige

Vent



Charge de trafic

Charge d'exploitation

Séisme

Choc

La norme demande une vérification selon deux concepts :

La sécurité structurale
(Etat Limite Ultime)

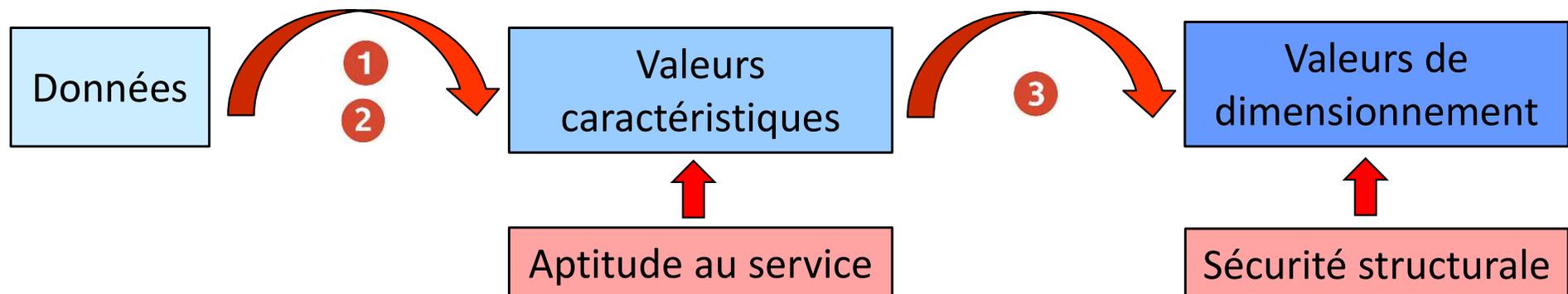
L'aptitude au service
(Etat Limite de Service)

Etat limite : état particulier **au-delà duquel** la structure (ou l'un de ses éléments)

- **n'assure plus les fonctions** et /ou
- **ne satisfait plus aux exigences** pour lesquelles elle a été conçue.

Les méthodes de calcul aux états limites tiennent compte du caractère aléatoire des :

- 1 Propriétés des matériaux (résistance effective \neq résistance mesurée en laboratoire)
- 2 Actions (charges climatiques ou d'exploitation \neq charges habituellement prévisibles)
- 3 Des hypothèses de calculs prises pour déterminer les sollicitations.



La sécurité structurale : Etats-Limites Ultimes (ELU)



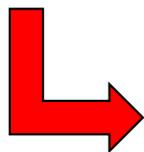
Photo : D'après P:Bouillard, ULB

Les états limites ultimes sont associés à une rupture totale ou partielle mettant en cause :

- la sécurité de la structure porteuse
- la sécurité des personnes

Types :

1. Instabilité d'ensemble de la structure porteuse (déversement, soulèvement)
2. Résistance ultime de la structure porteuse atteinte (rupture des sections ou assemblages)
3. Résistance ultime du terrain de fondation atteinte (glissement de terrain, rupture du sol)



Critères de
calcul :

Contraintes ou déformations sous
combinaisons d'actions majorées

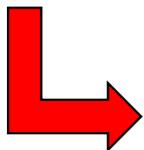
L'aptitude au service : Etats-Limites de Service (ELS)



Les états limites de service concernent :

- l'aptitude au fonctionnement de l'ouvrage
- le confort des personnes utilisant l'ouvrage
- l'aspect de l'ouvrage

- Exemples :
- Déformation ou flèche excessive des éléments porteurs
 - Fissuration du béton entraînant une détérioration de l'étanchéité, de l'isolation
 - Tassement ou déplacement d'appui

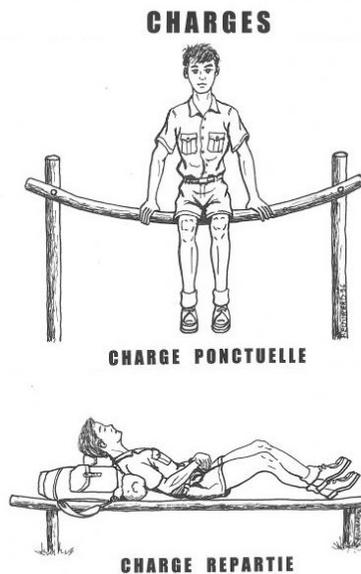


Critères de
calcul :

Contraintes ou déformations sous
combinaisons d'actions non majorées

- **Décrire les actions** qui s'exercent sur une structure
- **Calculer les actions** qui s'exercent sur une structure
- **Combiner les actions** qui s'exercent sur une structure

Plan du chapitre



bushcraft.fr

1. Actions sur les structures

- **Actions permanentes (poids propre)**
- **Actions variables (exploitation, neige, vent)**

2. Combinaison de charges

- **Principes de vérification à l'ELU**
- **Principes de vérifications à l'ELS**

Les **actions permanentes G** ont une **intensité constante** ou **peu variable** dans le temps durant **toute l'existence** de l'ouvrage.

Elles comprennent:

- **Le poids propre** des structures et des équipements fixes
- Les actions (poids, poussées) dues aux terres ou liquides
- Les actions dues aux déformations imposées en permanence à l'ouvrage (tassement d'appuis)

La **valeur caractéristique G_k du poids propre** est calculée sur la base du volume fois le poids volumique, en se basant sur les dimensions indiquées sur les plans.

Ce calcul n'est donc **pas forcément précis** si l'on pense aux tolérances d'exécution et aux variations de densité d'un même matériau.

La variation du poids propre sera prise en compte dans les **coefficients de majoration ou de minoration** ($\gamma_{G,sup}$, $\gamma_{G,inf}$) appliqués au poids propre.

Actions permanentes g_k



Poids propre des éléments porteurs



Pression des terres

maisonbleue.fr



Poids propre des éléments non porteurs



Pression de l'eau

fotoescapada.com

Charges volumiques moyennes de divers matériaux (Annexe A SIA 261)

Matériau	Charge volumique [kN/m ³]	Matériau	Charge volumique [kN/m ³]
Aluminium	27	Maçonnerie montée sans crépi	
Acier	78,5	briques de terre cuite pleines	18
Béton		briques de terre cuite perforées	13
non armé	24	briques à haute isolation phonique	17
armé	25	briques apparentes perforées	15
Béton léger (à déterminer de cas en cas)		agglomérés de béton pleins	22
Bois		agglomérés de béton perforés	18
résineux en général	5	agglomérés isolants phoniquement	20
feuillus en général	7,5	briques silico-calcaire pleines	20
bois résineux collés	5	briques silico-calcaires perforées	18
panneaux en bois aggloméré	8	agglomérés de béton cellulaire, qualité normale	6
Maçonnerie en pierre		agglomérés de béton cellulaire, haute qualité	7
moellons (calcaire)	24	briques de verre pleines	25
granit	27	briques de verre creuses	14
basalte	30	plaques d'argile cellulaire	12
molasse, grès	24	plaques de plâtre	12
Enduits et crépis		Revêtements de sols	
mortier de chaux	19	dallage en céramique	20
mortier de ciment	22	pierre naturelle	30
mortier de plâtre	12	parquet en bois collé	8
crépis muraux extérieurs	18	linoléum	15
crépis muraux intérieurs	14	Revêtements bitumineux	
		asphalte coulé	24
		revêtement bitumineux (HMT)	24

Charges moyennes des couvertures et des revêtements par unité de surface (Annexe A SIA 261)

