

Dynamique des Structures

Abdellatif MEGNOUNIF

E-mail: abdellatif_megnounif@yahoo.fr

Partie 4: Calcul d'une structure en Béton Armé.

Chapitre 12A

Ferraillage du mur Voile

Part 1 : Efforts sur le voile

Cours 12 Samedi 16.05.2026

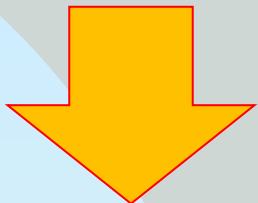
1. Introduction

- ✓ L'objectif de ce chapitre est de déterminer les sollicitations agissantes sur un mur voile par une analyse numérique, par ROBOT.
- ✓ Une procédure détaillée concernant l'utilisation de ROBOT pour tirer les efforts N, M et T du voile le plus sollicité
- ✓ La finalité de cette partie est la détermination des efforts pour le ferrailage du mur voile

Finalité : N, T et M pour le ferrailage



Données des voiles selon RPA2024



**RPA2024
Voile de
contreventement**

A vérifier

2. Voiles de contreventement et RPA2024

Il faut

Coffrage

Si $l_w \geq \max\left(\frac{h_e}{3}, 4 b_w, 1 \text{ m}\right)$ Voiles
Sinon : Éléments linéaires (poteaux)

Épaisseur minimale = $b_w \geq \max(15 \text{ cm}, \frac{h_e}{20})$

En plus, pour stabilité de forme (non flambement) épaisseur doit être déterminée en fonction de « h_e » et des conditions de rigidité aux extrémités (ci-dessous)

$$b_w \geq \max\left(15 \text{ cm}, \frac{h_e}{20}\right) = \max\left(15 \text{ cm}, \frac{266}{20}\right) = 15 \text{ cm}$$

On prend

$$b_w = 20 \text{ cm}$$

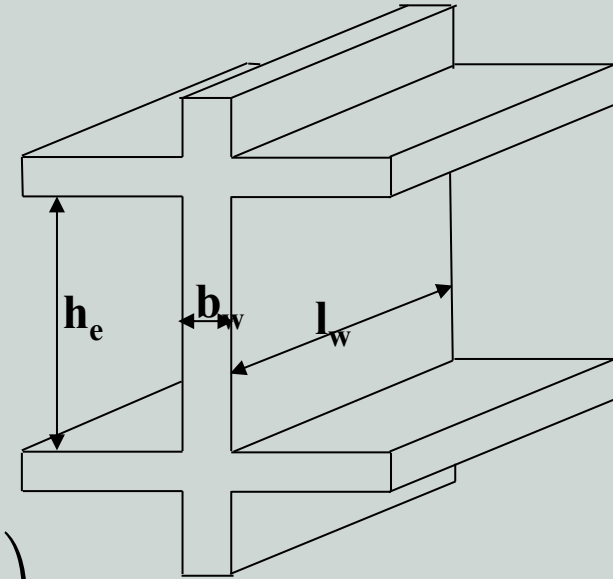
C.V

$$\text{et } l_w \geq \max\left(\frac{h_e}{3}, 4 b_w, 1 \text{ m}\right) = \max\left(\frac{2,66}{3}, 4 * 0,2, 1 \text{ m}\right) \\ = 1 \text{ m}$$

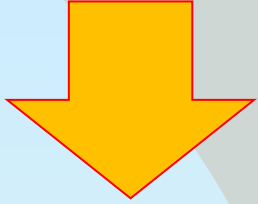
On prend

$$l_w = 1,50 \text{ m}$$

C.V



Efforts sur le voile



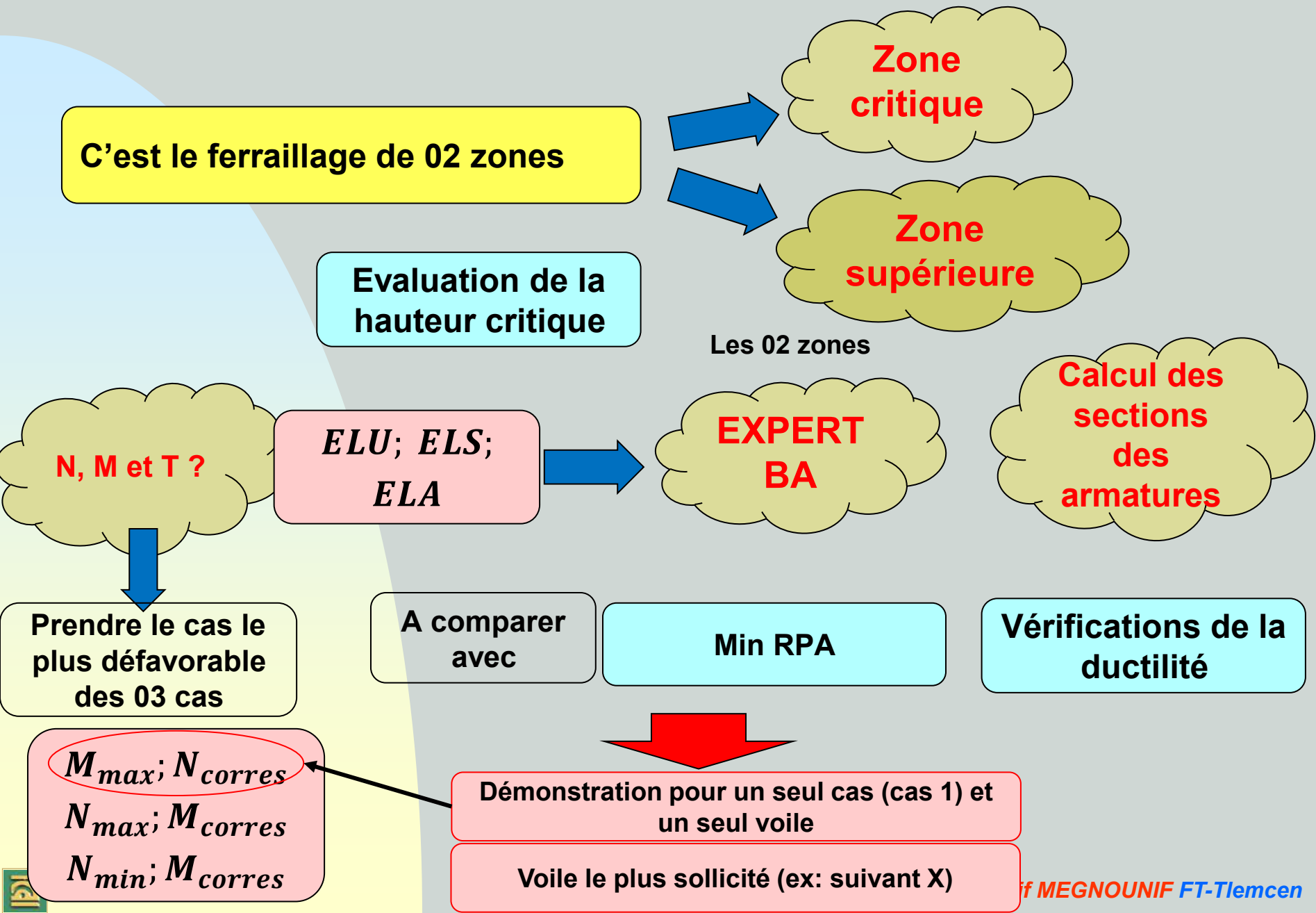
Voile le plus sollicité

**N, M et T
Voile de
contreventement**

Normalement un voile suivant X et un voile suivant Y

A vérifier

2. Détermination des efforts du voile



2. Détermination des efforts du voile

Principe des efforts réduits

But du
calcul des
efforts
réduits



Extraire facilement et rapidement les résultats sur les panneaux pour les utiliser dans d'autres calculs.

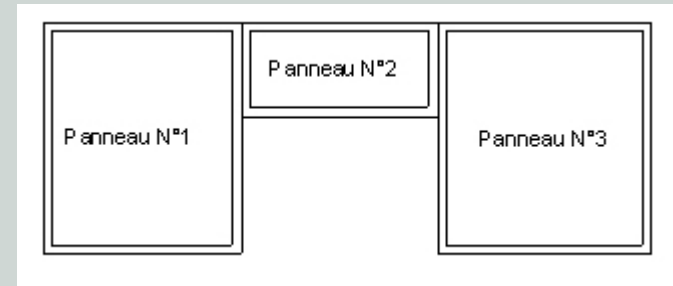
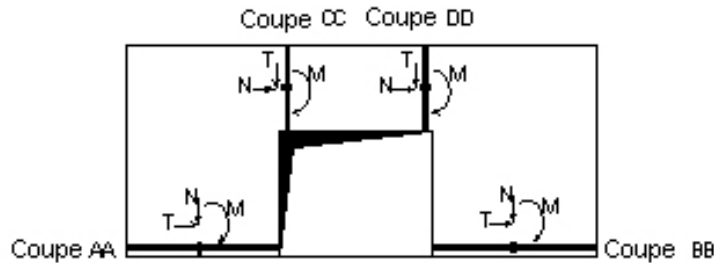
Par exemple, pour calculer les armatures à mettre en place dans les voiles servant à la stabilité d'un bâtiment sous des efforts de vent ou sous les efforts sismiques.

Pour pouvoir effectuer ces calculs, les utilisateurs doivent connaître les efforts réduits le long de différentes sections transversales.

Verticales (CC
et DD)

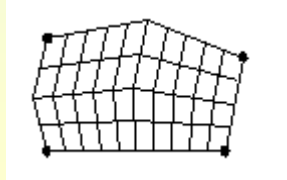


Horizontales
(AA et BB)



Pour simplicité et rapidité,
décomposer en anneaux
rectangulaires

Valable uniquement pour
les panneaux 2D
quadrangulaire convexe



Non valable pour :

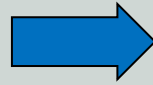
- ❖ Panneaux créés à l'aide des options d'édition Extrusion et Révolution
- ❖ Panneaux 3D (courbes)
- ❖ Panneaux de forme non quadrangulaire
- ❖ Panneaux de forme quadrangulaire (non convexes)
- ❖ Panneaux à épaisseurs variables



Mode de calcul des efforts réduits

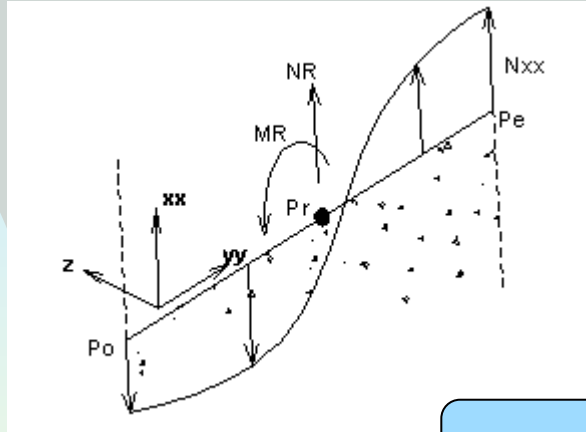
2. Détermination des efforts du voile

Mode de calcul des efforts réduits



Efforts réduits **dans le plan** du panneau : **NR_x**, **Try** et **MR_z**
 Efforts réduits en **dehors** du plan du panneau : **TR_z** et **MR_y**
 Contraintes réduites dans **la surface moyenne** : **sRo** et **sRe**
 (Normales) et **tR** (cisaillement)

- ❖ **Po** et **Pe** : Points origine et extrémité de la section considérée.
- ❖ **Pr** : point de référence (de calcul), généralement milieu de Po Pe



$$NR_X = \int_{P_o}^{P_e} N_{xx} \cdot dyy$$

$$MR_Z = \int_{P_o}^{P_e} N_{xx} \cdot yy \cdot dyy$$

Un moment **MR_z** positif met en traction les fibres se trouvant du côté positif de l'axe **yy**.

