



Manuel de l'utilisateur

Version 19

**Calcul des bâtiments
contreventés par des murs
en béton ou en maçonnerie**

**Descente de charges,
Vent, Séisme, Ferrailage**

Selon les Eurocodes

Avril 2023

Michel Hénin

Ingénieur E.N.P.C.

Docteur-Ingénieur

Version 19

Avril 2023

ÉPICENTRE

Manuel de l'utilisateur

Calcul des bâtiments contreventés par des murs en béton ou en maçonnerie

Descente de charges,
Vent, Séisme, Ferrailage

Selon les Eurocodes

Compte tenu de la complexité, de la technicité et de la multiplicité des algorithmes mis en œuvre par le logiciel, l'auteur ne peut garantir que celui-ci est exempt d'erreurs. Il n'est pas non plus exclu que le projet calculé puisse comporter lui-même des erreurs de modélisation ou de saisie.

Après chaque calcul, il appartient donc à l'utilisateur de contrôler soigneusement l'ordre de grandeur et la cohérence des résultats obtenus. En cas d'anomalie ou de suspicion d'anomalie, il est demandé à l'utilisateur de vérifier son modèle puis, si celui-ci lui paraît correct, de signaler sans tarder l'anomalie à l'auteur du logiciel.

SOMMAIRE

1. BIENVENUE !	1
1.1. Organisation de la documentation d'Épicentre	1
1.2. Organisation du présent Manuel de l'utilisateur	2
1.3. Si vous n'avez jamais utilisé Épicentre	3
1.4. Utilisez les ressources du site Internet	3
1.5. Téléchargement sur Internet des mises à jour intermédiaires	4
1.6. Support technique	4
1.7. Vos suggestions sont les bienvenues.....	4
2. NOUVEAUTÉS DE LA VERSION 19 D'ÉPICENTRE	5
2.1. Améliorations apportées par la version 19 d'Épicentre.....	5
2.2. Compatibilité avec la version précédente	9
3. PRÉSENTATION GÉNÉRALE DU LOGICIEL	11
3.1. Objet du programme.....	11
3.2. Domaine d'utilisation	11
3.3. Modules de calcul.....	13
3.4. Saisie des données	16
3.5. Résultats produits.....	17
3.6. Extensions par défaut des fichiers de travail	19
3.7. Taille maximum des projets et temps de calcul	19
4. SAISIE D'UN PROJET : OPÉRATIONS PRÉPARATOIRES	21
4.1. Analyse du bâtiment et préparation de la modélisation	21
4.2. Description des murs en sections monolithes ou en panneaux séparés ?	21
4.3. Simplification de la structure.....	22
4.4. Choix du repère utilisateur.....	22
4.5. Préparation des fichiers DXF supports de saisie	23
4.6. Translation éventuelle des fichiers DXF au moment de l'import.....	23
4.7. Préparation de la descente de charges	23

4.8. Description du chargement appliqué	23
5. LE MENU DESCRIPTION DU PROJET	25
5.1. Ce qu'il faut savoir avant de saisir votre premier projet !	25
5.2. Fiche de synthèse du projet en cours	27
5.3. Récupération du projet en cas d'arrêt intempestif du programme	28
5.4. Import d'un bâtiment complet à partir d'Arche Ossature	28
5.5. Titres et commentaires	28
5.6. Options générales	29
5.7. Prise en compte de l'évolution de la réglementation	30
5.8. Niveaux d'étages	31
5.9. Types de béton et de maçonnerie	32
5.10. Éléments porteurs verticaux et linteaux	35
5.11. Options pour le calcul des caractéristiques mécaniques des murs	35
5.12. Fondations élastiques	37
5.13. Paramètres pour la description détaillée des planchers	39
5.14. Description détaillée des planchers	40
5.15. Titres des chargements statiques	40
5.16. Chargement statique n°... ..	40
5.17. Sous-menu Charges horizontales concentrées	41
5.18. Sous-menu Densités de charges horizontales	42
5.19. Caractéristiques massiques des étages	44
5.20. Paramètres de l'analyse modale	45
5.21. Paramètres du calcul sismique	46
5.22. Paramètres de la descente de charges	47
5.23. Paramètres pour le ferrailage des murs en béton	47
5.24. Paramètres pour le ferrailage des murs en maçonnerie	48
5.25. Paramètres pour la vérification des pieux	49
5.26. Paramètres pour la vérification des poteaux	51
6. LE MENU OPTIONS DE LA NOTE DE CALCUL	53
6.1. À quoi sert le menu Options de la note de calcul ?	53
6.2. Limitation des sauts de page	53
6.3. Suppression de résultats intermédiaires	53

6.4. Filtre sur les étages	54
6.5. Filtre sur les murs	54
6.6. Déplacements en des points et des directions spécifiques	54
7. LE MENU DESSINS DU BÂTIMENT	55
7.1. Le menu Dessins du bâtiment : présentation générale.....	55
7.2. Le module graphique « Plans des étages »	55
7.3. Le module graphique « Caractéristiques mécaniques des murs »	56
7.4. Le module graphique « Vues 3D du bâtiment »	57
8. LE MENU TRAITEMENTS	59
8.1. Le menu Traitements : présentation générale	59
8.2. Calcul de descente de charges	60
8.3. Calcul statique ou sismique selon les Eurocodes.....	60
8.4. L'outil d'export de résultats au format Excel	61
8.5. L'outil d'impression automatique des modules graphiques	61
9. LE MENU CHARGES GRAVITAIRES	63
9.1. Le menu Charges gravitaires : présentation générale	63
9.2. Les étapes d'un calcul de descente de charges	64
9.3. Le module « Contribution des étages »	64
9.4. Le module « Diagrammes des charges dans les porteurs verticaux »	65
9.5. Le module « Diagrammes des contraintes dans les porteurs verticaux ».....	67
9.6. Le module « Torseurs des charges par plans de contreventement »	67
10. LE MENU MODES PROPRES	69
10.1. Le menu Modes propres : présentation générale	69
10.2. Le module « Représentation 3D dynamique des modes propres »	69
11. LE MENU RÉSULTATS DU CALCUL STATIQUE / CALCUL SISMIQUE	71
11.1. Présentation du menu Résultats du calcul statique / calcul sismique.....	71
11.2. Les modules graphiques du menu en cas de calcul statique	72
11.3. Les modules graphiques du menu en cas de calcul sismique	74
12. LE MENU VÉRIFICATION DES ÉLÉMENTS STRUCTURAUX	77
13. LES MODULES GRAPHIQUES DE VÉRIFICATION DES MURS	79