Couverture, revêtement	Charge de surface [kN/m ²]	Couverture, revêtement	Charge de surface [kN/m ²]
Ciment armé de fibres	0,18	Sous-toitures	
Tôles profilées, hauteur 80 mm, épaisseur 0,8 mm		bardeaux	0,10
en acier	0,12	panneaux de fibres durs	0,05
en aluminium	0,04	panneaux en ciment armé de fibres	0,12
Couverture d'ardoise en ciment armé de fibres		lambris 24 mm, y compris une couche de carton bituminé ou une feuille plastique	0,14
recouvrement simple	0,23	Vitrage, y compris châssis	
recouvrement double	0,30	verre normal 5 mm	0,25
Tuiles en terre cuite, y compris lattis		verre armé 6 mm	0,35
tuiles plates, recouvrement double	0,75	Gravillon, par 10 mm d'épaisseur	0,20
tuiles flamandes	0,47	Carton bitumé, par couche	0,02
Tuiles en béton, y compris lattis		Feuille plastique	0,02
tuiles plates	0,55	Enduits de mortier	0,02
tuiles flamandes	0,48		

- **Décrire les actions** qui s'exercent sur une structure
- **Calculer les actions** qui s'exercent sur une structure
- **Combiner les actions** qui s'exercent sur une structure

Plan du chapitre



bushcraft.fr

1. Actions sur les structures

- Actions permanentes (poids propre)
- **Actions variables (exploitation, neige, vent)**

2. Combinaison de charges

- Principes de vérification à l'ELU
- Principes de vérifications à l'ELS

Charges d'exploitation des bâtiments q_k

Les **charges utiles (d'exploitation)** pour les **bâtiments** sont à considérer comme étant des **actions variables**. Elles comprennent les charges provenant de :



vitra.com

Mobilier



hesge.ch

Personnes



groupe-routage.fr

Marchandises



semso.com

Machines



fabriquerenfrance.com

Contenu des réservoirs
et conduites



profix.wurth.fr

Des véhicules légers à
moyennement lourds

Selon le type de bâtiment, sa **fonction** et son **affectation** peuvent varier.

On peut distinguer trois groupes de surfaces utilisables :

- les surfaces des locaux habitables, commerciaux ou administratifs
- les surfaces des entrepôts, des locaux de fabrication et des archives
- les surfaces des parkings ou accessibles au trafic

Ces trois groupes se décomposent dans la norme **SIA 261** en **8 catégories d'ouvrages**

Les **valeurs caractéristiques** sont données sous la forme de :

- **charges surfaciques** q_k en kN/m^2
- **charges concentrées** Q_k en kN (rassemblements de personnes, entassements de marchandises, essieux véhicules)

Charges d'exploitation des bâtiments q_k

Extrait SIA 261

Catégorie	Genre de surface utile	Exemples	q_k en kN/m ²	Q_k en kN
A	Surfaces d'habitation	A1: Locaux dans les immeubles et les maisons d'habitation, services des hôpitaux, chambres d'hôtel, cuisines et toilettes	2	2 ¹⁾
		A2: Balcons	3	2 ¹⁾
		A3: Escaliers	4	2 ¹⁾
B	Bureaux		3	2 ¹⁾
C	Locaux de réunion	C1: Surfaces avec tables et chaises	3	4 ¹⁾
		C2: Surfaces avec sièges fixes	4	4 ¹⁾
		C3: Surfaces librement accessibles, surfaces de sport et de jeu, surfaces pouvant accueillir des rassemblements de personnes	5	4 ¹⁾
D	Surfaces de vente	Grands magasins, commerces	5	4 ¹⁾
E	Surfaces d'entrepotage et de fabrication	Entrepôts, bibliothèques et leurs accès, halles de fabrication	2) ³⁾	2) ³⁾
F	Surfaces de stationnement et surfaces accessibles aux véhicules de poids < 3,5 t	Parkings à étages, surfaces de parc, garages	2 ³⁾	20 ³⁾⁴⁾
G	Surfaces de stationnement et surfaces accessibles aux véhicules de 3,5 t à 16 t	Rampes d'accès, zones de livraison, zones accessibles aux véhicules du service du feu	5 ³⁾	90 ³⁾⁴⁾
H	Toitures non accessibles ⁵⁾	Toits uniquement accessibles pour des travaux d'entretien	0,4	1 ¹⁾

¹⁾ Surface d'application 50 mm x 50 mm ; Q_k ne doit pas être combiné avec q_k . Pour les surfaces d'entrepôts équipées d'étagères ou les surfaces accessibles aux engins de levage, on fixera la valeur Q_k en tenant compte des spécificités du projet.

²⁾ Voir le chiffre 8.2.2.

³⁾ On admettra que Q_k et q_k agissent simultanément.

⁴⁾ Deux charges concentrées $Q_k/2$ distantes de 1,8 m sur des surfaces d'application de 200 mm x 200 mm.

⁵⁾ Selon leur utilisation, les toits accessibles aux personnes et aux véhicules seront considérés comme des surfaces des catégories A à G.

Objectifs du chapitre

- **Décrire les actions** qui s'exercent sur une structure
- **Calculer les actions** qui s'exercent sur une structure
- **Combiner les actions** qui s'exercent sur une structure

Plan du chapitre



bushcraft.fr

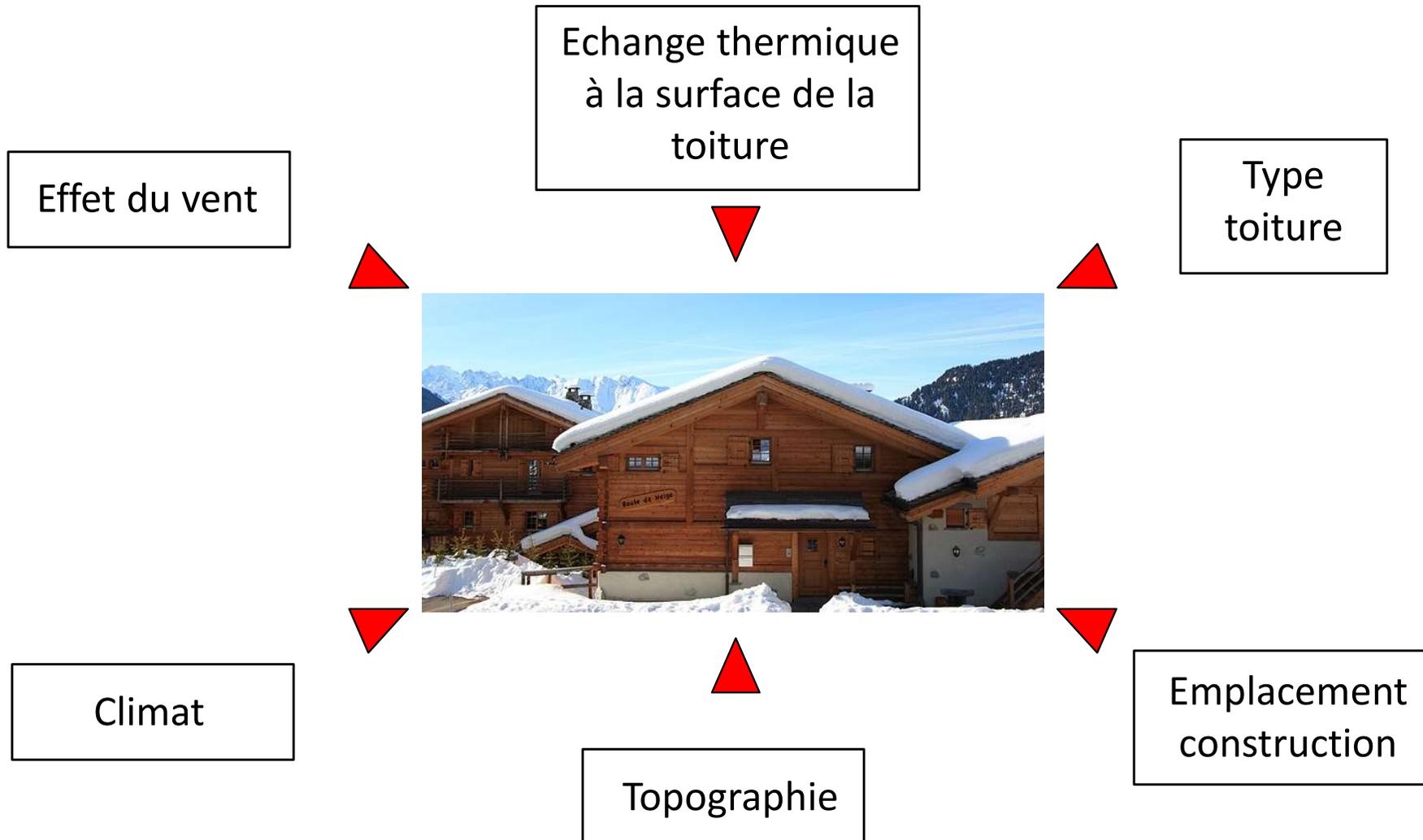
1. Actions sur les structures

- Actions permanentes (poids propre)
- **Actions variables** (exploitation, **neige**, vent)