Autres composantes

$$TR_Y = \int_{P_o}^{P_e} N_{xy} \cdot dyy$$

$$MR_Y = \int_{P_o}^{P_e} M_{xx} \cdot dyy$$

$$TR_Z = \int_{P_o}^{P_e} Q_{XX} \cdot dyy$$

Un moment **MR_y** positif met en traction les fibres se trouvant du côté positif de l'axe **z** local des panneaux.

Contraintes

$$sRo = \frac{NR_X}{e \cdot L_c} - \frac{6 \cdot MR_Z}{e \cdot L_c^2}$$

$$sRe = \frac{NR_X}{e \cdot L_c} + \frac{6 \cdot MR_Z}{e \cdot L_c^2}$$

$$tR = \frac{TR_Y}{e \cdot (L_c - \frac{e}{2})}$$

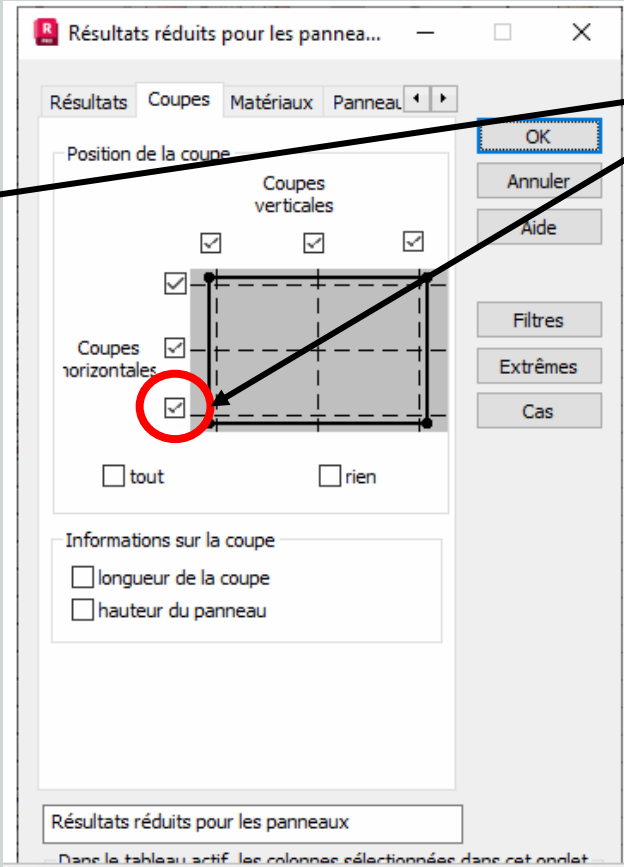
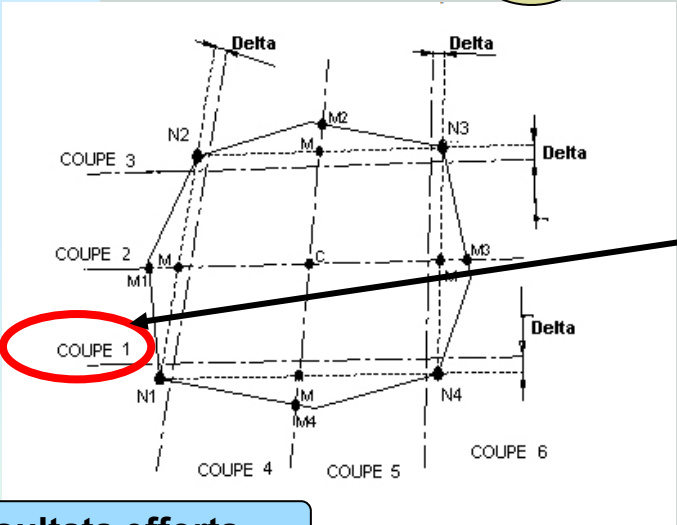
- ❖ **sRo** : Plus petite valeur des contraintes verticales dans le voile (valeurs négatives - compression)
- ❖ **sRe** : Plus grande valeur des contraintes verticales dans le voile (valeurs positives - traction)
- ❖ **e** : Epaisseur du panneau
- ❖ **Lc** : Longueur de la coupe

Application sur les voiles X

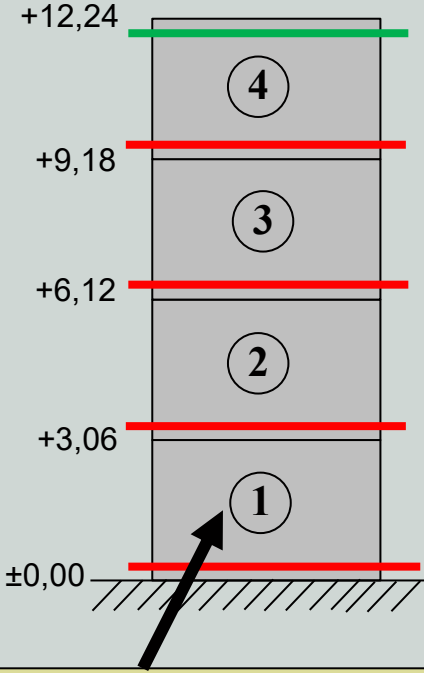
2. Détermination des efforts

Panneau le plus sollicité

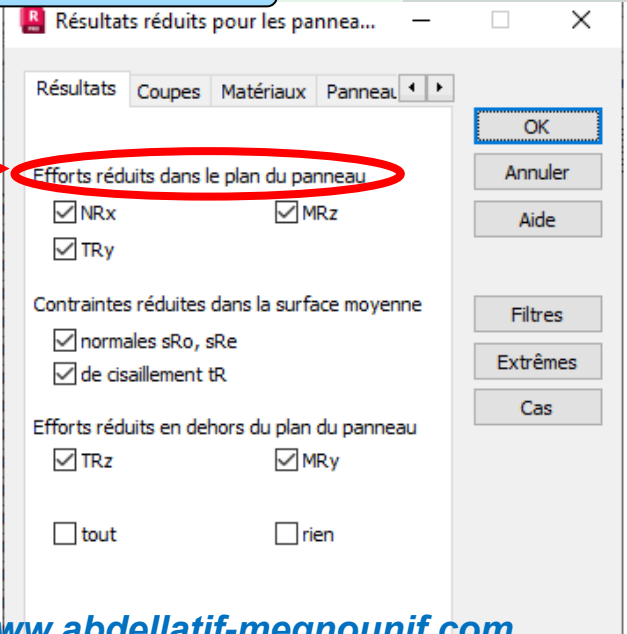
On cherche le panneau le plus sollicité, et on tire les efforts correspondants (**Tableaux/Résultats Réduits**)



Valeur maximale en bas



Résultats efforts



But de calcul des efforts réduits

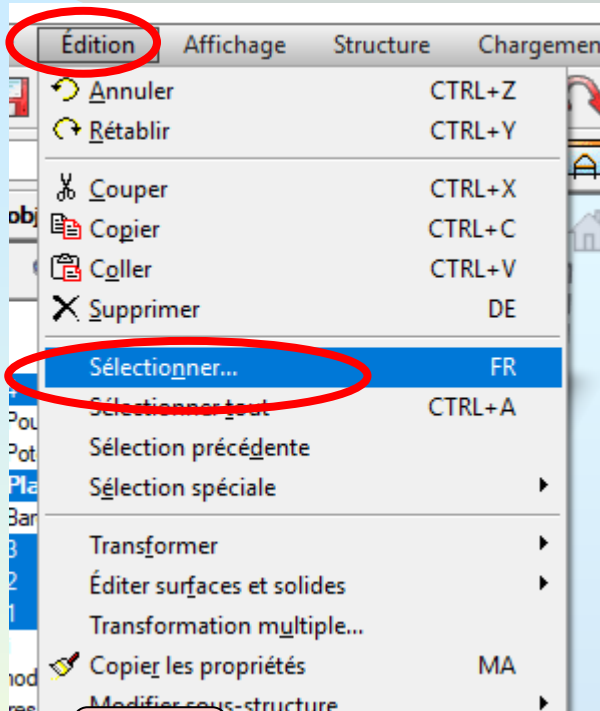
On cible le numéro du panneau le plus sollicité et la combinaison la plus défavorable

2. Détermination des efforts du voile

A partir de ROBOT?

Après calcul (ROBOT, on sélectionne les voiles suivant X et on tire les différentes sollicitations correspondantes (**Edition/Sélection spéciale/Panneaux**)