13.1. Les modules graphiques de vérification des murs : généralités	79
13.2. Ferrailage des murs en béton : résumé des aspects théoriques	80
13.3. Vérification de la flexion composée des murs en béton	81
13.4. Le coefficient ϕ global, trait d'union entre la vérification de la flexion composée et celle des zones comprimées.....	85
13.5. Vérification des zones de béton comprimé	87
13.6. Armatures d'effort tranchant des murs en béton	90
13.7. Armatures de couture des murs en béton	92
13.8. Vérification des murs en maçonnerie : résumé des aspects théoriques	93
13.9. Vérification des chaînages verticaux des murs de maçonnerie.....	93
13.10. Vérification des zones de maçonnerie comprimée	94
13.11. Vérification au cisaillement des murs de maçonnerie	96
14. LES MODULES GRAPHIQUES DE VÉRIFICATION DES PIEUX	99
14.1. Les modules graphiques de vérification des pieux : généralités	99
14.2. Rappels sur les trois options facultatives lors de la saisie des pieux	99
14.3. Le module de vérification des efforts verticaux dans les pieux	100
14.4. Le module de consultation des efforts horizontaux dans les pieux	102
14.5. Méthode de calcul des efforts horizontaux dans les pieux	104
15. LE MODULE GRAPHIQUE DE VÉRIFICATION DES POTEAUX	105
15.1. Le module graphique de vérification des poteaux : généralités	105
15.2. Post-traitement avec l'outil Épipot de XLBTP.....	106
15.3. Post-traitement de vérification simplifiée des poteaux	112
16. LE MENU NOTES DE CALCUL	115
16.1. Le menu Notes de calcul : présentation générale	115
16.2. L'environnement de travail « Notes de calcul »	115
16.3. Les menus de l'environnement « Notes de calcul »	116
16.4 Compréhension et interprétation des notes de calcul	118
16.5. Les deux grandes parties d'une note de calcul	119
16.6. Caractéristiques mécaniques des murs	119
16.7. Sections interfaces des murs	119
16.8. Tableaux de résultats : calcul statique	120
16.9. Tableaux de résultats : analyse modale	123
16.10. Tableaux de résultats : calcul sismique dynamique	124

16.11. Difficulté pratique d'exploitation des combinaisons de Newmark	124
16.12. Anomalies détectées en cours de calcul	125
ANNEXE 1 : MODULE DE SAISIE DES PORTEURS VERTICAUX ET DES LINTEAUX	127
A1.1. Objectifs du module	127
A1.2. Modélisation des divers éléments de structure par Épicentre	128
A1.3. Environnement de travail du module.....	128
A1.4. Principes de base pour le fonctionnement du module.....	130
A1.5. Gestion des grilles et des axes	131
A1.6. Importation et affichage de fichiers DXF	133
A1.7. Accès aux commandes de saisie des murs	134
A1.8. Mode de saisie des sections de murs et mode de numérotation des murs	135
A1.9. Saisie manuelle des extrémités de murs à partir des plans du projet	136
A1.10. Saisie des murs à partir des contours DXF des panneaux de murs.....	138
A1.11. Saisie des murs à partir des axes DXF des panneaux de murs.....	140
A1.12. Modification des sections de mur	142
A1.13. Affecter des coefficients de minoration des inerties	142
A1.14. Recopier les sections de mur vers d'autres étages.....	144
A1.15. Utiliser l'outil de renumérotation automatique des murs.....	144
A1.16. Translater le bâtiment pour le rapprocher de l'origine du repère OXZ	144
A1.17. Saisie, modification, suppression des linteaux	145
A1.18. Recopier les linteaux d'un niveau vers d'autres niveaux	146
A1.19. Saisie, modification, suppression des poteaux	146
A1.20. Saisie, modification, suppression des pieux.....	148
A1.21. Préservation des connexions des linteaux et poteaux avec les murs	149
A1.22. Annuler / Rétablir les actions antérieures.....	149
A1.23. Traitement des anomalies par Épicentre.....	149
A1.24. Import de l'étage à partir d'un logiciel tiers	150
A1.25. Légende graphique du module.....	151
ANNEXE 2 : MODULE DE DESCRIPTION DES PLANCHERS	153
A2.1. Objectifs du module de description des planchers.....	153
A2.2. Hypothèses de base pour la description des planchers	153
A2.3. Appel du module de description des planchers.....	154

A2.4. Environnement de travail du module	155
A2.5. Les étapes de la description d'un plancher.....	157
A2.6. Saisie du contour du plancher	157
A2.7. Découpage automatique du plancher par Épicentre.....	159
A2.8. Seuils et valeurs par défaut utilisés pour le découpage.....	160
A2.9. Saisie des limites de dalles imposées	161
A2.10. Choix du sens porteur des dalles.....	162
A2.11. Désignation des trémies	163
A2.12. Affectation de la nature et de l'épaisseur des dalles.....	163
A2.13. Affectation des charges aux dalles et bords de dalles	164
A2.14. Mise en place du réseau de poutres associées au plancher	165
A2.15. Majoration de certaines réactions d'appui	167
A2.16. Appuis des poutres, poteaux et murs en porte-à-faux sur les murs.....	169
A2.17. Description des murs portés et des murs suspendus	170
A2.18. Validation des planchers avec des murs ou des poteaux sans supports.....	176
A2.19. Murs portés ou suspendus : cas particuliers.....	176
A2.20. Murs portés ou suspendus et calcul de contreventement.....	177
A2.21. Régénérer tous les planchers du projet (Maj + Ctrl + G)	177
A2.22. Duplication d'un plancher vers d'autres planchers.....	177
A2.23. Enregistrement des planchers, changement de niveau d'étage	178
A2.24. Légende graphique du module « description détaillée des planchers »	179
 ANNEXE 3 : IMPORT D'UN BÂTIMENT À PARTIR D'ARCHE OSSATURE	 181
A3.1. Import d'un bâtiment complet modélisé avec le logiciel Arche Ossature de la société Graitec.....	181
A3.2. Import d'un étage d'un bâtiment modélisé avec le logiciel Arche Ossature de la société Graitec	186
 ANNEXE 4 : DOUBLE CALCUL SISMIQUE AUTOMATIQUE	 189
A4.1. Vérification de la limite des 15% pour la raideur latérale des éléments secondaires.....	189
A4.2. Double calcul sismique automatique	193

1. BIENVENUE !

1.1. Organisation de la documentation d'Épicentre

La documentation d'Épicentre vous est proposée sous trois formes complémentaires présentées ci-dessous.