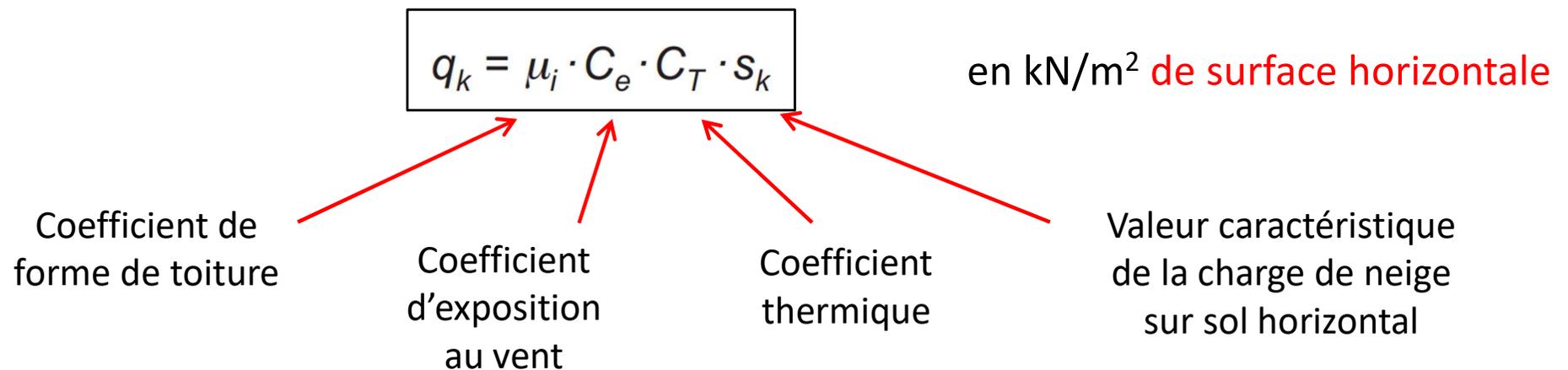
2. Combinaison de charges

- Principes de vérification à l'ELU
- Principes de vérifications à l'ELS

Les actions dues à la neige q_k sont à considérer comme des actions variables.



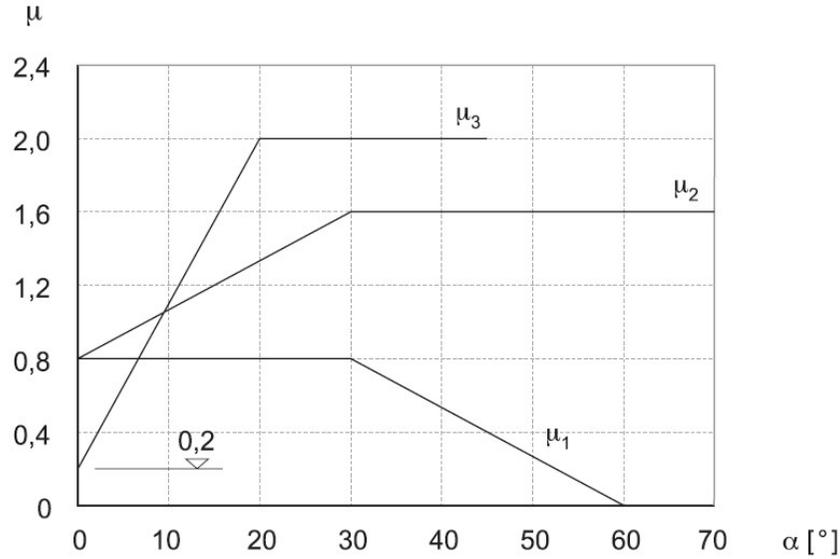
La **valeur caractéristique** de la charge de neige q_k sur les toitures rapportée à la surface horizontale recouverte est définie par :



Les **coefficients de forme de toiture** μ_i tiennent compte de :

- la différence entre la charge de neige sur les toitures et celle sur un sol horizontal
- l'accumulation de la neige en fonction de la forme et de la pente de la toiture

Coefficients de forme de toiture μ_i



Extraits SIA 261

Charges uniformes
(Amoncellement uniforme =
pas de transport par le vent)

Charges non uniformes
(Amoncellement non uniforme =
transport par le vent)

$\mu_{11} = \mu_1(\alpha_1) \quad \mu_{12} = \mu_1(\alpha_2)$	$\mu_{2m} = \mu_2\left(\frac{\alpha_1 + \alpha_2}{2}\right)$	$\mu_3 = \mu_3(\alpha) \quad \alpha_0 = 60^\circ$

- Coefficient d'exposition au vent C_e :
- exposition au vent normale $C_e = 1.0$
 - endroit fortement exposé au vent $C_e = 0.8$
 - endroit protégé du vent $C_e = 1.2$

- Coefficient thermique C_T :
- en général $C_T = 1$
 - valeur inférieure à 1 si on a une forte transmission de chaleur à la surface du toit qui accélère la fonte des neiges.

Valeur caractéristique s_k de la charge de neige au sol sur un terrain horizontal :