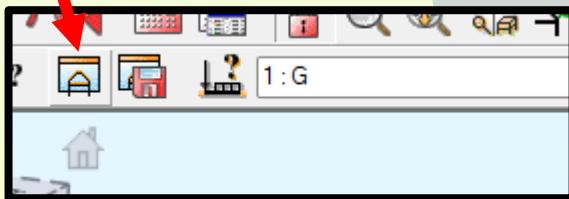
✓ Sélectionner des voiles suivant X



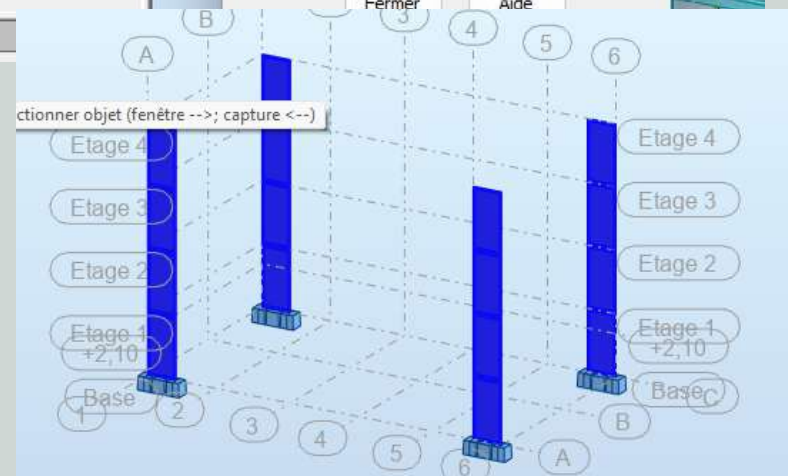
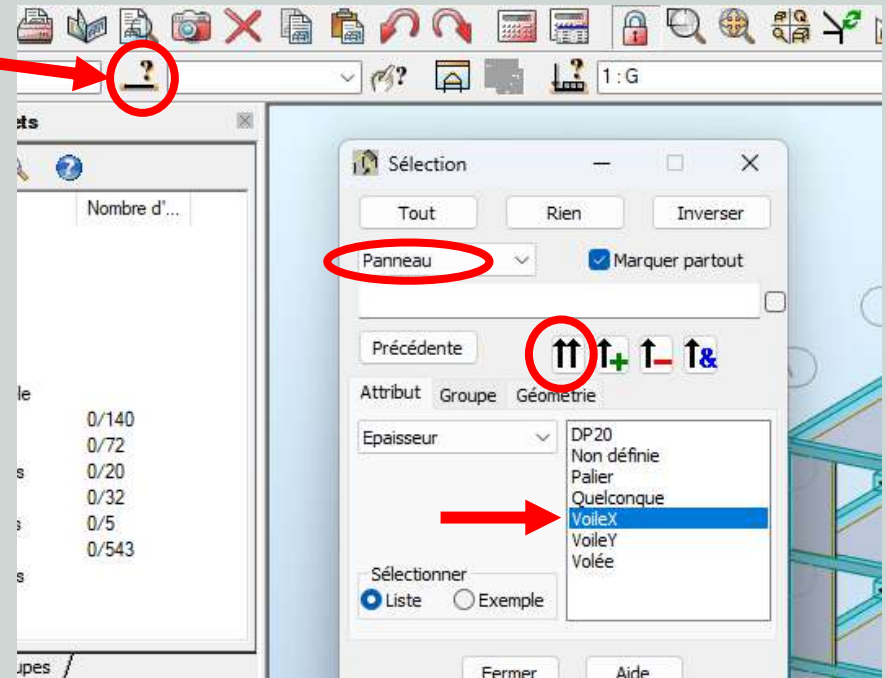
Ou bien directement

Choisir

Cliquer



On tire alors seules les sollicitations des voiles suivant X



2. Détermination des efforts du voile

On cherche le panneau le plus sollicité, et on l'utilise pour généraliser le ferrailage aux autres panneaux

Panneau le plus sollicité

Double cliquer sur l'écran principal

The image shows a software interface with a context menu and a dialog box. The context menu is open, showing various options. The 'Tableaux...' option is highlighted with a red circle. A blue arrow points from the text 'Double cliquer sur l'écran principal' to the 'Tableaux...' option. The dialog box, titled 'Tableaux de données et de résultats', is open, showing a list of options. The 'Résultats réduits' option is checked with a blue checkmark. A red arrow points from the text 'Choisir (en cochant) Résultats réduits' to the 'Résultats réduits' option. The 'Mode d'ouverture du tableau' section has the 'tableau filtré suivant la sélection actuelle' option selected with a blue radio button. A red circle highlights this radio button. At the bottom, a red arrow points from the dialog box to the text 'On veut sortir les résultats des efforts'.

Annuler CG

Sélectionner

Sélection précédente

Rotation 3D

Zoom par fenêtre ZZ

Panoramique par vecteur

Redessiner

Zoom initial ZA

Modes d'accrochage du pointeur

Attributs... WV

Tableaux...

Capter écran... CTRL+ALT+Q

Propriétés de l'objet...

Etage 3

Etage 2

Etage 1

Base

Tableaux de données et de résultats ?

- Déplacements des noeuds
- Efforts
- Contraintes
- Forces d'interaction
- Définition et résultats pour noyaux
- Modes propres
- Charges critiques
- Forces pseudostatiques
- Solution temporelle
- Fonctions de réponse en fréquence (FRF)
- Analyse Footfall
- Panneaux
- Solides
- Résultats pour les solides
- Résultats pour les plaques/coques
- Ferrailage des plaques/coques
- Ferrailage théorique des barres
- Résultats réduits
- Historique de la plastification

Mode d'ouverture du tableau

- tableau complet (sélection en surbrillance)
- tableau filtré suivant la sélection actuelle

OK Annuler Aide

Choisir (en cochant) Résultats réduits

On veut sortir les résultats des efforts

2. Détermination des efforts du voile

Résultats
obtenus

Résultats par défaut obtenus. Il faut filtrer ces résultats

255 256 258 259 26

3 10 12A20

Panneau/Coupe/Cas/Mode	NRx [kN]	MRz [kNm]	TRy [kN]	sRo [MPa]	sRe [MPa]	tR [MPa]	TRz [kN]	MRy [kNm]
266/ 35-375/ 16 (C) (CQC)/	106,12	115,07	-79,41	-1,18	1,89	-0,28	0,16	0,20
256/ 320-15/ 16 (C) (CQC)/	-697,80	188,06	-78,29	-4,83	0,18	-0,28	-1,49	2,12
279/ 345-45/ 15 (C) (CQC)/	-452,79	104,52	-78,14	-2,90	-0,12	-0,28	1,13	-1,67
259/ 34-374/ 15 (C) (CQC)/	173,10	215,94	-78,08	-2,30	3,46	-0,28	0,97	-1,34
258/ 344-44/ 16 (C) (CQC)/	-580,70	209,00	-74,45	-4,72	0,85	-0,27	0,15	0,89
255/ 5-308/ 15 (C) (CQC)/	200,32	186,66	-73,99	-1,82	3,16	-0,26	-0,49	-0,34
266/ 35-375/ 15 (C) (CQC)/	25,32	116,85	-68,18	-1,47	1,64	-0,24	0,40	-0,78
265/ 321-21/ 16 (C) (CQC)/	-402,82	92,29	-67,19	-2,57	-0,11	-0,24	-1,08	1,16
264/ 16-309/ 15 (C) (CQC)/	36,43	102,88	-66,36	-1,25	1,49	-0,24	-0,27	0,43
255/ 5-308/ 16 (C) (CQC)/	51,57	196,81	-65,46	-2,45	2,80	-0,23	-1,76	2,70
256/ 320-15/ 15 (C) (CQC)/	-503,92	190,67	-64,79	-4,22	0,86	-0,23	0,00	-1,39
279/ 345-45/ 16 (C) (CQC)/	-344,64	99,83	-61,34	-2,48	0,18	-0,22	0,67	-0,45
264/ 16-309/ 16 (C) (CQC)/	-41,75	104,20	-54,94	-1,53	1,25	-0,20	-0,49	1,39
265/ 321-21/ 15 (C) (CQC)/	-300,26	88,01	-50,84	-2,17	0,17	-0,18	-0,64	-0,04
258/ 344-44/ 18 (C) (CQC)/	-692,93	67,14	-48,15	-3,20	-1,41	-0,17	3,26	-6,39
279/ 345-45/ 18 (C) (CQC)/	-417,07	33,67	-47,68	-1,84	-0,94	-0,17	1,45	-2,85
282/ 639-75/ 15 (C) (CQC)/	-220,92	44,35	-47,22	-1,33	-0,15	-0,17	0,75	-0,96
271/ 70-483/ 16 (C) (CQC)/	-5,74	57,40	-45,92	-0,78	0,75	-0,16	-0,01	0,02
256/ 320-15/ 20 (C) (CQC)/	-672,47	52,81	-45,43	-2,95	-1,54	-0,16	-3,39	6,53
265/ 321-21/ 20 (C) (CQC)/	-400,10	29,59	-44,83	-1,73	-0,94	-0,16	-1,42	2,68
266/ 35-375/ 20 (C) (CQC)/	37,33	36,70	-42,50	-0,36	0,61	-0,15	0,10	1,07
271/ 70-483/ 15 (C) (CQC)/	-37,99	58,69	-39,17	-0,91	0,66	-0,14	0,17	-0,45
256/ 320-15/ 15 (C) (CQC)/	-503,92	190,67	-64,79	-4,22	0,86	-0,23	0,00	-1,39

Unité

59 26...

Filtrer les résultats, en effort et selon la coupe choisie

Besoin uniquement efforts dans le plan et selon coupe inférieure

2. Détermination des efforts du voile

On sélectionne uniquement les efforts dans le plan et pour la coupe inférieure du panneau

Filtre des résultats

8/ 34/		0,70	209,00	-74,45
5/ 5-3/		200,32	186,66	-73,99
6/ 35-375/		25,32	116,85	-68,18
5/ 321-21/	16 (C) (CQC)/	-402,82	92,29	-67,19
4/ 16-309/	15 (C) (CQC)/	36,43	102,88	-66,36
5/ 5-308/	16			-65,46
6/ 320-15/	15			-64,79
9/ 345-45/	16			-61,34
9/ 345-45/	18			-54,94
2/ 639-75/	15			-50,84
1/ 70-483/	18			-48,15
6/ 320-15/	20			-47,68
5/ 321-21/	20			-47,22
6/ 35-375/	20			-45,92
5/ 321-21/	20			-45,43
6/ 35-375/	20			-44,83
1/ 70-483/	15			-42,50
				-39,17
				-38,93
				-38,86
				-38,19
				-36,84
				-35,91
				-35,28
				-29,80
				-29,10
				-29,02
				-28,01

Double cliquer sur l'écran

Filtre spécial...

Choisir (en cochant) Filtre spécial

Résultats réduits pour les panne...

Résultats Coupes Matériaux Panneau

Efforts réduits dans le plan du panneau

- NRx
- TRy
- MRz

Contraintes réduites dans la surface moyenne

- normales sRo, sRe
- de cisaillement tR

Efforts réduits en dehors du plan du panneau

- TRz
- MRy
- tout
- rien

OK Annuler Aide

Résultats réduits pour les panne...