1.1.1. La documentation de base d'Épicentre

Il s'agit de documents destinés à être lus, au moins partiellement, pour avoir une vue d'ensemble du logiciel, pour comprendre comment il fonctionne et pour l'utiliser efficacement

La documentation de base d'Épicentre est organisée en cinq documents complémentaires :

10 bonnes raisons d'utiliser Épicentre

Le document met l'accent sur les spécificités du logiciel, notamment les fonctionnalités qu'il est le seul logiciel du marché à proposer.

Guide d'installation

Il vous indique comment installer et mettre à jour Épicentre.

Visite guidée du logiciel

Elle vous donne une vue d'ensemble d'Épicentre, grâce à une fiche descriptive détaillée et à un parcours illustré des modules du logiciel, à partir d'un modèle simple.

Manuel de l'utilisateur

Il rassemble toutes les explications et informations pratiques qui vont vous permettre de saisir vos projets, de lancer les traitements et d'en exploiter les résultats.

Compléments techniques

Ce document rassemble des informations à caractère plus théorique sur les méthodes de calcul mises en œuvre par Épicentre : méthode de l'analyse modale spectrale, vérification et ferrailage des murs, etc.

1.1.2. L'aide en ligne

Le logiciel est organisé de manière claire et vous offre une navigation fluide et intuitive.

L'aide en ligne vous accompagne constamment pour vous aider ponctuellement, là où vous en avez besoin et au moment où vous en avez besoin.

L'intégralité des fonctionnalités du logiciel vous sont proposées dans des menus déroulants ou par des boutons identifiés par des textes en clair (pas de ribambelles de boutons graphiques aux fonctions mystérieuses !).

Les modules de saisie graphique actionnent de nombreux assistants de saisie qui vous guident étape par étape.

Toutes les feuilles de saisie et boîtes de dialogue sont équipées de commentaires et d'explications qui vous précisent la nature des informations attendues.

Les clauses des Eurocodes directement concernées par la saisie en cours sont systématiquement précisées afin que vous puissiez vous y reporter si vous le souhaitez.

Lorsque c'est utile, des boutons « Aide... » ou « Pour en savoir plus... » vous permettent d'afficher une feuille explicative spécifique.

Le logiciel vous informe des saisies incomplètes ou invalides et vous donne les informations utiles pour interpréter les résultats non conformes.

1.1.3. Les documents pédagogiques (notes techniques de la série « Théorie et pratique »)

L'objet des notes techniques de la série « Théorie et pratique » est de donner les notions de base indispensables aux utilisateurs d'Épicentre qui abordent pour la première fois le calcul des bâtiments contreventés par des murs et le calcul sismique dynamique.

Ces notes peuvent être téléchargées à partir du site Internet du logiciel à l'adresse suivante : <https://www.logiciel-epicentre.com/doc/infos-doc.htm>.

Plusieurs titres sont disponibles, parmi lesquels :

- Contreventement des bâtiments : notions de base sur les systèmes de contreventement constitués de murs reliés par des linteaux
- Calculs sismiques dynamiques avec Épicentre : notions de base sur le calcul sismique dynamique des bâtiments avec la méthode de l'analyse modale spectrale
- Ferrailage des murs en béton par ÉPICENTRE : présentation des modules de ferrailage d'ÉPICENTRE (méthodes de calcul et présentation des résultats)

1.2. Organisation du présent Manuel de l'utilisateur

Le plan du Manuel utilisateur est simple et logique :

Le chapitre 1 (Bienvenue !) présente les ressources mises à votre service par Épicentre (documentation, support technique, site Internet) et donne des conseils pour une première utilisation du logiciel.

Le chapitre 2 (Nouveautés de la version 19) décrit les principales améliorations apportées par la version 19.

Le chapitre 3 (Présentation générale du logiciel) donne une vue d'ensemble du logiciel : objet du programme, domaine d'utilisation, modules de calculs, saisie des données, résultats produits.

Le chapitre 4 (Saisie d'un projet : opérations préparatoires) vous conseille pour la préparation de la saisie de votre premier projet.

Les chapitres 5 à 14 vous guide pour l'utilisation du menu général d'Épicentre, présent en haut de l'écran dans tous les environnements de travail du logiciel.

La partie gauche de ce menu vous permet de saisir les projets et de vérifier votre saisie (dessins du bâtiment) :

Projets Description du projet Options de la note de calcul Dessins du bâtiment

La partie droite du menu vous permet de lancer les traitements et d'exploiter les résultats :

Traitements Charges gravitaires Modes propres Résultats du calcul sismique Vérification des éléments structuraux Notes de calcul

L'ordre de présentation des options du menu général d'Épicentre correspond, de gauche à droite, à la chronologie de la réalisation d'un projet (saisie, traitements, exploitation).

Les annexes 1 et 2 (module de saisie des porteurs verticaux et module de saisie des planchers) sont essentielles car elles expliquent en détail comment saisir les porteurs verticaux et les planchers.

L'annexe 3 (Import d'un bâtiment à partir d'Arche Ossature) présente les outils permettant d'importer des modèles Arche Ossature dans Épicentre.

L'annexe 4 (double calcul sismique) présente l'outil de vérification de la part de raideur latérale des éléments secondaires et la fonctionnalité de double calcul sismique automatique.

1.3. Si vous n'avez jamais utilisé Épicentre

Épicentre est facile et agréable à utiliser, une fois qu'on a assimilé ses principes.

Pour avoir une vue d'ensemble du logiciel, **lisez la visite guidée du chapitre 3 de la Présentation d'Épicentre** (« premiers essais, découverte du logiciel ») et lancez les traitements sur les exemples du dossier d'installation : vous aurez ainsi rapidement une bonne idée de la manière dont le logiciel fonctionne.