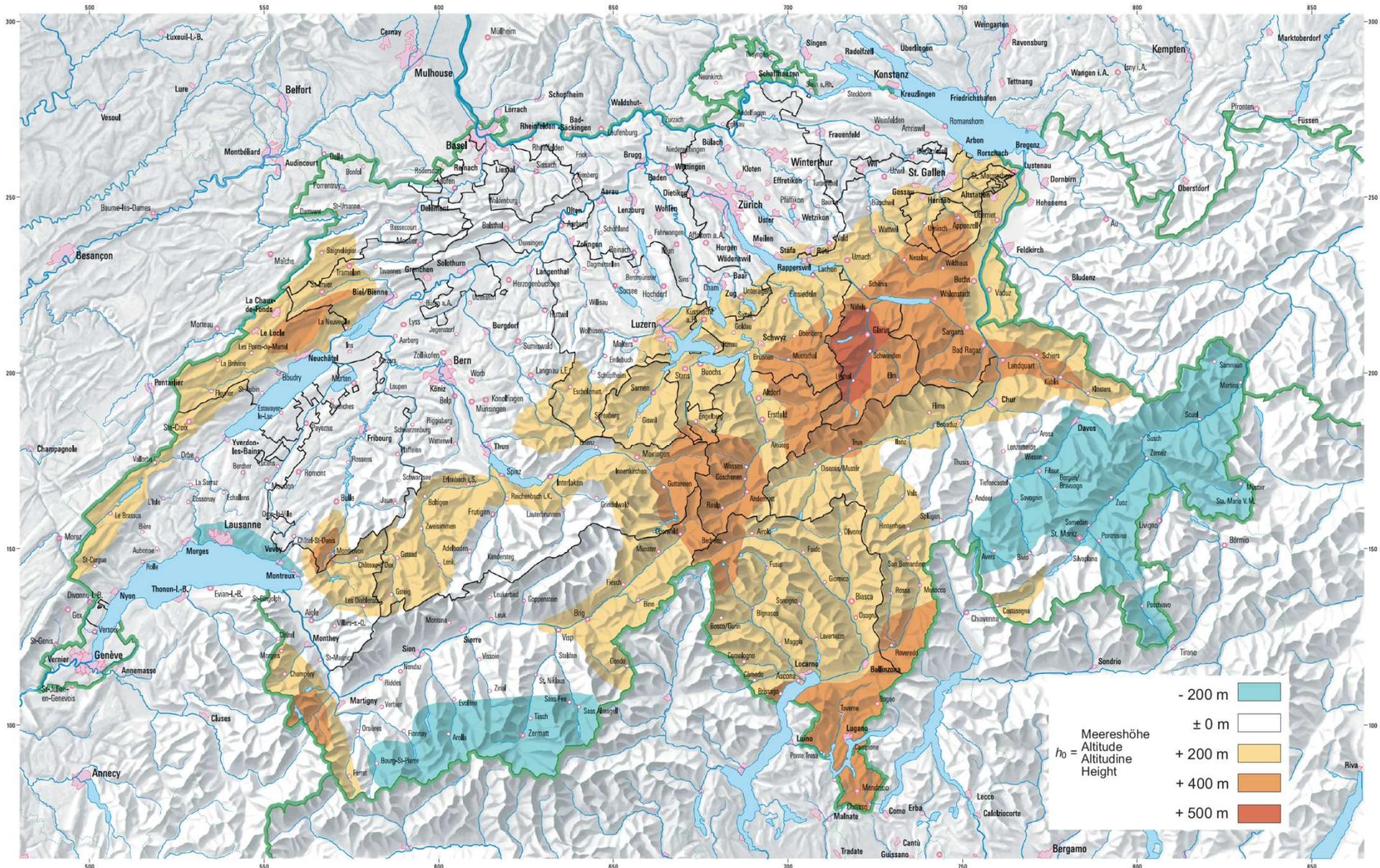
$$s_k = \left[1 + \left(\frac{h_0}{350} \right)^2 \right] \cdot 0,4 \text{ kN/m}^2 \geq 0,9 \text{ kN/m}^2$$

Altitude de référence h_0 déterminée selon l'annexe D de la norme SIA 261. Altitude réelle corrigée afin de tenir compte du climat régionale (endroits peu ou très enneigés).

A titre indicatif, pour Genève on peut généralement admettre comme charge de neige 1 kN/m^2 (100 kg/m^2).

Annexe D (normative) Altitude de référence pour les charges de neige

Extrait SIA 261



Anhang
Annexe
Allegato
Annex

D

Bezugshöhe h_0
Altitude de référence h_0
Altitudine di riferimento h_0
Reference height h_0

(nicht anwendbar auf Bauwerke über 2000 m Meereshöhe)
(pas applicable pour les constructions situées au-dessus de 2000 m d'altitude)
(non applicabile a costruzioni ubicate sopra 2000 m sul mare)
(not applicable for construction works at heights greater than 2000 m)



Objectifs du chapitre

- **Décrire les actions** qui s'exercent sur une structure
- **Calculer les actions** qui s'exercent sur une structure
- **Combiner les actions** qui s'exercent sur une structure

Plan du chapitre



1. Actions sur les structures

- Actions permanentes (poids propre)
- **Actions variables** (exploitation, neige, **vent**)

2. Combinaison de charges

- Principes de vérification à l'ELU
- Principes de vérifications à l'ELS

Les **actions dues au vent** q_k sont à considérer comme des actions **variables**.

Les effets du vent sont des **pressions** et des **dépressions statiques** sur les parois ou toitures.

On admet que les forces dues au vent agissent **perpendiculairement à la surface** considérée.

Les **valeurs caractéristiques des pressions** exercées par le vent sur des surfaces extérieures et intérieures, respectivement, sont :

$$q_{ek} = c_{pe} \cdot q_p$$

$$q_{ik} = c_{pi} \cdot q_p$$

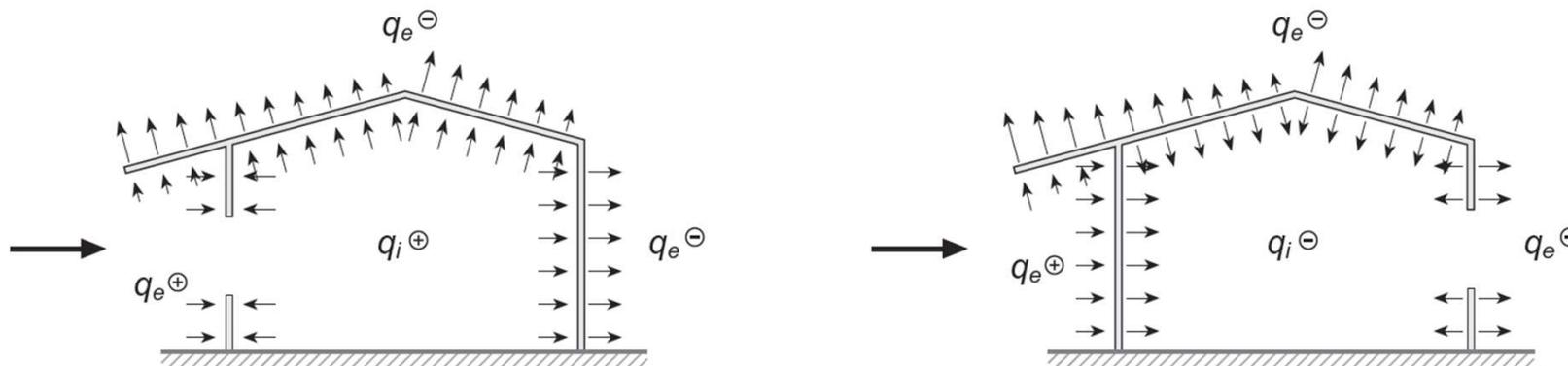
← Pression dynamique

← Coefficient de pression extérieure

← Coefficient de pression intérieure

Convention :

- **Pression \oplus** : force **dirigée vers** la surface
- **Pression \ominus** (suction) : force **s'éloignant de** la surface



La **pression dynamique** q_p dépend de la nature du vent, de la rugosité du sol, de la morphologie du terrain et de la hauteur de référence :