Résultats Coupes Matériaux Panneau

Coupes

Position de la coupe

Coupes verticales

Coupes horizontales

- tout
- rien

Informations sur la coupe

- longueur de la coupe

OK Annuler Aide

On veut sortir les résultats des efforts

2. Détermination des efforts du voile

On recherche les valeurs défavorables dues aux combinaisons ELU et Accidentelles

Combinaisons ELU et ELA

Recherche des valeurs défavorables

Double cliquer pour arranger les valeurs par ordre décroissant

1 :	G		
2 :	Q		
3 :	ELU		
4 :	ELS		
5 :	Modale		
9 :	$G+\psi Q$		
10 :	Ex		
12 :	Ey		
13 :	$G+\psi Q+Ex+0.3Ey$		
14 :	$G+\psi Q+Ex-0.3Ey$		
15 :	$G+\psi Q-Ex+0.3Ey$		
16 :	$G+\psi Q-Ex-0.3Ey$		
17 :	$G+\psi Q+0.3Ex+Ey$		
18 :	$G+\psi Q-0.3Ex+Ey$		
19 :	$G+\psi Q+0.3Ex-Ey$		
20 :	$G+\psi Q-0.3Ex-Ey$		
Cas simples			
Combinaisons			
3 10 12A20			
	-300,26	88,01	-50,84
	-692,93	67,14	-48,15

Panneau/Coupe/Cas/Mode	NRx [kN]	MRz [kNm]	TRy [kN]
258/ 344-44/ 10/ CQC	463,03	-208,91	81,25
258/ 344-44/ 14 (C) (CQC)	345,37	-208,81	88,05
258/ 344-44/ 13 (C) (CQC)	143,97	-206,79	73,94
259/ 34-374/ 13 (C) (CQC)	-754,28	-202,05	84,30
255/ 5-308/ 13 (C) (CQC)	-517,21	-190,89	65,00
256/ 320-15/ 14 (C) (CQC)	20,86	-189,66	60,58
256/ 320-15/ 10/ CQC	359,33	-188,86	69,43
255/ 5-308/ 10/ CQC	-358,77	-188,77	69,49
256/ 320-15/ 13 (C) (CQC)	214,73	-187,05	74,07
255/ 5-308/ 14 (C) (CQC)	-665,96	-180,74	73,52
279/ 345-45/ 14 (C) (CQC)	117,95	-118,23	81,71
279/ 345-45/ 13 (C) (CQC)	9,79	-113,54	64,91
279/ 345-45/ 10/ CQC	231,29	-109,03	71,52
266/ 35-375/ 10/ CQC	-232,95	-108,99	71,44
265/ 321-21/ 13 (C) (CQC)	49,38	-105,39	67,52
266/ 35-375/ 14 (C) (CQC)	-359,78	102,91	63,47
265/ 35-375/ 13 (C) (CQC)	440,59	101,13	74,70

On cherche alors le panneau le plus sollicité avec la combinaison correspondante

On veut situer le panneau le plus sollicité

2. Détermination des efforts du voile

Panneau le plus sollicité

Panneau/Coupe/Cas/Mode	NRx [kN]	MRz [kNm]	TRy [kN]
258/ 344-44/ 10/ CQC	463,03	-208,91	81,25
258/ 344-44/ 14 (C) (CQC)/	345,37	-208,81	88,05
258/ 344-44/ 13 (C) (CQC)/	143,97	-206,79	73,94
259/ 34-374/ 13 (C) (CQC)/	-754,28	-202,05	84,30
255/ 5-308/ 13 (C) (CQC)/	-517,21	-190,89	65,00
256/ 320-15/ 14 (C) (CQC)/	20,86	-189,66	60,58
256/ 320-15/ 10/ CQC	359,33	-188,86	69,43
255/ 5-308/ 10/ CQC	-358,77	-188,77	69,49
256/ 320-15/ 13 (C) (CQC)/	214,73	-187,05	74,07
255/ 5-308/ 14 (C) (CQC)/	-665,96	-180,74	73,52
279/ 345-45/ 14 (C) (CQC)/	117,95	-118,23	81,71
279/ 345-45/ 13 (C) (CQC)/	9,79	-113,54	64,91
279/ 345-45/ 10/ CQC	231,29	-109,03	71,52
266/ 35-375/ 10/ CQC	-232,95	-108,99	71,44
265/ 321-21/ 13 (C) (CQC)/	49,38	-105,39	67,52
266/ 35-375/ 14 (C) (CQC)/	-359,78	-102,91	63,47
266/ 35-375/ 13 (C) (CQC)/	440,59	-101,13	74,70

Valeurs Enveloppe Extrêmes globaux Info

Choisie Extrêmes globaux



Choisir le max des 02 moments

	NRx [kN]	MRz [kNm]	TRy [kN]
MAX	463,03	215,94	88,05
Panneau	259	258	258
Coupe	344-44	34-374	344-44
Cas	15 (C) (CQC)	14 (C) (CQC)	14 (C) (CQC)
Mode	CQC		
MIN	-782,09	-213,44	-88,56
Panneau	258	259	258
Coupe	344-44	34-374	344-44
Cas	15 (C) (CQC)	14 (C) (CQC)	15 (C) (CQC)
Mode			



Sélection du voile avec numéro 259

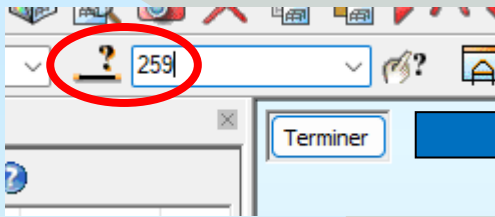
Choisir Panneau 259 et combinaison 15 (ELA)



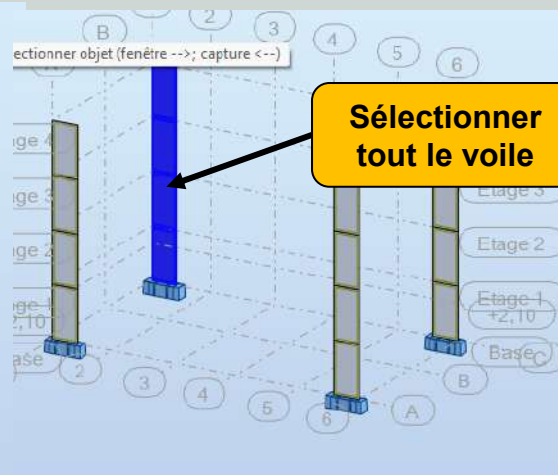
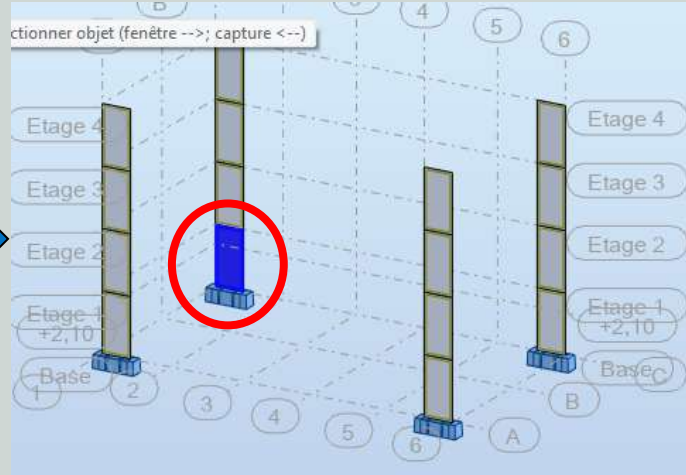
MRz = 215,94 KNm

2. Détermination des efforts du voile

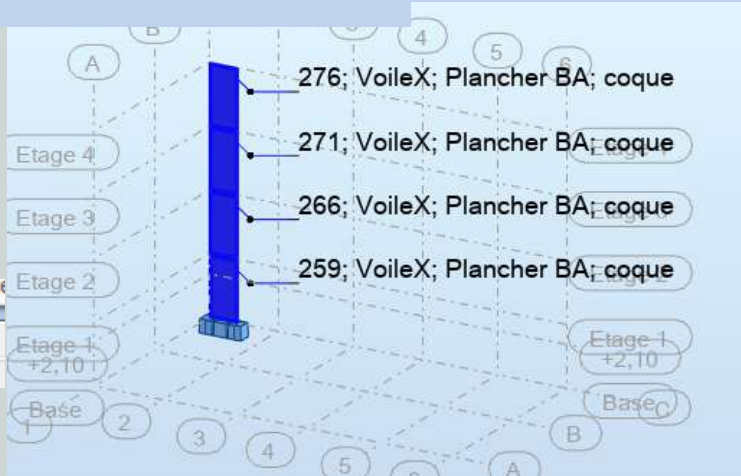
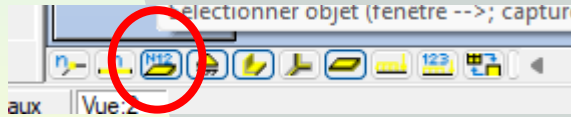
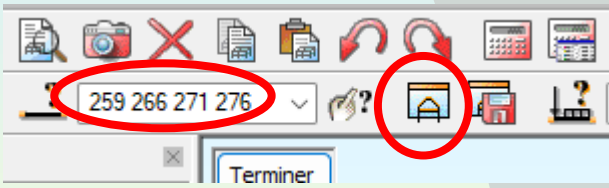
Sélectionner le voile le plus sollicité pour afficher les résultats



Choisir



Sélectionner tout le voile



- 276; VoileX; Plancher BA; coque
- 271; VoileX; Plancher BA; coque
- 266; VoileX; Plancher BA; coque
- 259; VoileX; Plancher BA; coque

On affiche les résultats réduits uniquement pour la sélection et la combinaison trouvée

Résultats réduits pour la sélection

2. Détermination des efforts du voile

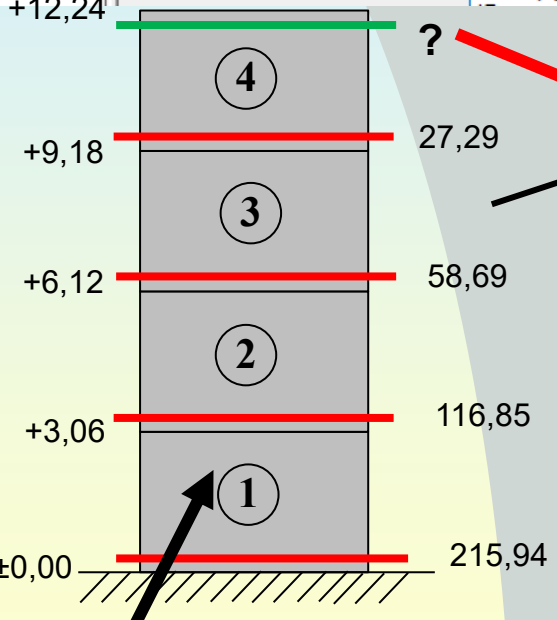
Résultats réduits pour la sélection

Éléments du voile sélectionné

Combinaison 15 la plus défavorable

Double cliquer pour arranger les valeurs par ordre décroissant

The screenshot shows a software interface with a list of elements and a list of combinations. The element list includes: 1: G, 2: Q, 3: ELU, 4: ELS, 5: Modale, 9: G+ψQ, 10: Ex, 12: Ey, 13: G+ψQ+Ex+0.3Ey, 14: G+ψQ+Ex-0.3Ey, 15: G+ψQ-Ex+0.3Ey, 16: G+ψQ-Ex-0.3Ey. The combination list includes: 276/ 114-543/ 15 (C), 271/ 70-483/ 15 (C), 266/ 35-375/ 15 (C), 259/ 34-374/ 15 (C). The combination 15: G+ψQ-Ex+0.3Ey is selected.



Manque le niveau supérieur +12,24 m

Copier vers EXCEL pour l'enveloppe des moments

On refait la même chose mais en choisissant la coupe supérieure

Reste niv +12,24 m

Niveau +12,24 m

2. Détermination des efforts du voile

Niveau +12,24 m

Section supérieure pour le niveau +12,24 m

Panneau/Coupe/Cas	NRx [kN]	MRz [kNm]	TRy [kN]
259/ 35-375/ 15 (C)	35,43	112,20	-66,07
266/ 70-483/ 15 (C)	-67,77	31,77	-44,09
271/ 114-543/ 15 (C)	-151,35	-35,46	-22,68
276/ 140-603/ 15 (C)	-44,86	-44,77	11,61

259 266 271 276

15 : G+ψQ-Ex+0.3Ey

Double cliquer sur l'écran

Choisir (en cochant) Filtre spécial

A screenshot of a software interface showing a context menu. The menu items include 'Couper', 'Copier', 'Collage spécial...', 'Tableaux...', 'Filtres...', 'Filtre spécial...', 'Colonnes...', 'Unités et formats...', and 'Ligne de commandes Robot'. The 'Filtre spécial...' option is highlighted with a blue background and circled in red. A blue arrow points from the top table towards this menu.