Ensuite, lisez avec attention les sections suivantes du Manuel de l'utilisateur avant d'entamer la mise en données de votre premier bâtiment :

- chapitre 3 (Présentation générale) : il vous donnera une vue d'ensemble du logiciel (objet du programme, domaine d'utilisation, modules de calculs, saisie des données, résultats produits),
- chapitre 4 (Saisie d'un projet : opérations préparatoires) : le lire attentivement pour préparer la saisie de votre premier projet.

Si vous êtes peu familier avec le calcul des contreventements par murs ou avec le calcul sismique des bâtiments, **reportez-vous à la section « théorie et pratique » du site Internet** : vous y trouverez des fiches pédagogiques au format pdf donnant une présentation progressive et structurée des notions qui vous seront indispensables pour utiliser efficacement le logiciel.

Il est impératif de lire attentivement les annexes 1 (module de description des porteurs verticaux et des linteaux) et 2 (module de description détaillée des planchers) du Manuel de l'utilisateur avant de commencer à travailler dans les deux modules de saisie.

Ces annexes donnent les quelques clés **INDISPENSABLES** pour que vous puissiez utiliser ces outils sans tâtonner ou passer à côté de points essentiels.

Pour construire votre premier fichier de données, inspirez-vous des exemples livrés avec Épicentre (dossier « exemples ») et travaillez en vous reportant en cas de besoin au manuel de l'utilisateur ou à l'aide en ligne.

AU moment de l'exploitation des résultats, **lisez attentivement les messages explicatifs** qui vous accompagneront lorsque vous travaillerez dans les modules graphiques de présentation des résultats.

Vous pourrez aussi prendre connaissance des explications plus détaillées données par les chapitres 9 à 15 du présent document, consacrés à l'exploitation des résultats.

Si vous voulez en savoir plus sur les méthodes de calcul utilisées par Épicentre, reportez vous aux Compléments techniques (analyse modale spectrale, dimensionnement des ferrailages).

Un dernier conseil : lors de la saisie de votre premier projet, fixez-vous comme objectif d'élaborer une première version correspondant à une structure volontairement très simplifiée, que vous compliquerez ensuite si c'est nécessaire. Évitez soigneusement de faire le contraire !

1.4. Utilisez les ressources du site Internet

Le site <http://www.logiciel-epicentre.com> est destiné d'une part aux utilisateurs actuels d'Épicentre et d'autre part à tous ceux qui veulent en savoir plus sur ce logiciel.

Pour vous connecter rapidement au site Internet d'Épicentre, vous pouvez utiliser la commande « Connexion à www.logiciel-epicentre.com » du menu Aide du logiciel.

Le site est organisé en trois sections :

L'espace Utilisateurs

Vous y trouverez une présentation détaillée des différentes formules d'abonnement proposées, avec leur tarif.

En cas de besoin, vous pourrez aussi télécharger manuellement la dernière mise à jour intermédiaire disponible (voir le § 3.2 du présent document).

L'espace Découverte

Cette section est destinée à tous ceux qui souhaitent s'informer sur Épicentre. Elle propose de très nombreuses informations sur le logiciel, son domaine d'utilisation, ses fonctionnalités.

L'espace Infos & Doc

La rubrique Théorie et Pratique contient plusieurs notes techniques rappelant les notions de base sur des sujets liés au domaine d'utilisation d'Épicentre : **contreventement par murs, calcul dynamique, calcul sismique, ferrailage des murs**. Ces notes insistent sur les aspects pratiques : elles ont pour but d'aider les débutants dans ces domaines de calcul à démarrer en ayant en tête les points essentiels.

1.5. Téléchargement sur Internet des mises à jour intermédiaires

Si vous êtes connecté à Internet, Épicentre vous informera au démarrage de l'existence éventuelle d'une mise à jour intermédiaire plus récente que la version en cours et vous proposera de l'installer automatiquement sur votre poste.

Il vous est vivement conseillé de le faire, pour travailler systématiquement avec la dernière version du logiciel.

Les mises à jour intermédiaires corrigent les dysfonctionnements signalés ou détectés dans les versions précédentes ou apportent des améliorations ponctuelles.

Les mises à jour intermédiaires se font sans désinstallation préalable de la version en service, par substitution directe des fichiers concernés.

Il n'est **pas nécessaire d'avoir les droits d'administrateur** pour procéder à une mise à jour intermédiaire.

Si les mesures de sécurité informatique de votre PC empêchent l'installation des mises à jour automatiques, n'hésitez pas à contacter le support technique d'Épicentre afin d'essayer de trouver une solution.

En cas de besoin, le site Internet d'Épicentre (<http://www.logiciel-epicentre.com>) vous permet de télécharger manuellement la dernière mise à jour intermédiaire disponible (rubrique Mises à jour de l'espace Utilisateurs).

1.6. Support technique

Le support technique a pour mission de vous accompagner si vous rencontrez des difficultés dans l'utilisation du logiciel :

- vérification des configurations matérielles ou logicielles
- problèmes lors de l'installation ou du téléchargement des mises à jour intermédiaires
- conseils ou accompagnement lors de la modélisation
- récupération de fichiers endommagés
- résolution et/ou contournement de bugs

Contactez le support en adressant un mail à support@logiciel-epicentre.com (joignez le fichier du modèle concerné par votre question).

1.7. Vos suggestions sont les bienvenues

Le logiciel Épicentre est fait pour vous !

Aidez l'équipe de développement à l'améliorer pour qu'il vous rende les meilleurs services possibles :

- alertez le sur les défauts de fonctionnement que vous pourriez constater (ils seront corrigés rapidement)
- signalez les erreurs, les omissions ou les ambiguïtés de la notice d'utilisation
- suggérez des idées d'amélioration des fonctionnalités du logiciel

L'équipe de développement se tient à votre écoute et est prête à tenir le plus grand compte des remarques ou suggestions que vous pourrez lui faire : n'hésitez pas à prendre contact avec elle (support@logiciel-epicentre.com).

D'avance, Merci !