$$q_p = c_h \cdot q_{p0}$$

Pression dynamique représentative

Coefficient du profil de répartition du vent

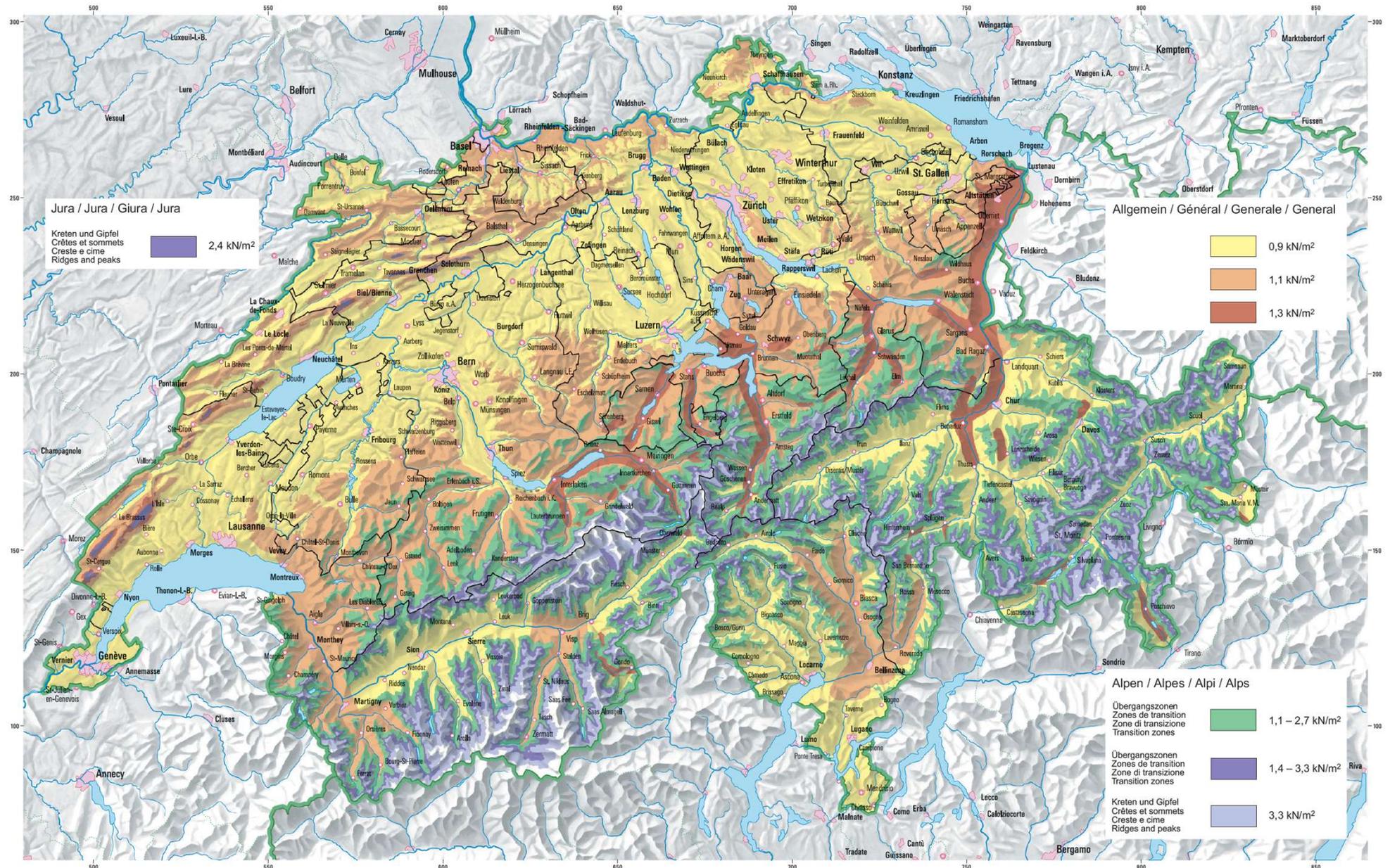
Pour la Suisse, la valeur représentative de la pression dynamique est $q_{p0} = 0.9 \text{ kN/m}^2$.

Le **coefficient du profil de répartition du vent** c_h tient compte du profil des vitesses du vent, en fonction de :

- la hauteur sur sol z
- la rugosité du sol due à la présence de constructions et de végétation

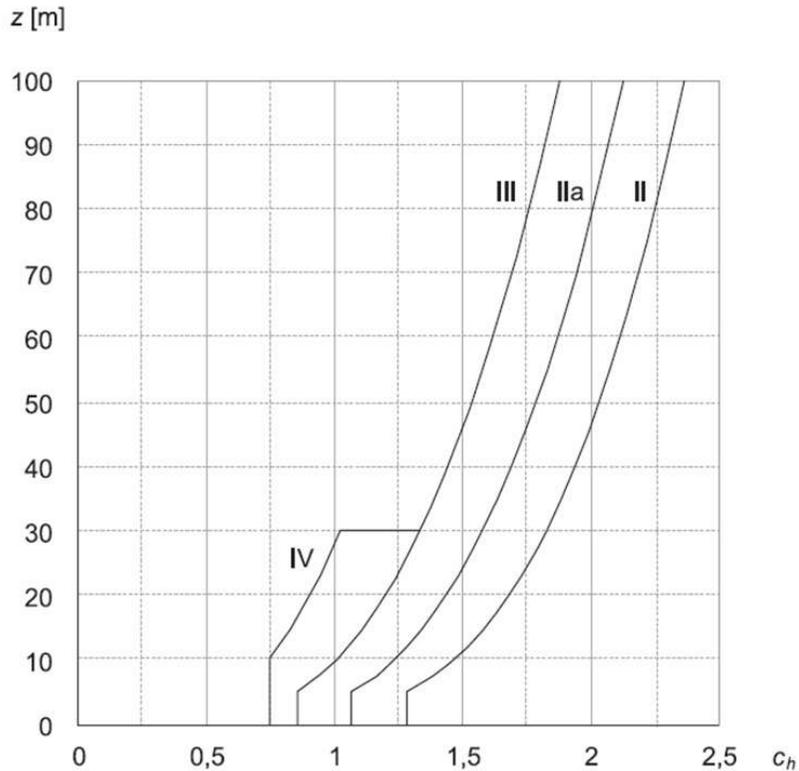
Le vent dépend fortement du **lieu géographique** et de l'**exposition** de l'ouvrage (ouvrage en ville, en campagne ou sur une zone dégagée).

Annexe E (normative) Valeur de référence de la pression dynamique



Coefficient du profil de répartition du vent c_h

Catégorie de terrain



II : Rive lacustre



IIa : Grande plaine



III : Localité, milieu rural



IV : Zone urbaine étendue

Extraits SIA 261

$$c_h = 1,6 \cdot \left[\left(\frac{z}{z_g} \right)^{\alpha_r} + 0,375 \right]^2$$

Hauteur sur sol (points to z)
 Rugosité du sol (points to α_r)
 Hauteur du gradient (points to z_g)

Catégorie de terrain	Exemples	z_g en m	α_r
II	rive lacustre	300	0,16
IIa	grande plaine	380	0,19
III	localité, milieu rural	450	0,23
IV	zone urbaine étendue	526	0,30

Coefficients de pression C_{pe} et C_{pi}

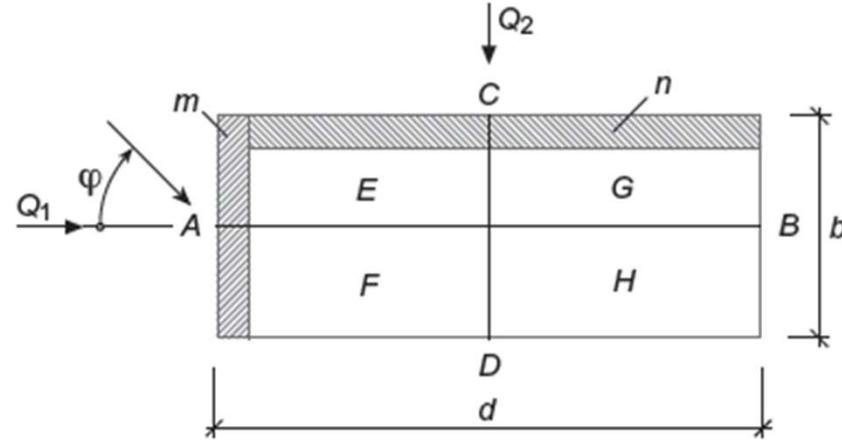
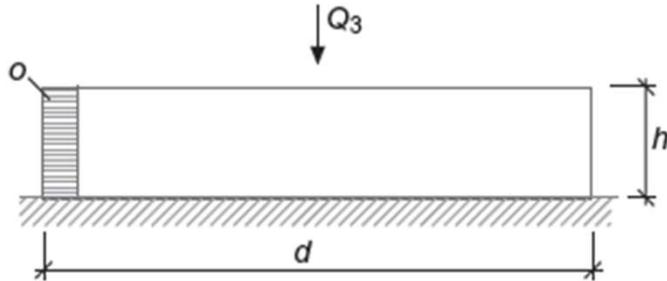


Tableau 59a Coefficients pour $h : b : d = 1 : 2 : 5$ pour $h \approx 8,00$ m , toit plat