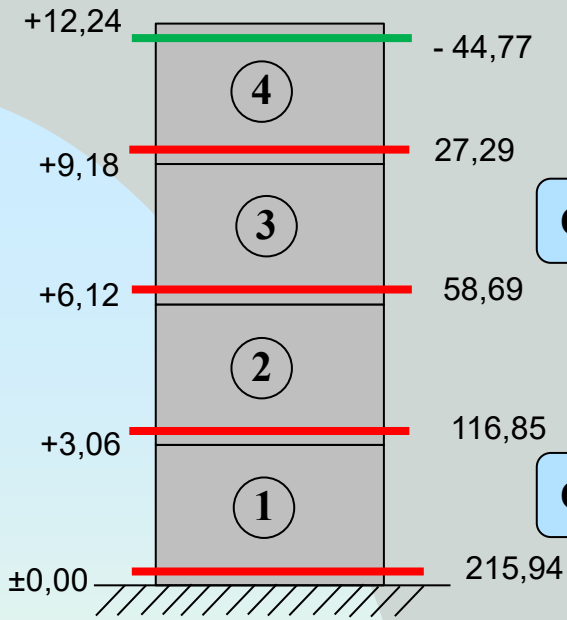
A screenshot of a software interface showing a dropdown menu. The menu items include 'Résultats', 'Coupes', 'Matériaux', 'Panneaux', 'Caractéristiques', 'Cas de charge', 'Filtres', and 'Extrêmes'. The 'Coupes' option is highlighted with a blue background and circled in red. A red arrow points from the top table towards this menu.

A screenshot of a software interface showing a dialog box titled 'Résultats réduits pour les panne...'. The dialog has tabs for 'Résultats', 'Coupes', 'Matériaux', and 'Panneau'. Under the 'Coupes' tab, there are checkboxes for 'Coupes verticales' (checked and circled in red), 'Coupes horizontales', and 'tout/rien'. There are also buttons for 'OK', 'Annuler', 'Aide', 'Filtres', 'Extrêmes', and 'Cas'.

Panneau/Coupe/Cas	NRx [kN]	MRz [kNm]	TRy [kN]
259/ 35-375/ 15 (C)	35,43	112,20	-66,07
266/ 70-483/ 15 (C)	-67,77	31,77	-44,09
271/ 114-543/ 15 (C)	-151,35	-35,46	-22,68
276/ 140-603/ 15 (C)	-44,86	-44,77	11,61

Valeurs finales par niveau

Valeurs à retenir pour niveau +12,24 m



Coupe inférieure

Coupe supérieure

259 266 271 276

15 : $G+\psi Q-Ex+0.3Ey$

Panneau/Coupe/Cas	NRx [kN]	MRz [kNm]	TRy [kN]
259/ 34-374/ 15 (C)	173,10	215,94	-78,08
266/ 35-375/ 15 (C)	25,32	116,85	-68,18
271/ 70-483/ 15 (C)	-37,99	58,69	-39,17
276/ 114-543/ 15 (C)	-92,61	27,29	-15,43

271 276

15 : $G+\psi Q-Ex+0.3Ey$

Panneau/Coupe/Cas	NRx [kN]	MRz [kNm]	TRy [kN]
259/ 35-375/ 15 (C)	35,43	112,20	-66,07
266/ 70-483/ 15 (C)	-67,77	31,77	-44,09
271/ 114-543/ 15 (C)	-151,35	-35,46	-22,68
276/ 140-603/ 15 (C)	-44,86	-44,77	11,61

ELA

Niveau	NRx (KN)	MRz (KN.m)
0,00	173,10	215,94
3,06	25,32	116,85
6,12	-37,99	58,69
9,18	-92,61	27,29
12,24	-44,86	-44,77

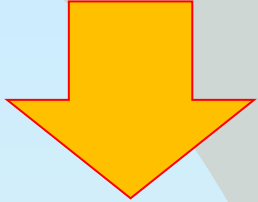
Avec ces moments vérifier si ça nécessite une diminution par enveloppes des moments

Effort tranchant ?

Même démarche pour l'effort tranchant ?



**Efforts tranchants
sur le voile**



**Voile le plus
sollicité (à rechercher de
nouveau pour le cas de
l'effort tranchant)**

**Distribution de
l'effort tranchant
le long du voile**

**Normalement un voile
suivant X et un voile
suivant Y**

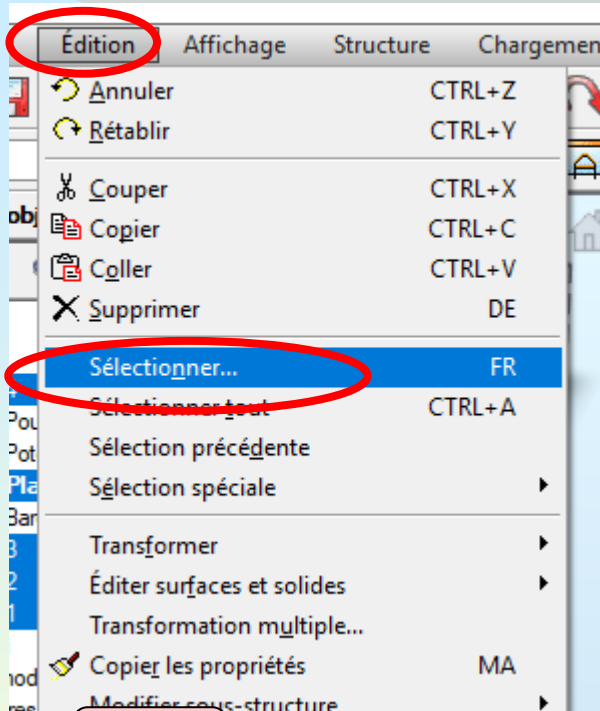
A vérifier

2. Détermination des efforts du voile

A partir de ROBOT?

Après calcul (ROBOT, on sélectionne les voiles suivant X et on tire les différentes sollicitations correspondantes (**Edition/Sélection spéciale/Panneaux**)

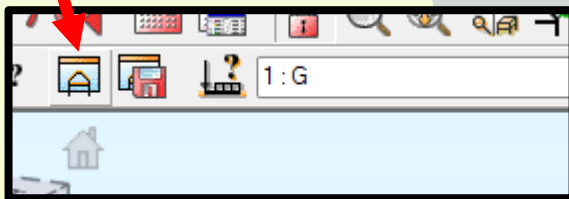
✓ Sélectionner des voiles suivant X



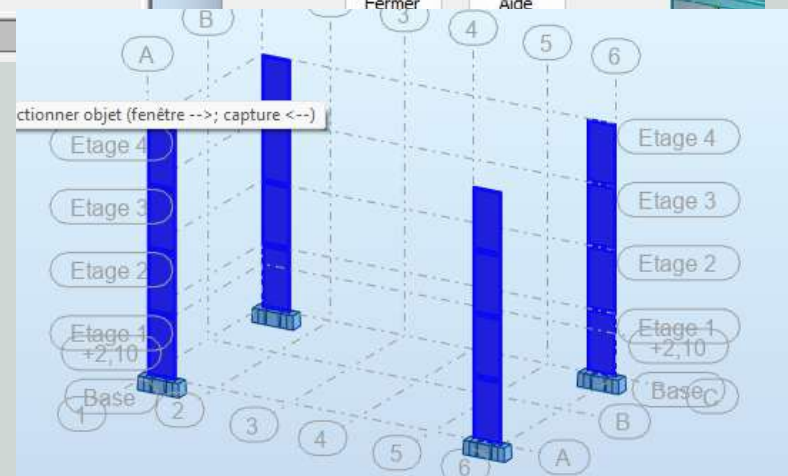
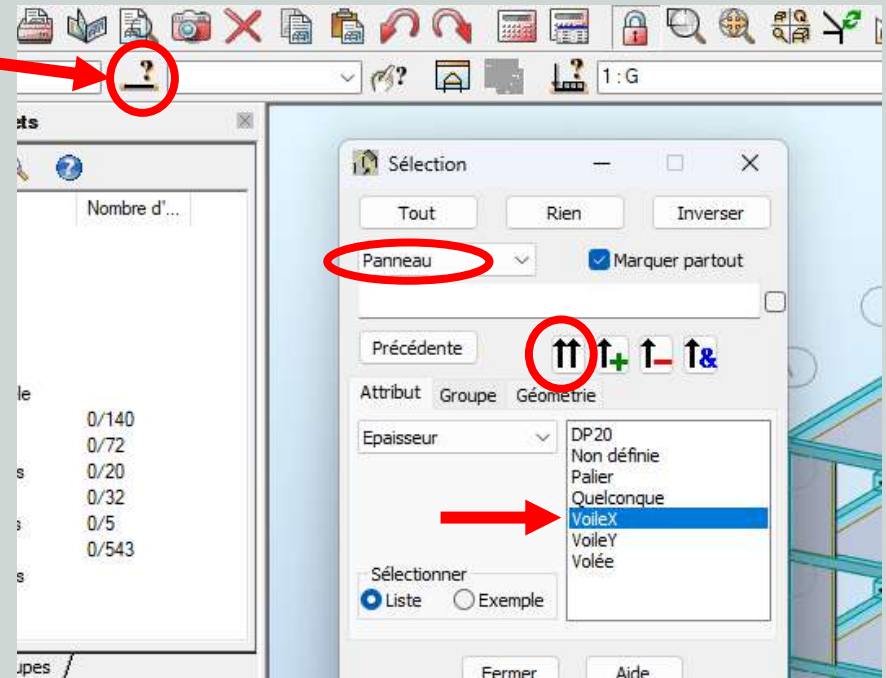
Ou bien directement

Choisir

Cliquer



On tire alors seules les sollicitations des voiles suivant X



2. Détermination des efforts du voile

On cherche le panneau le plus sollicité (en effort tranchant), et on l'utilise pour généraliser le ferrailage aux autres panneaux

Panneau le plus sollicité

Double cliquer sur l'écran principal

The image shows a software interface with a context menu and a dialog box. The context menu is open, showing various options. The 'Tableaux...' option is highlighted with a red circle. A blue arrow points from the text 'Double cliquer sur l'écran principal' to the 'Tableaux...' option. The dialog box, titled 'Tableaux de données et de résultats', is open, showing a list of options. The 'Résultats réduits' option is checked with a blue checkmark. A red circle highlights the 'Résultats réduits' option. A red arrow points from the text 'Choisir (en cochant) Résultats réduits' to the 'Résultats réduits' option. The dialog box also has a 'Mode d'ouverture du tableau' section with two radio buttons: 'tableau complet (sélection en surbrillance)' and 'tableau filtré suivant la sélection actuelle'. The second radio button is selected with a blue circle. The dialog box has 'OK', 'Annuler', and 'Aide' buttons at the bottom.