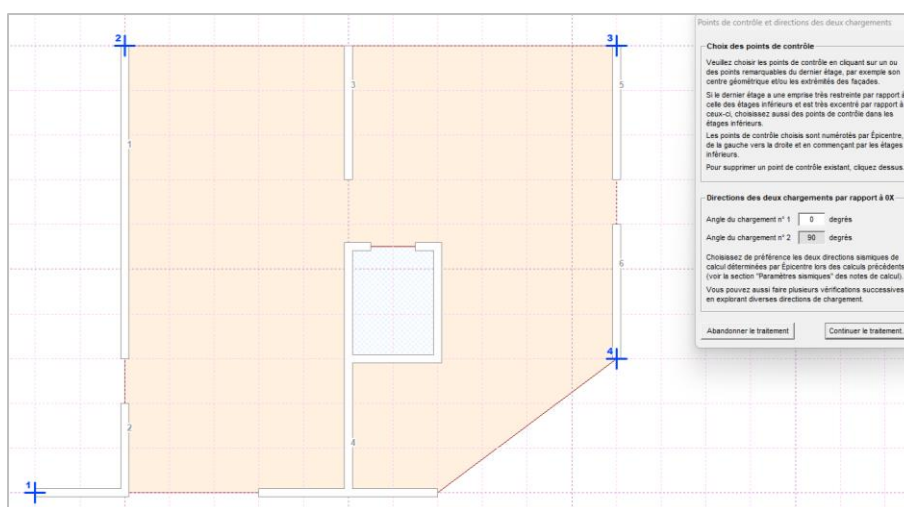
2. NOUVEAUTÉS DE LA VERSION 19 D'ÉPICENTRE

2.1. Améliorations apportées par la version 19 d'Épicentre

La version 19 est une mise à jour majeure qui apporte de nombreuses améliorations destinées à enrichir le contenu technique du logiciel ou à faciliter son utilisation.

2.1.1. Calcul de la part de raideur des éléments secondaires

En cas de calcul sismique, mise à disposition d'un outil permettant de vérifier que la raideur latérale des éléments secondaires ne dépasse pas 15% de la raideur des éléments primaires, conformément à l'article 4.2.2(4) de l'Eurocode 8-1 :



Définition des points de contrôle par l'utilisateur, en haut du bâtiment

Points de contrôle				Déplacements selon la direction 1		Part de la raideur des éléments secondaires selon la direction 1
				Modèle initial	Modèle raidi	
N°	Niveau	X	Y	DLi (mm)	DLr (mm)	
1	27.00	-2.00	0.00	30.6	29.7	3.0%
2	27.00	0.00	10.00	35.2	34.1	3.3%
3	27.00	11.00	10.00	35.2	34.1	3.3%
4	27.00	11.00	3.00	32.0	31.0	3.1%

Calcul de la part de raideur des éléments secondaires pour une direction donnée

2.1.2. Double calcul sismique automatique

Si cette limite des 15% est dépassée, mise à disposition d'un dispositif de double calcul sismique automatique, selon les modalités décrites dans le Guide d'application de l'Eurocode 8 (FD P06-031, clause 4.3.1(8)) :

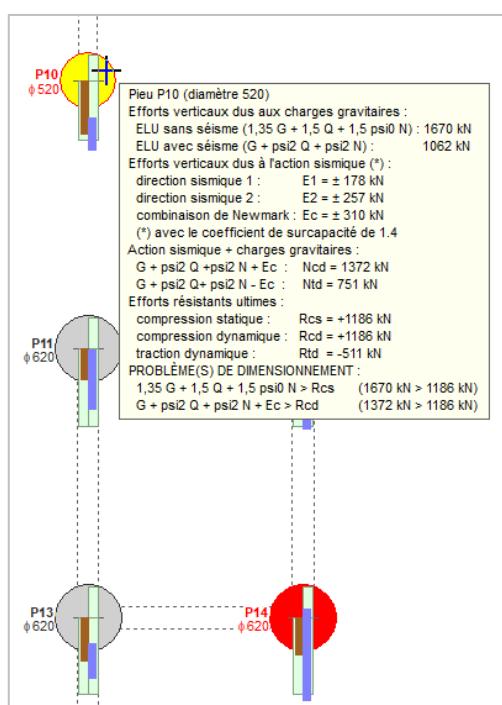
- Vous procédez au « premier calcul » sur le modèle initial (éléments secondaires désactivés) ;
- Vous faites une copie de ce modèle et, avant de lancer le traitement, vous indiquez simplement dans le menu de choix des traitements que vous désirez procéder au « second calcul d'un double calcul sismique » ;
- Épicentre se charge du reste, automatiquement : analyse modale en réactivant les éléments secondaires, calcul des efforts sismique avec ce modèle « raidi » et poursuite du calcul sur le modèle initial (éléments secondaires désactivés) ;
- Épicentre permet donc de procéder très rapidement et très facilement à un double calcul sismique.

L'annexe 4 du présent document présente une description détaillée de l'outil de vérification de la part de raideur des éléments secondaires et de la fonctionnalité de double calcul sismique automatique.

2.1.3. Refonte complète des outils proposés pour la saisie et la vérification des pieux

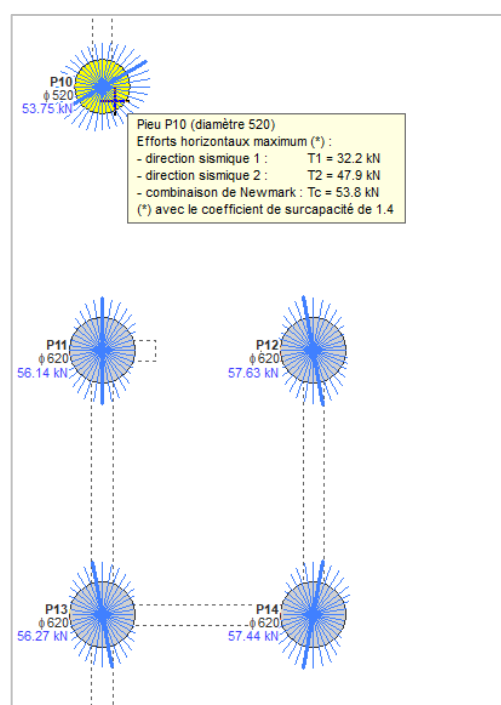
- Possibilité de saisir des pieux provisoirement sans diamètre (ils seront dimensionnés par le logiciel) ;
- Possibilité d'associer des efforts résistants ultimes, en compression et en traction, aux divers diamètres de pieux du projet, ce qui permet un dimensionnement automatique des diamètres des pieux et/ou leur vérification, à partir des efforts verticaux obtenus en descente de charges et en contreventement ;
- Module graphique de présentation des efforts verticaux avec pour chaque pieu (1) une étiquette informative complète associée au pointeur de la souris et (2) un diagramme permettant de comparer visuellement les efforts calculés avec les efforts résistants ;
- Calcul des efforts horizontaux au niveau des têtes de pieux (vent ou séisme), conformément au CPT 38 de l'AFPS, et module graphique de présentation de ces efforts avec pour chaque pieu (1) une étiquette informative complète associée au pointeur de la souris et (2) un diagramme dessiné au droit du pieu pour visualiser ces efforts pour les divers cas de charges ;
- Export des efforts verticaux et des efforts horizontaux au format Excel.