φ	Coefficients de pression																Coefficients de force		
	C_{pe}								C_{pe}			C_{pi}					C_{f1}	C_{f2}	C_{f3}
	Surface d'application								Surface localisée			Ouvertures prépondérantes sur les côtés					Surface de référence		
	A	B	C	D	E	F	G	H	m	n	o	rép.	A	B	C	D	$b \cdot h$	$d \cdot h$	$d \cdot b$
0°	0,60	-0,30	-0,40	-0,40	-0,60	-0,60	-0,30	-0,30	-0,85	-0,45	-0,80	$\pm 0,10$	0,60	-0,30	-0,40	-0,40	0,90	0	-0,45
15°	0,50	-0,30	-0,30	-0,40	-0,60	-0,60	-0,30	-0,35	-0,85	-0,45	-1,00	$\pm 0,10$	0,50	-0,30	-0,30	-0,40	0,80	0,10	-0,46
45°	0,35	-0,30	0,40	-0,40	-0,35	-0,45	-0,45	-0,30	-0,85	-0,85	-0,45	$\pm 0,10$	0,35	-0,30	0,40	-0,40	0,65	0,80	-0,39
90°	-0,35	-0,35	0,70	-0,25	-0,40	-0,25	-0,40	-0,25	-0,45	-0,85	-0,45	$\pm 0,10$	-0,35	-0,35	0,70	-0,25	0	0,95	-0,33
$\hat{C}_{pe} = -2,0$																$C_{fr} = 0$			

Coefficients de pression C_{pe} et C_{pi}

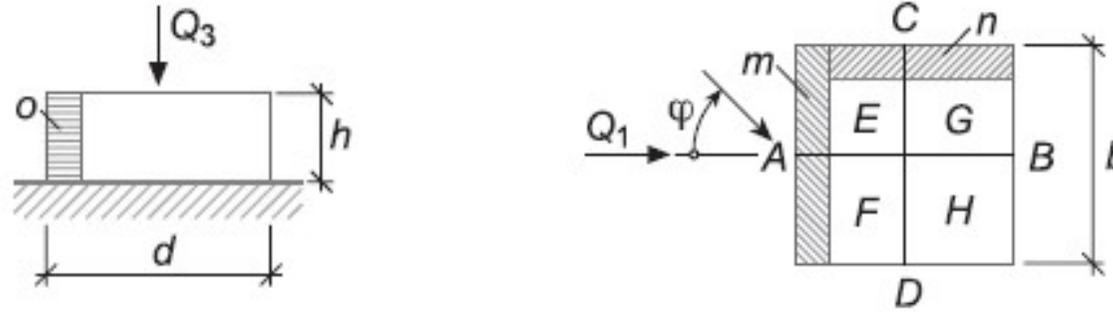


Tableau 31 Coefficients pour $h : b : d = 0,3 : 1 : 1$ à $0,05 : 1 : 1$, toit plat

φ	Coefficients de pression																Coefficients de force		
	C_{pe}								C_{pe}			C_{pi}					C_{r1}	C_{r2}	C_{r3}
	Surface d'application								Surface localisée			Ouvertures prépondérantes sur les côtés					Surface de référence		
	A	B	C	D	E	F	G	H	m	n	o	rép.	A	B	C	D	$b \cdot h$	$d \cdot h$	$d \cdot b$
0°	0,7	-0,25	-0,35	-0,35	-0,5	-0,5	-0,25	-0,25	-0,85	-0,45	-0,8	0,15/ -0,21	0,7	-0,25	-0,35	-0,35	0,95	0	-0,38
15°	0,55	-0,25	-0,2	-0,35	-0,5	-0,55	-0,25	-0,3	-0,85	-0,45	-1,0	$\pm 0,15$	0,55	-0,25	-0,2	-0,35	0,8	0,15	-0,4
45°	0,4	-0,4	0,4	-0,4	-0,45	-0,45	-0,45	-0,25	-0,85	-0,85	-0,45	$\pm 0,1$	0,4	-0,4	0,4	-0,4	0,8	0,8	-0,4
90°	-0,35	-0,35	0,7	-0,25	-0,5	-0,25	-0,5	-0,25	-0,45	-0,85	0,45	$\pm 0,15$	-0,35	-0,35	0,7	-0,25	0	0,95	-0,38
$\hat{C}_{pe} = -2,0$																$C_{fr} = 0$			

Objectifs du chapitre

- **Décrire les actions** qui s'exercent sur une structure
- **Calculer les actions** qui s'exercent sur une structure
- **Combiner les actions** qui s'exercent sur une structure

Plan du chapitre

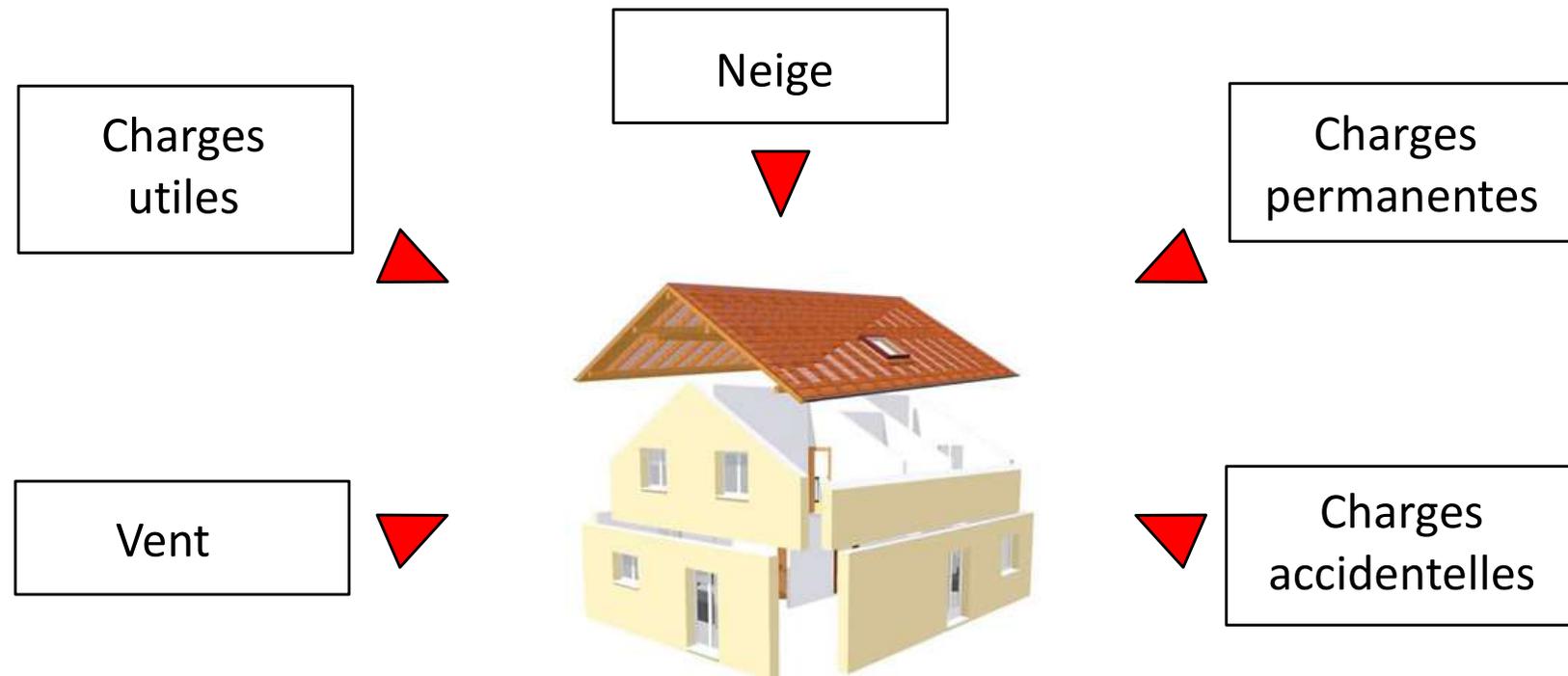


bushcraft.fr

1. **Actions sur les structures**
 - Actions permanentes (poids propre)
 - Actions variables (exploitation, neige, vent)
2. **Combinaison de charges**
 - Principes de vérification à l'ELU
 - Principes de vérifications à l'ELS

Principes de dimensionnement

Le **dimensionnement** permet de déterminer les dimensions de la structure en **garantissant la sécurité structurale** et **l'aptitude au service**.