Choisir (en cochant) Résultats réduits

On veut sortir les résultats des efforts

2. Détermination des efforts du voile

Résultats obtenus

Résultats par défaut obtenus. Il faut filtrer ces résultats

255 256 258 259 26

3 10 12A20

Panneau/Coupe/Cas/Mode	NRx [kN]	MRz [kNm]	TRy [kN]	sRo [MPa]	sRe [MPa]	tR [MPa]	TRz [kN]	MRy [kNm]
266/ 35-375/ 16 (C) (CQC)/	106,12	115,07	-79,41	-1,18	1,89	-0,28	0,16	0,20
256/ 320-15/ 16 (C) (CQC)/	-697,80	188,06	-78,29	-4,83	0,18	-0,28	-1,49	2,12
279/ 345-45/ 15 (C) (CQC)/	-452,79	104,52	-78,14	-2,90	-0,12	-0,28	1,13	-1,67
259/ 34-374/ 15 (C) (CQC)/	173,10	215,94	-78,08	-2,30	3,46	-0,28	0,97	-1,34
258/ 344-44/ 16 (C) (CQC)/	-580,70	209,00	-74,45	-4,72	0,85	-0,27	0,15	0,89
255/ 5-308/ 15 (C) (CQC)/	200,32	186,66	-73,99	-1,82	3,16	-0,26	-0,49	-0,34
266/ 35-375/ 15 (C) (CQC)/	25,32	116,85	-68,18	-1,47	1,64	-0,24	0,40	-0,78
265/ 321-21/ 16 (C) (CQC)/	-402,82	92,29	-67,19	-2,57	-0,11	-0,24	-1,08	1,16
264/ 16-309/ 15 (C) (CQC)/	36,43	102,88	-66,36	-1,25	1,49	-0,24	-0,27	0,43
255/ 5-308/ 16 (C) (CQC)/	51,57	196,81	-65,46	-2,45	2,80	-0,23	-1,76	2,70
256/ 320-15/ 15 (C) (CQC)/	-503,92	190,67	-64,79	-4,22	0,86	-0,23	0,00	-1,39
279/ 345-45/ 16 (C) (CQC)/	-344,64	99,83	-61,34	-2,48	0,18	-0,22	0,67	-0,45
264/ 16-309/ 16 (C) (CQC)/	-41,75	104,20	-54,94	-1,53	1,25	-0,20	-0,49	1,39
265/ 321-21/ 15 (C) (CQC)/	-300,26	88,01	-50,84	-2,17	0,17	-0,18	-0,64	-0,04
258/ 344-44/ 18 (C) (CQC)/	-692,93	67,14	-48,15	-3,20	-1,41	-0,17	3,26	-6,39
279/ 345-45/ 18 (C) (CQC)/	-417,07	33,67	-47,68	-1,84	-0,94	-0,17	1,45	-2,85
282/ 639-75/ 15 (C) (CQC)/	-220,92	44,35	-47,22	-1,33	-0,15	-0,17	0,75	-0,96
271/ 70-483/ 16 (C) (CQC)/	-5,74	57,40	-45,92	-0,78	0,75	-0,16	-0,01	0,02
256/ 320-15/ 20 (C) (CQC)/	-672,47	52,81	-45,43	-2,95	-1,54	-0,16	-3,39	6,53
265/ 321-21/ 20 (C) (CQC)/	-400,10	29,59	-44,83	-1,73	-0,94	-0,16	-1,42	2,68
266/ 35-375/ 20 (C) (CQC)/	37,33	36,70	-42,50	-0,36	0,61	-0,15	0,10	1,07
271/ 70-483/ 15 (C) (CQC)/	-37,99	58,69	-39,17	-0,91	0,66	-0,14	0,17	-0,45
256/ 320-15/ 15 (C) (CQC)/	-503,92	190,67	-64,79	-4,22	0,86	-0,23	0,00	-1,39

Unité

59 26...

Filtrer les résultats, en effort et selon la coupe choisie

Besoin uniquement efforts dans le plan et selon coupe inférieure

2. Détermination des efforts du voile

On sélectionne uniquement les efforts dans le plan et pour la coupe inférieure du panneau

Filtre des résultats

Double cliquer sur l'écran

Choisir (en cochant) Filtre spécial

8/ 34/		0,70	209,00	-74,45
5/ 5-3/		200,32	186,66	-73,99
6/ 35-375/		25,32	116,85	-68,18
5/ 321-21/	16 (C) (CQC)/	-402,82	92,29	-67,19
4/ 16-309/	15 (C) (CQC)/	36,43	102,88	-66,36
5/ 5-308/	16			-65,46
6/ 320-15/	15			-64,79
9/ 345-45/	16			-61,34
9/ 345-45/	18			-54,94
2/ 639-75/	15			-50,84
1/ 70-483/	16			-48,15
6/ 320-15/	20			-47,68
5/ 321-21/	20			-47,22
6/ 35-375/	20			-45,92
5/ 321-21/	20			-45,43
6/ 35-375/	20			-44,83
1/ 70-483/	15			-42,50
2/ 639-75/	16			-39,17
9/ 58-459/	15			-38,93
5/ 5-308/	18			-38,86
18				-38,19
15				-36,84
18				-35,91
15				-35,28
18				-29,80
15				-29,10
16 (C) (CQC)/		-60,45	52,83	-29,02
12/ CQC		-180,26	7,82	-28,01

Résultats réduits pour les panneaux

Résultats Coupes Matériaux Panneaux

Efforts réduits dans le plan du panneau

NRx MRz

TRY

Contraintes réduites dans la surface moyenne

normales sRo, sRe

de cisaillement tR

Efforts réduits en dehors du plan du panneau

TRz MRy

tout rien

OK Annuler Aide Filtres Extrêmes Cas

Résultats réduits pour les panneaux

Résultats Coupes Matériaux Panneaux

Position de la coupe

Coupes verticales

Coupes horizontales

tout rien

Informations sur la coupe

longueur de la coupe

OK Annuler Aide Filtres Extrêmes Cas

On veut sortir les résultats des efforts

2. Détermination des efforts du voile

On recherche les valeurs défavorables dues aux combinaisons ELU et Accidentelles

Combinaisons ELU et ELA

Recherche des valeurs défavorables

Double cliquer pour arranger les valeurs par ordre décroissant

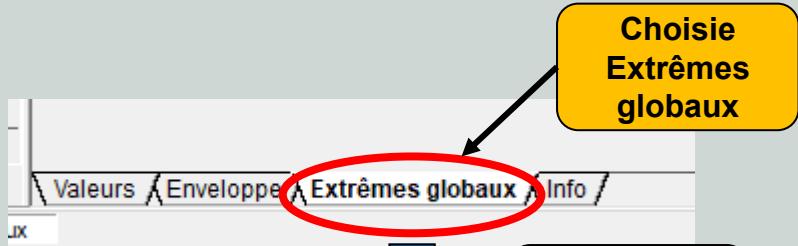
Panneau/Coupe/Cas/Mode	NRx [kN]	MRz [kNm]	TRy [kN]
258/ 344-44/ 15 (C) (CQC)/	-782,09	211,02	-88,56
259/ 34-374/ 16 (C) (CQC)/	323,64	204,55	-86,24
266/ 35-375/ 16 (C) (CQC)/	106,12	115,07	-79,41
256/ 320-15/ 16 (C) (CQC)/	-697,80	188,06	-78,29
279/ 345-45/ 15 (C) (CQC)/	-452,79	104,52	-78,14
259/ 34-374/ 15 (C) (CQC)/	173,10	215,94	-78,08
258/ 344-44/ 16 (C) (CQC)/	-580,70	209,00	-74,45
255/ 5-308/ 15 (C) (CQC)/	200,32	186,66	-73,99
266/ 35-375/ 15 (C) (CQC)/	25,32	116,85	-68,18
265/ 321-21/ 16 (C) (CQC)/	-402,82	92,29	-67,19
264/ 16-309/ 15 (C) (CQC)/	36,43	102,88	-66,36

On cherche alors le panneau le plus sollicité (en effort tranchant) avec la combinaison correspondante

On veut situer le panneau le plus sollicité

2. Détermination des efforts du voile

Panneau le plus sollicité



Choisir le max des 02 efforts

Panneau/Coupe/Cas/Mode	NRx [kN]	MRz [kNm]	TRy [kN]
258/ 344-44/ 15 (C) (CQC)/	-782,09	211,02	-88,56
259/ 34-374/ 16 (C) (CQC)/	323,64	204,55	-86,24
266/ 35-375/ 16 (C) (CQC)/	106,12	115,07	-79,41
256/ 320-15/ 16 (C) (CQC)/	-697,80	188,06	-78,29
279/ 345-45/ 15 (C) (CQC)/	-452,79	104,52	-78,14
259/ 34-374/ 15 (C) (CQC)/	173,10	215,94	-78,08
258/ 344-44/ 16 (C) (CQC)/	-580,70	209,00	-74,45
255/ 5-308/ 15 (C) (CQC)/	200,32	186,66	-73,99
266/ 35-375/ 15 (C) (CQC)/	25,32	116,85	-68,18
265/ 321-21/ 16 (C) (CQC)/	-402,82	92,29	-67,19
264/ 16-309/ 15 (C) (CQC)/	36,43	102,88	-66,36

	NRx [kN]	MRz [kNm]	TRy [kN]
MAX	463,03	215,94	88,05
Panneau	258	259	258
Coupe	344-44	34-374	344-44
Cas	10	15 (C) (CQC)	14 (C) (CQC)
Mode	CQC		
MIN	-782,09	-213,44	-88,56
Panneau	258	258	258
Coupe	344-44	34-374	344-44
Cas	15 (C) (CQC)	14 (C) (CQC)	15 (C) (CQC)
Mode			