Les copies d'écran ci-dessous présentent l'affichage des efforts verticaux et horizontaux dans les pieux :



Efforts verticaux sismiques dans les pieux

L'histogramme brun correspond aux efforts gravitaires d'accompagnement et l'histogramme bleu correspond aux efforts dus au séisme, ajoutés ou retranchés des efforts gravitaires. Les histogrammes verts représentent les efforts résistants.

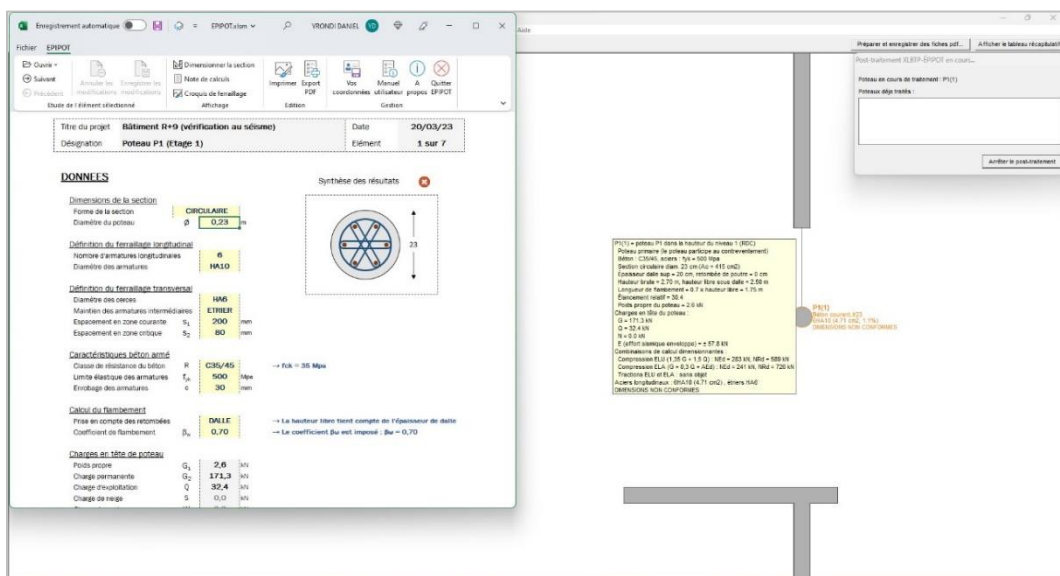


Efforts horizontaux sismiques dans les pieux

En cas de calcul sismique, le logiciel calcule la valeur des efforts horizontaux maximum selon des directions prises avec un pas de 10 degrés par rapport à OX. Les résultats sont affichables pour chacune des deux directions sismiques de calcul et pour leur combinaison de Newmark.

2.1.4. Post-traitement des poteaux : module ÉPIPOT développé par XLBTP

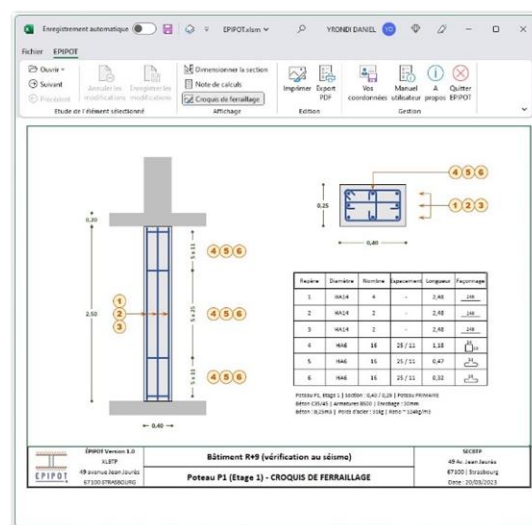
- En fin de calcul, post-traitement automatique de tous les poteaux grâce à une passerelle vers les feuilles de calcul Excel de XLBTP (vérification du flambement et de la résistance, proposition d'armatures longitudinales et transversales) ;
- Un module graphique de présentation dédié affiche les caractéristiques principales de chaque poteau (type de béton, dimensions, armatures longitudinales, taux de ferrailage), avec une étiquette informative complète associée au pointeur de la souris. Les poteaux invalides sont signalés en rouge, avec des indications sur les raisons de l'invalidité ;
- Par un clic droit, chaque poteau peut être redirigé vers les outils de post-traitement de XLBTP pour une modification ou une consultation interactive du post-traitement ;
- Le module graphique permet également d'enregistrer les notes de calcul et/ou les fiches de ferrailage au format pdf, dans le dossier de résultats associé au modèle en cours ;
- Le module permet enfin d'afficher la récapitulation générale du post-traitement des poteaux, sous forme d'un tableau au format pdf, lui aussi enregistré par Épicentre dans le dossier de résultats du modèle ;
- En complément, possibilité d'export des résultats au format Excel (caractéristiques des poteaux et efforts verticaux de descente de charges et de contreventement).