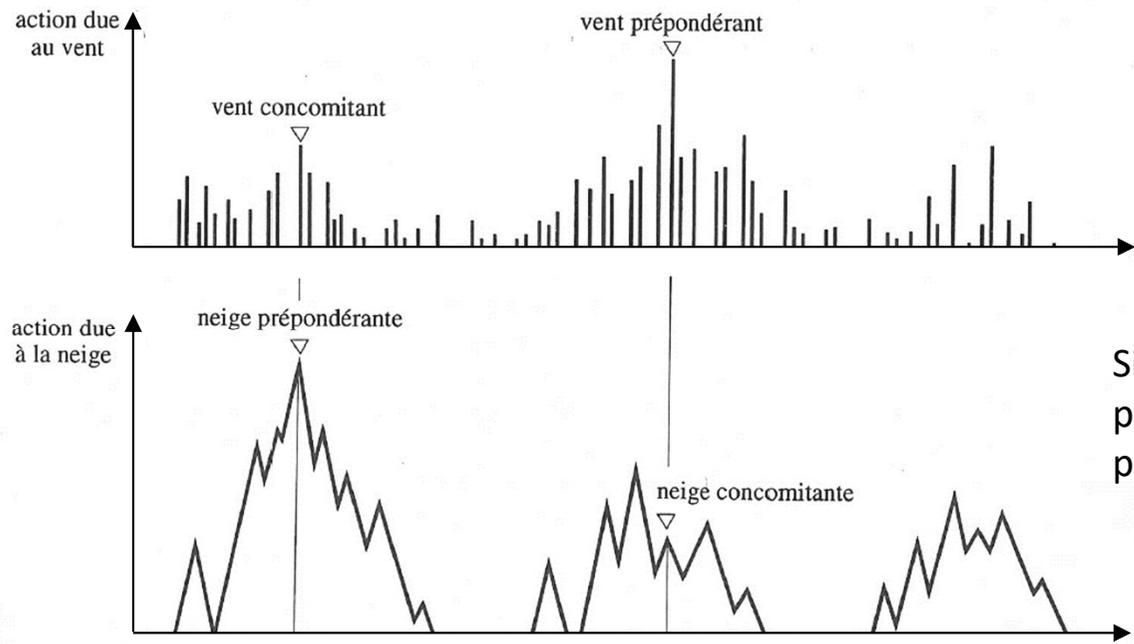
Principes de dimensionnement

Après avoir fait l'inventaire des actions pouvant solliciter la structure, sont définies les **situations de risques (cas de charges)**.

Chaque situation de risque sera caractérisée par une **action prépondérante** et des **actions concomitantes** (une intensité plus faible).

Les vérifications s'effectuent sur la base de **valeurs de dimensionnement (de calcul)**.

La détermination de ces valeurs repose sur le concept **des facteurs partiels** (multiplicateurs pour les charges et diviseurs pour les résistances).



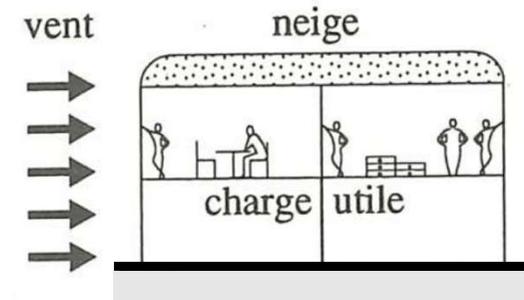
Si le vent agit avec une intensité extrême, il est peu probable qu'au même moment la neige soit présente avec une intensité extrême.

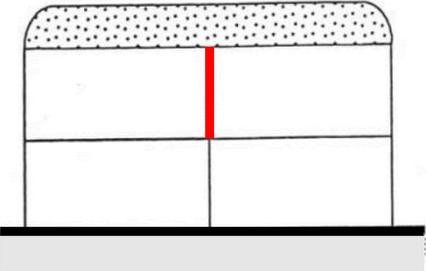
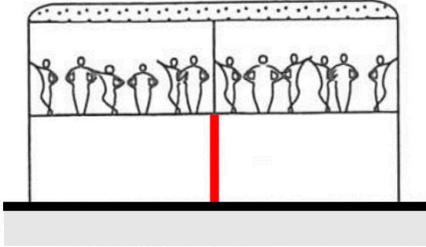
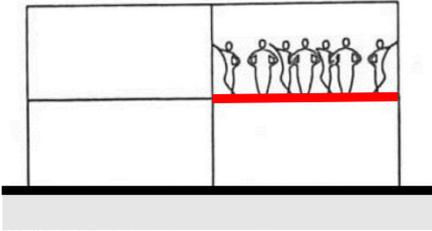
Principes de dimensionnement

Déterminer pour **chaque élément de structure**, l'ensemble des actions pouvant solliciter simultanément ce dernier et définir les **différentes combinaisons possibles** en différenciant si l'action considérée est **une action prépondérante** ou **concomitante**.

Exemple d'un bâtiment à 1 étage soumis à :

- Poids propre
- Charge utile
- Vent
- Neige



Élément structurel examiné	Colonne d'étage	Colonne de rez	Dalle d'étage
			
Situation de risques à considérer	Poids propre défavorable Neige prépondérante	Poids propre défavorable Charge utile prépondérante Neige concomitante	Poids propre défavorable Charge utile prépondérante

Sécurité structurale (Etat Limite Ultime)

La vérification de la sécurité structurale doit se faire pour **chaque situation de risque**.

Consiste à vérifier que les **valeurs de dimensionnement des effets des actions soient inférieures ou égales** à celles **des résistances de l'élément porteur** à vérifier.

$$E_d \leq R_d$$

E_d : valeur de dimensionnement de l'effet des actions déterminée sur la base d'une combinaison

$$E_d = E (\gamma_G G_k, \gamma_{Q1} Q_{k1}, \psi_{0i} Q_{ki}) \quad \longrightarrow \quad N_{Ed}, V_{Ed}, M_{Ed}$$

γ_G : facteur de charge pour les actions permanentes

γ_{Q1} : facteur de charge pour l'action variable prépondérante

ψ_{0i} : coefficient de réduction pour l'action variable concomitante

R_d : valeur dimensionnement de la résistance ultime $\longrightarrow N_{Rd}, V_{Rd}, M_{Rd}$

Facteurs de charge γ_G (actions permanentes) et γ_Q (action variable prépondérante)

Actions	γ_F	État-limite		
		Type 1	Type 2	Type 3
Actions permanentes				
– avec effet défavorable	$\gamma_{G,sup}$	1,10 ¹⁾	1,35 ¹⁾	1,00
– avec effet favorable	$\gamma_{G,inf}$	0,90 ¹⁾	0,80 ¹⁾	1,00
Actions variables				
– en général	γ_Q	1,50	1,50	1,30
– charges dues au trafic routier	γ_Q	1,50	1,50	1,30
– charges dues au trafic ferroviaire	γ_Q	1,45	1,45	1,25
Actions du sol de fondation				
Charges de terre				
– avec effet défavorable	$\gamma_{G,sup}$	1,10	1,35 ^{2) 3)}	1,00
– avec effet favorable	$\gamma_{G,inf}$	0,90	0,80	1,00
Poussée des terres				
– avec effet défavorable	$\gamma_{G,Q,sup}$	1,35	1,35	1,00
– avec effet favorable ⁴⁾	$\gamma_{G,Q,inf}$	0,80	0,70	1,00
Pression hydraulique				
– avec effet défavorable	$\gamma_{G,Q,sup}$	1,05	1,20 ³⁾	1,00
– avec effet favorable	$\gamma_{G,Q,inf}$	0,95	0,90	1,00
¹⁾ G est multiplié soit par $\gamma_{G,sup}$ ou soit par $\gamma_{G,inf}$ selon que l'effet d'ensemble de l'action est défavorable ou favorable. ²⁾ Pour des hauteurs de remblai de 2 à 6 m, $\gamma_{G,sup}$ peut être réduit linéairement de 1,35 à 1,20. ³⁾ Selon la norme SIA 267, des valeurs réduites sont admissibles dans certains cas, lors de l'application de la méthode observationnelle. ⁴⁾ Pour la butée des terres exerçant une action favorable, on a $F_d = R_d$, selon norme SIA 267.				