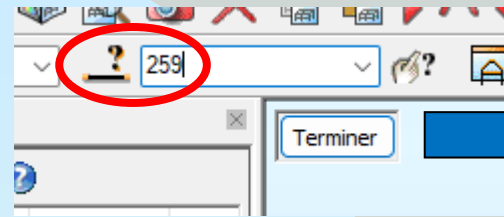
Sélection du voile avec numéro 258

Choisir Panneau 258 et combinaison 15

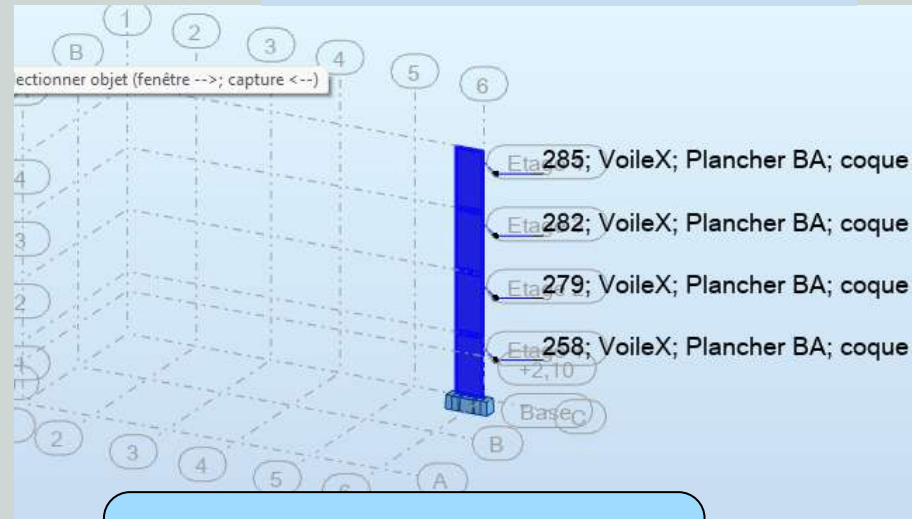
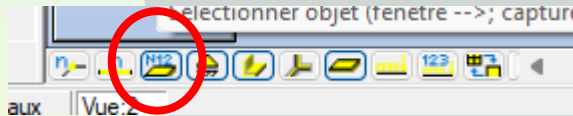
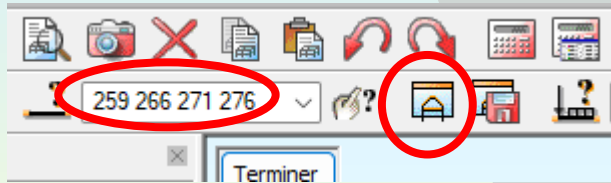
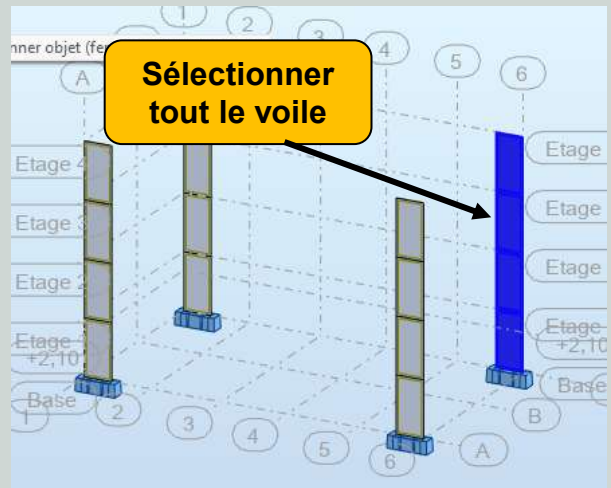
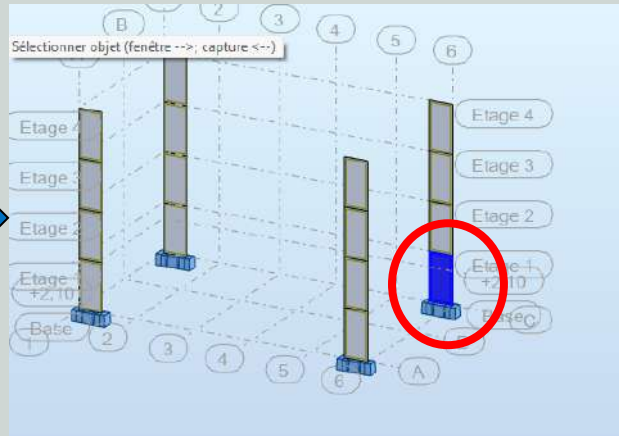
TRy = -88,56 KN

2. Détermination des efforts du voile

Sélectionner le voile le plus sollicité pour afficher les résultats



Choisir



On affiche les résultats réduits uniquement pour la sélection et la combinaison trouvée

Résultats réduits pour la sélection

2. Détermination des efforts du voile

Eléments du voile sélectionné

Combinaison 15 la plus défavorable

258 279 282 285

15 : $G+\psi Q-Ex+0.3Ey$

Panneau/Coupe/Cas	NRx
258/ 344-44/ 15 (C)	
279/ 345-45/ 15 (C)	
282/ 639-75/ 15 (C)	
285/ 675-119/ 15 (C)	

- 1 : G
- 2 : Q
- 3 : ELU
- 4 : ELS
- 5 : Modale
- 9 : $G+\psi Q$
- 10 : Ex
- 12 : Ey
- 13 : $G+\psi Q+Ex+0.3Ey$
- 14 : $G+\psi Q+Ex-0.3Ey$
- 15 : $G+\psi Q-Ex+0.3Ey$
- 16 : $G+\psi Q-Ex-0.3Ey$
- 17 : $G+\psi Q+0.3Ex+Ey$
- 18 : $G+\psi Q-0.3Ex+Ey$
- 19 : $G+\psi Q+0.3Ex-Ey$

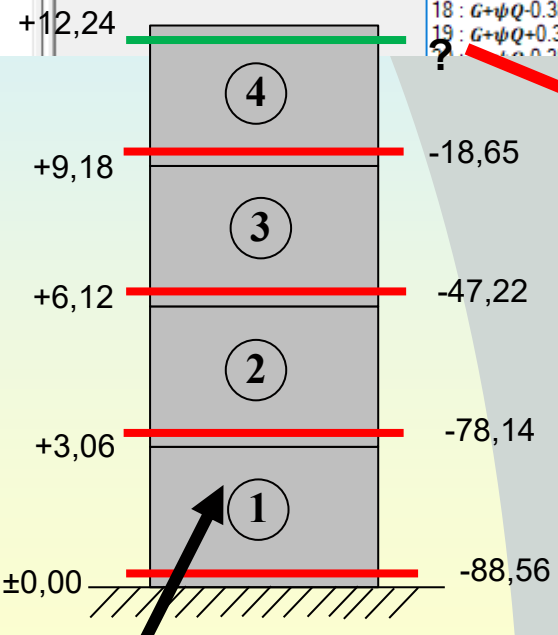
Résultats réduits pour la sélection

Double cliquer pour arranger les valeurs par ordre décroissant

279 282 285

15 : $G+\psi Q-Ex+0.3Ey$

Panneau/Coupe/Cas	NRx [kN]	MRz [kNm]	TRy [kN]
258/ 344-44/ 15 (C)	-782,09	211,02	-88,56
279/ 345-45/ 15 (C)	-452,79	104,52	-78,14
282/ 639-75/ 15 (C)	-220,92	44,35	-47,22
285/ 675-119/ 15 (C)	-20,31	10,45	-18,65



Manque le niveau supérieur +12,24 m

Copier vers EXCEL pour l'enveloppe des efforts tranchants

On refait la même chose mais en choisissant la coupe supérieure

Reste niv +12,24 m

Niveau +12,24 m

2. Détermination des efforts du voile

Niveau
+12,24 m

Section supérieure pour le niveau +12,24 m

Panneau/Coupe/Cas	NRx [kN]	MRz [kNm]	TRy [kN]
258/ 344-44/ 15 (C)	-782,09	211,02	
279/ 345-45/ 15 (C)	-452,79	104,52	
282/ 639-75/ 15 (C)	-220,92	44,31	
285/ 675-119/ 15 (C)	-20,31		

0,4 258 279 282 285 15 : G+ψQ-Ex+0.3Ey

Panneau/Coupe/Cas	NRx [kN]	MRz [kNm]	TRy [kN]
258/ 344-44/ 15 (C)	-782,09	211,02	-88,56
279/ 345-45/ 15 (C)	-452,79		
282/ 639-75/ 15 (C)	-220,92		
285/ 675-119/ 15 (C)	-20,31		

Double cliquer sur l'écran

Choisir (en cochant) **Filter spécial**

Collage spécial...

Tableaux...

Filtres...

Filter spécial...

Colonnes...

Unités et formats... UN

Ligne de commandes Robot

Capturer écran... CTRL+ALT+Q

Convertir au format Excel (CSV)...

Synchronisation de la sélection

Polices

Résultats réduits pour les panne...

Coupes Matériaux Panneaux Caracté

Position de la coupe

Coupes verticales

Coupes horizontales

tout rien

Informations sur la coupe

longueur de la coupe

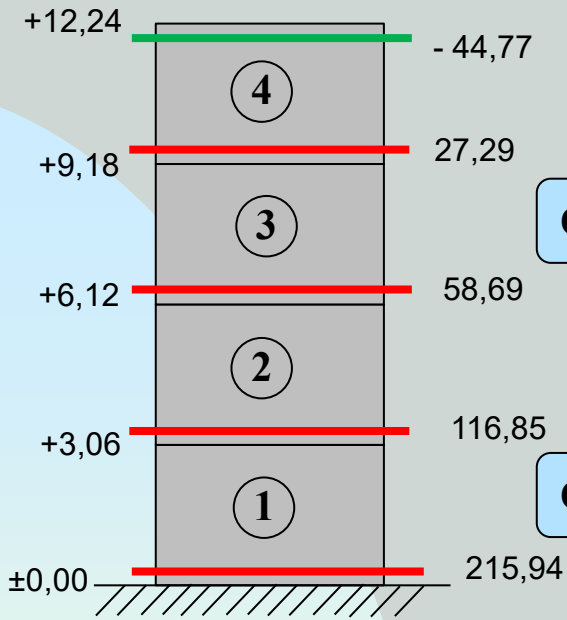
OK Annuler Aide Filtres Extrêmes Cas

Panneau/Coupe/Cas	NRx [kN]	MRz [kNm]	TRy [kN]
258/ 345-45/ 15 (C)	-554,42	121,32	-82,34
279/ 639-75/ 15 (C)	-282,36	46,94	-54,30
282/ 675-119/ 15 (C)	-53,55	-18,57	20,70
285/ 711-145/ 15 (C)	1,75	-15,84	11,78

Valeurs finales par niveau

Valeurs à retenir pour niveau +12,24 m

Après calcul (ROBOT, on sélectionne la dalle pleine et on tire les différentes sollicitations correspondantes (Mxmin, Mxmax, Mymin et Mymax) (Résultats/cartographie panneaux)



279 282 285 15 : G+ψQ-Ex+0.3Ey

Panneau/Coupe/Cas	NRx [kN]	MRz [kNm]	TRy [kN]
258/ 344-44/ 15 (C)	-782,09	211,02	-88,56
279/ 345-45/ 15 (C)	-452,79	104,52	-78,14
282/ 639-75/ 15 (C)	-220,92	44,35	-47,22
285/ 675-119/ 15 (C)	-20,31	10,45	-18,65

279 282 285 15 : G+ψQ-Ex+0.3Ey

Panneau/Coupe/Cas	NRx [kN]	MRz [kNm]	TRy [kN]
258/ 345-45/ 15 (C)	-554,42	121,32	-82,34
279/ 639-75/ 15 (C)	-282,36	46,94	-54,30
282/ 675-119/ 15 (C)	-53,55	-18,57	-29,70
285/ 711-145/ 15 (C)	1,75	-15,84	11,78

ELA

Niveau	TRy (KN)
--------	----------

0,00	-88,56
3,06	-78,14
6,12	-47,22
9,18	-18,65
12,24	11,78

Avec ces efforts tranchants vérifier si ça nécessite une diminution par enveloppes des moments