Interaction ÉPIPOT et ÉPICENTRE



Édition de la note de calcul

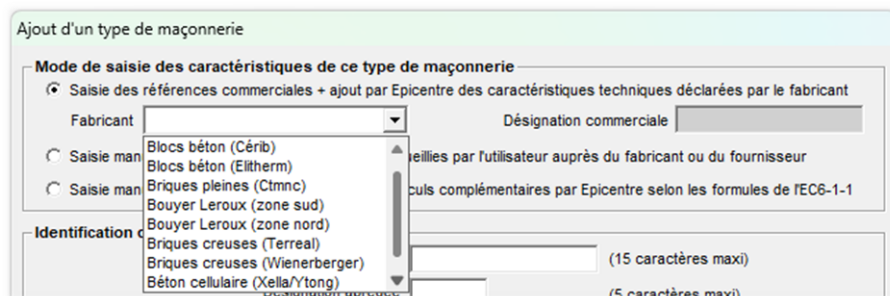


Édition du croquis de ferrailage

2.1.5. Améliorations diverses

Enrichissement de la base de données des types de maçonnerie

La liste des briques creuses des 3 principaux fabricants français a été complétée par un vaste choix de blocs de béton creux, perforés ou pleins, de blocs de béton cellulaire et de blocs silico-calcaire.

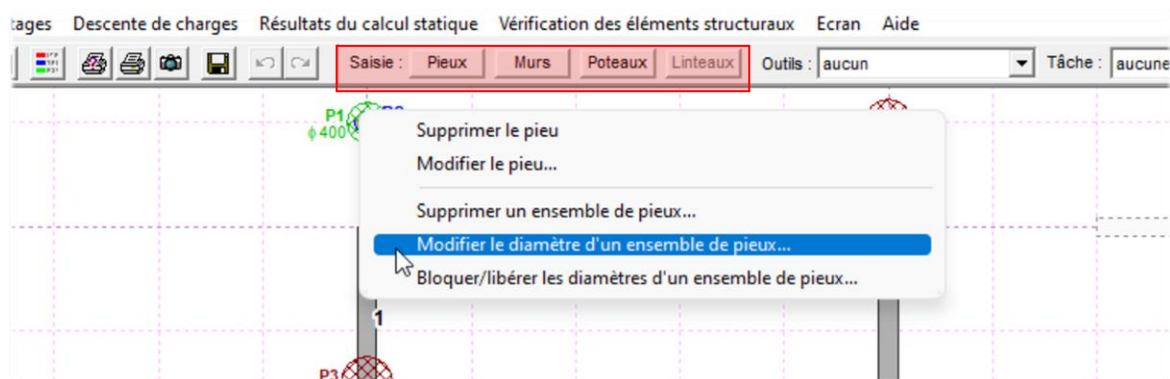


Poursuite de l'amélioration de l'ergonomie des outils de saisie des porteurs verticaux

L'accès aux commandes de saisie et de modification des divers types d'éléments structuraux (murs, pieux, poteaux et linteaux) est maintenant immédiat grâce à la suppression des sous-menus en cascade.

Ces commandes sont désormais directement accessibles dès la page d'accueil du module graphique (voir la copie d'écran ci-dessous) :

- les commandes de saisie par les boutons dédiés (Pieux, Murs, etc.) ;
- les commandes de modification par un clic droit sur l'élément à modifier, qui affiche le menu de modification.



Prise en compte des spectres sismiques de la Ville de Nice et de la Principauté de Monaco

D'autres spectres sismiques spécifiques seront ajoutés ultérieurement, à mesure de leur publication.

Introduction d'un logo « Épicentre » et d'une nouvelle icône informatique

Le pictogramme du logo et l'icône informatique sont identiques : ils évoquent de manière abstraite et épurée le nom du logiciel (Épicentre) par un point blanc au centre d'un carré rouge :



Nouvelle notice d'utilisation

La notice d'utilisation a été remaniée, complétée et révisée et ses illustrations ont été entièrement renouvelées.

Elle a de plus été éclatée en cinq documents distincts, pour faciliter sa lecture : 10 bonnes raisons d'utiliser Épicentre, Visite guidée du logiciel, Guide d'installation, Manuel de l'utilisateur et Compléments techniques (voir les explications du § 1.1 du présent document).

Ces cinq documents sont directement consultables à partir du menu Aide du menu général d'Épicentre.

2.2. Compatibilité avec la version précédente

Les fichiers de données des précédentes versions sont entièrement compatibles avec la présente version et pourront être relus sans problème. Cette compatibilité n'est pas vérifiée dans l'autre sens : les versions antérieures d'Épicentre ne peuvent pas relire les fichiers de données générés par la version 19.

3. PRÉSENTATION GÉNÉRALE DU LOGICIEL

3.1. Objet du logiciel

Le logiciel Épicentre est destiné à l'analyse des systèmes de contreventement de bâtiment constitués de murs en béton ou en maçonnerie solidarisés par des linteaux. Il propose les traitements suivants :

- calcul statique (chargements statiques équivalents représentant l'action du vent)
- analyse modale
- calcul sismique dynamique par la méthode modale spectrale (préconisée par les Eurocodes)
- calcul de la descente de charges selon une démarche « traditionnelle »
- dimensionnement du ferrailage des murs en béton selon les Eurocodes (flexion composée, effets du second ordre du béton comprimé, armatures d'effort tranchant et de couture)
- vérification des murs en maçonnerie selon les Eurocodes (flexion composée, cisaillement, effets du second ordre dans les zones comprimées)
- post-traitement intégré des pieux (calcul des efforts verticaux et horizontaux, dimensionnement éventuel des diamètres) et des poteaux (flambement, résistance à la compression et à la traction, ferrailage)

Le logiciel Épicentre est facile à utiliser et efficace : saisie conviviale, calculs fiables et rapides, présentation claire et immédiatement utilisable des résultats.

3.2. Domaine d'utilisation

Avec Épicentre vous pourrez décrire les irrégularités de la plupart des bâtiments courants.

Matériaux des murs (béton/maçonnerie)

Vous pouvez introduire plusieurs types de béton et/ou maçonnerie dans un même projet.

Éléments porteurs verticaux

Murs

Les murs sont des murs en béton ou en maçonnerie porteuse.