Coefficient de réduction ψ_{0i} (action variable concomitante)

Actions	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Charges utiles dans les bâtiments			
– Catégorie A Locaux habitables	0,7	0,5	0,3
– Catégorie B Locaux administratifs	0,7	0,5	0,3
– Catégorie C Locaux de réunion	0,7	0,7	0,6
– Catégorie D Locaux de vente	0,7	0,7	0,6
– Catégorie E Entrepôts	1,0	0,9	0,8
Charges dues au trafic dans les bâtiments			
– Catégorie F Véhicules en dessous de 3,5 t	0,7	0,7	0,6
– Catégorie G Véhicules de 3,5 t à 16 t	0,7	0,5	0,3
– Catégorie H Toits	0	0	0
Charges de neige	$1 - 60/h_0$	$1 - 250/h_0$	$1 - 1000/h_0$
Forces dues au vent	0,6	0,5	0
Effets de la température	0,6	0,5	0
Actions du terrain de fondation			
– Poussée des terres	0,7	0,7	0,7
– Pression hydraulique	0,7	0,7	0,7

Extrait SIA 260

Sécurité structurale (Etat Limite Ultime)

La **valeur de dimensionnement de la résistance ultime** R_d correspond à la valeur caractéristique de la propriété considérée d'un matériau de construction réduite par un facteur de résistance γ_M dépendant du matériau et du type de vérification.

Le **facteur de résistance** γ_M permet de tenir compte des incertitudes propres aux propriétés du matériau et celles du modèles de résistances.

$$R_d = \frac{R}{\gamma_M} \quad \Rightarrow \quad N_{Rd}, V_{Rd}, M_{Rd}$$

Les normes SIA de construction, propre à chaque matériau, donnent les facteurs de résistance :

$\gamma_M = 1.05$	Acier de construction
1.15	Acier d'armature
1.50	Béton
1.50	Bois BLC
1.70	Bois massif

Aptitude au service (Etat Limite de Service)

Ces vérifications permettent de garantir :

- l'aptitude au fonctionnement
- le confort
- l'aspect

Ces vérifications peuvent porter sur :

- les déformations
- la fissuration
- les vibrations



Le principe de la vérification de l'aptitude au service est de contrôler que la **sollicitation de service** soit inférieure ou égale à **la valeur limite** convenue dans le plan de convention ou définie dans une norme.

$$E_d \leq C_d$$

E_d : valeur de calcul de l'effet des actions déterminée sur la base d'une combinaison.

C_d : valeur limite de service

Aptitude au service (Etat Limite de Service)

Cas de charge fréquents



Les sollicitations de service peuvent se définir par la formulation suivante :

Valeur fréquente de l'action variable prépondérante

Valeur fréquente de l'action variable concomitante

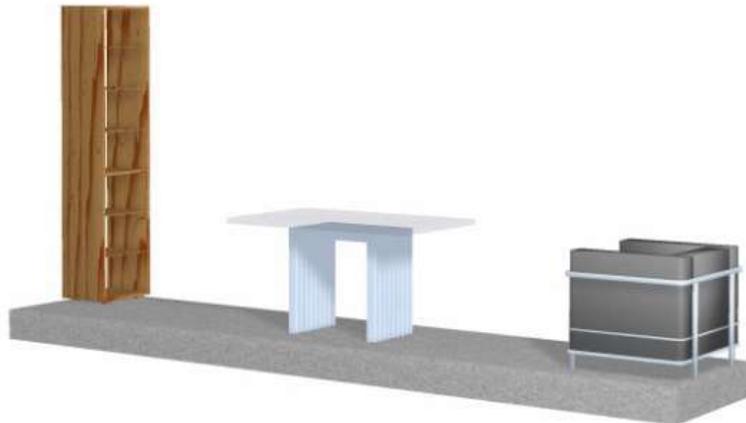
$$E_d = E (G_k, \psi_{11} Q_{k1}, \psi_{2i} Q_{ki})$$

Charges permanentes

Charge variable prépondérante

Charges variables concomitantes

Cas de charge quasi-permanents



Valeur quasi-permanente de l'action variable prépondérante

$$E_d = E (G_k, \psi_{2i} Q_{ki})$$

Charges permanentes

Charge variable prépondérante

Coefficient de réduction ψ_i

Actions	ψ_0	ψ_1	ψ_2
Charges utiles dans les bâtiments			
– Catégorie A Locaux habitables	0,7	0,5	0,3
– Catégorie B Locaux administratifs	0,7	0,5	0,3
– Catégorie C Locaux de réunion	0,7	0,7	0,6
– Catégorie D Locaux de vente	0,7	0,7	0,6
– Catégorie E Entrepôts	1,0	0,9	0,8
Charges dues au trafic dans les bâtiments			
– Catégorie F Véhicules en dessous de 3,5 t	0,7	0,7	0,6
– Catégorie G Véhicules de 3,5 t à 16 t	0,7	0,5	0,3
– Catégorie H Toits	0	0	0
Charges de neige	$1 - 60/h_0$	$1 - 250/h_0$	$1 - 1000/h_0$
Forces dues au vent	0,6	0,5	0
Effets de la température	0,6	0,5	0
Actions du terrain de fondation			
– Poussée des terres	0,7	0,7	0,7
– Pression hydraulique	0,7	0,7	0,7

Extrait SIA 260

Valeurs indicatives des flèches des dalles et des poutres

État-limite	Conséquences des effets des actions		
	irréversibles	réversibles	réversibles
	Cas de charge		
	rare (20)	fréquent (21)	quasi permanent (22)
Aptitude au fonctionnement – Éléments incorporés à caractère fragile – Éléments incorporés à caractère ductile – Utilisation et exploitation	$w \leq l/500$ ^{1) 2) 3)}	$w \leq l/350$ ^{1) 2)} $w \leq l/350$ ⁴⁾	
Confort		$w \leq l/350$ ⁴⁾	
Aspect			$w \leq l/300$ ¹⁾
1) Flèche, après déduction d'une éventuelle contreflèche. D'éventuels effets à long terme dus au retrait, à la relaxation ou au fluage doivent être pris en considération. 2) Flèche due aux actions, en particulier aux actions à long terme, après le montage des principaux éléments de construction non porteurs ou la mise en place de l'équipement technique. 3) Si des éléments incorporés réagissent de manière particulièrement sensible aux déformations de la structure porteuse, il faut prévoir avant tout des mesures constructives contre les dommages, en plus ou à la place des mesures découlant de la procédure de dimensionnement. 4) Flèche due uniquement aux actions variables.			
Les flèches doivent être déterminées selon les indications des normes SIA 262 à 266. Des valeurs limites différentes pour les flèches peuvent être acceptées en accord avec les exigences d'utilisation. Elles doivent être inscrites dans la base du projet. Des exigences réduites sont envisageables spécialement pour les éléments de construction secondaires.			