Récapitulatif

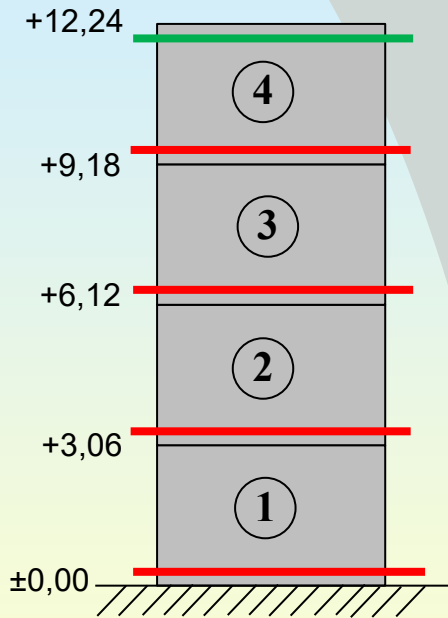
Résultats finaux

2. Détermination des efforts du voile

Récapitulatif des efforts internes pour le ferrailage

Récapitulatif

ELA

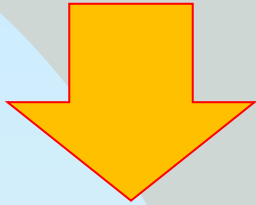


Niveau	NRx (KN)	MRz (KN.m)	TRy (KN)
0,00	173,10	215,94	-88,56
3,06	25,32	116,85	-78,14
6,12	-37,99	58,69	-47,22
9,18	-92,61	27,29	-18,65
12,24	-44,86	-44,77	11,78

Ce sont les résultats finaux du voile choisi

Moments enveloppes ou efforts tranchants enveloppes

Aller vers EXCEL pour l'enveloppe de calcul des moments et effort tranchant



Enveloppe de calcul des efforts (Tranchants et moments)

Vérifier voile élancé ou non

Il faut →

Vérifier l'élancement

2024

Différence dans la prise en compte des valeurs des moments fléchissants selon les voiles élancés ou courts (modifiés en cas élancé, $h_w/l_w > 2.0$)

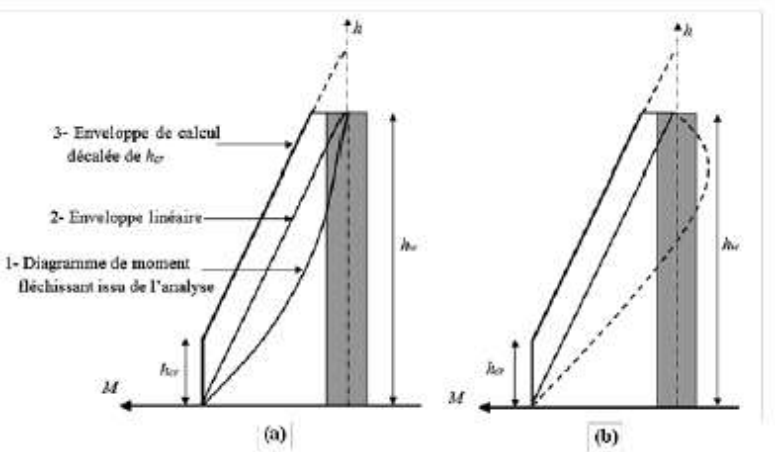


Figure 7.13: Enveloppe de calcul pour les moments fléchissant

Elancés

- 02 étapes:**
1. Enveloppe linéaire (moment max à la base avec celui du sommet).
 2. Décaler l'enveloppe linéaire verticalement par(h_{cr})

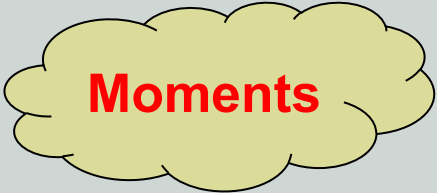
$$h_{cr} = \max(l_w, \frac{h_w}{6}) \quad \text{et} \quad h_{cr} \leq \begin{cases} 2.l_w \\ h_e: \text{ pour } n \leq 6 \text{ niveaux} \\ 2.h_e: \text{ pour } n > 6 \text{ niveaux} \end{cases}$$

$h_w/l_w = 12,25/1,25 = 9,80 > 2,0$ Voile élancé

$$h_{cr} = \max(l_w, h_w/6) = \max(1,5, 12,24/6) = 2,04 \text{ m}$$

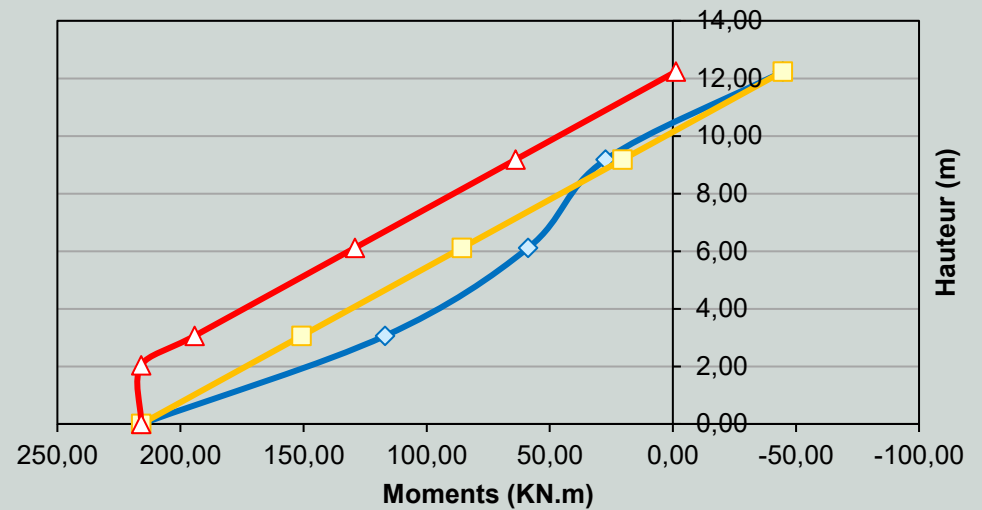
$$h_{cr} \leq (2l_w, h_e) = \leq (2 \times 1,5, 2,66) \leq 2,66$$

→ **Vers EXCEL**



Moments Vs hauteur

—◇— Moments d'analyse —□— Enveloppe lineaire —△— Enveloppe decalée



hauteur(m)	Moments avant (KN.m)	Moments translates (KN.m)
0,00	215,94	215,94
2,04	/	215,94
3,06	116,85	194,21
6,12	58,69	129,04
9,18	27,29	63,86
12,24	-44,77	-1,32

Rem : Pour le ferrailage, et pour question pratique (sur chantier), il vaut mieux aller au niveau de l'étage (+3,06 m) et ne pas s'arrêter à Hcr (2,04 m).



Efforts tranchants

Il faut

Voile élancé

2024

Enveloppe de calcul modifié effort tranchant

Systemes de contreventement mixte avec voiles élancés

03 étapes:

1. Amplifier le diagramme initial de 40%
2. Maintenir la courbe amplifiée de la base du voile jusqu'à une hauteur ($h_w/3$)
3. Enveloppe linéaire entre ($h_w/3$) et le sommet du voile.

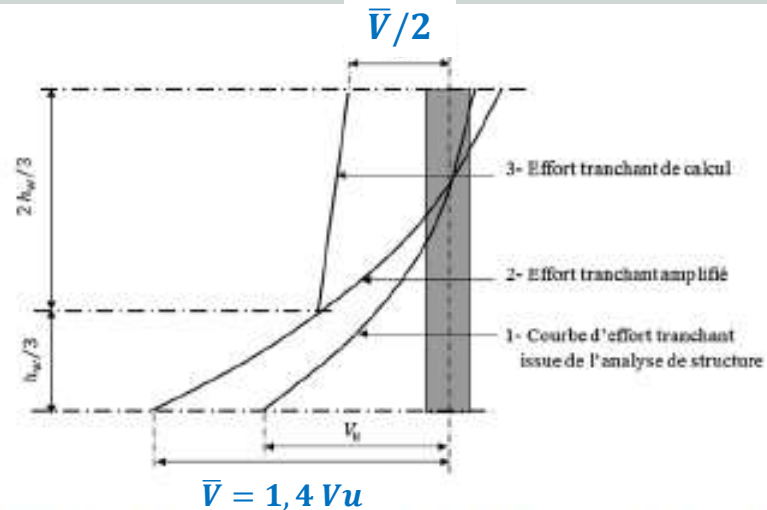


Figure 7.15: Enveloppe de calcul pour les efforts tranchants dans les voiles élancés des systèmes à contreventement mixte

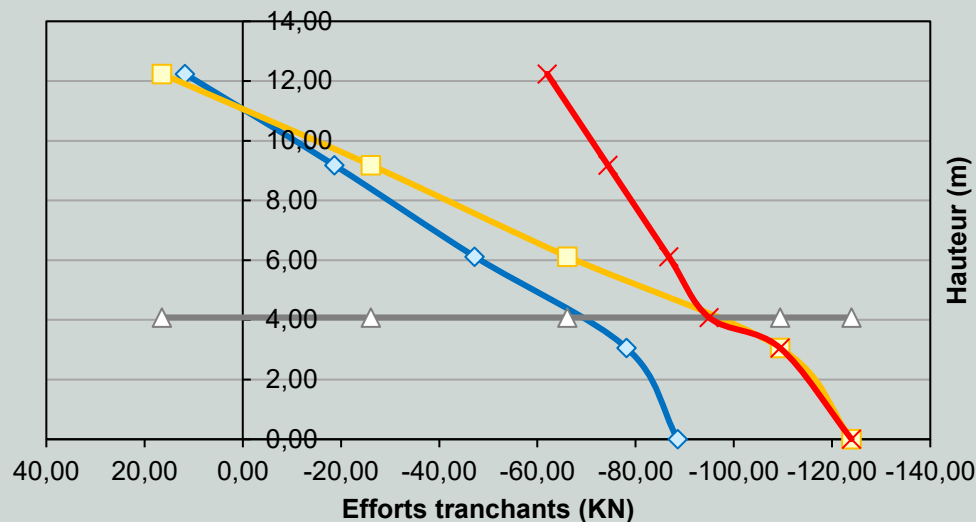
Vers EXCEL

EXCEL

Nouvelle hauteur (m)	Efforts tranchants avant (KN)	Efforts tranchants finaux (KN)
0,00	-88,56	-123,98
3,06	-78,14	-109,40
4,08	/	-94,97
6,12	-47,22	-86,72
9,18	-18,65	-74,36
12,24	11,78	-61,99

Efforts tranchants Vs hauteur

◆ Efforts d'analyse ■ Efforts amplifiés
▲ Droite horizontale $hw/3$ × Efforts finaux



FERRAILLAGE

Merci. Fin du Chapitre 12A

www.abdellatif-megnounif.com/?action=cours



Dynamique des structures

Abdellatif MEGNOUNIF

Prochain Cours

Chap. 12B

Ferrailage du Mur Voile

Part 2 : Détermination des armatures du voile