Ils ont deux fonctions bien distinctes :

- une fonction obligatoire : faire descendre des charges verticales vers les fondations
- une fonction facultative : participer au système de contreventement du bâtiment (résistance aux efforts horizontaux de vent ou de séisme)

La deuxième fonction est facultative car certaines sections de murs (ou certaines portions de sections de murs) peuvent être volontairement écartées dans le calcul de contreventement : **Épicentre permet de désactiver facilement pour le contreventement des sections de murs ou des portions de sections de murs, qui resteront cependant pleinement prises en compte dans le calcul de descente de charges.**

La description des murs obéit aux principes suivants :

- la disposition en plan des murs est quelconque.
- Épicentre permet de désigner (et donc de numéroté) les murs selon une logique de continuité verticale : un « mur » est constitué d'un empilement de sections transversales, de géométrie constante sur la hauteur de chaque étage et **qui doivent avoir une zone de contact entre elles**, à chaque niveau de plancher.
- chaque mur peut changer de section au niveau des planchers et ne pas être représenté à certains étages.
- chaque section transversale de mur est composée de panneaux successifs d'épaisseur constante, éventuellement assemblés en une ou plusieurs branches ouvertes (sections en I, E, U L, T, etc.). Chaque panneau de la section peut avoir sa propre épaisseur.
- un mur peut s'appuyer sur un ou plusieurs autres murs de l'étage inférieur (et/ou sur des poteaux).
- en cas de changement de section transversale d'un mur ou en cas d'appui d'un mur sur un autre mur, le calcul des efforts et des contraintes au droit du changement de section est mené à partir de la « section interface » du mur ou de l'appui, c'est à dire la partie commune aux deux sections inférieure et supérieure situées de part et d'autre de la discontinuité.

NB : Épicentre permet à l'utilisateur de diminuer l'inertie de certaines sections de murs de façon à opérer au moment du calcul une redistribution des efforts entre les murs d'un étage. Cette fonctionnalité très utile est présentée en détail au paragraphe A1.11 de l'annexe 1.

Appuis entre murs distincts superposés et activés pour le contreventement

Épicentre détecte automatiquement et prend en compte dans ses calculs de contreventement les appuis entre murs distincts activés pour le contreventement :

- appuis ponctuels (points de contact entre panneaux de murs superposés non colinéaires)
- appuis linéaires (portion linéaire commune à deux panneaux de murs superposés colinéaires)

Linteaux entre murs

- des linteaux peuvent relier deux murs voisins ou deux bords d'un même mur (cages d'ascenseur par exemple)
- Épicentre prend en compte l'effet résistant de ces linteaux dans le calcul de contreventement du bâtiment
- les linteaux ainsi décrits dans le modèle de calcul devront bien entendu être par la suite ferrailés pour assurer réellement la fonction résistante qui leur aura été attribuée lors du calcul

Poteaux supports de murs

Il est possible d'introduire des poteaux supports de murs :

- en pied de bâtiment (la base de ces poteaux repose sur le sol de fondation) : poteaux sous murs en rez-de-chaussée ou en parking
- en étage : les poteaux sont intercalés entre deux sections de murs superposées (transparences)

Ces poteaux supports de murs seront pris en compte dans les calculs de contreventement, sauf s'ils sont associés à des parties de murs désactivées pour le contreventement.

Poteaux non situés sous des murs

Ces poteaux portent des planchers et serviront uniquement pour la descente de charges.

Géométrie de la section des poteaux

Les poteaux peuvent avoir des sections circulaires ou rectangulaires. Dans ce dernier cas, la section peut être orientée en plan (angle du poteau par rapport à OX).

Poteaux multi-étages

La hauteur des deux catégories de poteaux (supports de murs ou non) peut être d'une ou plusieurs hauteurs d'étages.

Les poteaux multi-étages peuvent avoir des sections différentes à chaque étage (géométrie de la section ou type de béton).

Du fait de cette définition très souple des poteaux multi-étages, **Épicentre n'accepte pas les poteaux superposés.**

Fondations

Conditions de fondation

- les murs sont fondés rigidement (encastrement parfait), élastiquement ou sur pieux (voir ci-dessous).
- des dénivellations verticales peuvent être imposées aux fondations (tassements différentiels).

Fondations sur pieux

- des pieux (isolés ou en massifs) peuvent être placés sous les murs ou les poteaux en pied de bâtiment
- dans cette version d'Épicentre, les pieux ne se déforment pas horizontalement et il n'y a pas d'interaction sol-structure : les pieux équilibrent simplement en compression-traction les efforts d'encastrement des murs et des poteaux qu'ils portent (dans le calcul de contreventement, le bâtiment reste encastré rigidement en pied, avant une phase de calcul supplémentaire correspondant à la redistribution des efforts d'encastrement des murs et des poteaux vers les pieux)

Cas des bâtiments comportant plusieurs niveaux de fondation (redents)

Épicentre ne sait pas traiter ce cas autrement qu'un simulant les niveaux de fondation élevés par des « rehausses » rigides modélisées par des sections de murs très massives.

l'ensemble du bâtiment (affectation des charges des planchers aux éléments porteurs, puis descente de ces charges verticalement dans les éléments porteurs, avec prise en compte des règles de diffusion et de report).

À partir de la description détaillée des planchers et des murs, Épicentre se charge également de calculer automatiquement les caractéristiques massiques des étages, avec détermination de l'excentrement réglementaire des centres de gravité par rapport aux centres de torsion (EC8-1, 4.3.2).

Le module de description des planchers est décrit en détail dans l'annexe 2 de la présente notice.

Calcul statique (résistance au vent)

Hypothèses fondamentales

- les calculs se font dans le domaine élastique linéaire.
- le fonctionnement des murs en flexion, torsion gauchie et compression-traction est régi par la théorie usuelle des poutres, sans distorsion, généralisée par VLASSOV (« Pièces longues en murs minces »).
- les planchers sont indéformables dans leur plan. Cette indéformabilité transversale des sections horizontales de l'immeuble est étendue aux niveaux entre planchers.
- les déformations d'effort normal et le gauchissement propre des murs sont pris en compte dans le calcul.

Méthode de calcul

Le module de calcul statique utilise la technique des matrices-transfert : le vecteur-état considéré comporte un certain nombre de paramètres décrivant le comportement de flexion, torsion gauchie et compression-traction de la section de contreventement, à un niveau donné. Des matrices-transfert sont associées à un type de singularité (niveau à linteaux, discontinuité de section des murs) et aux « tranches » du système de contreventement comprises entre deux singularités successives. Cette méthode est économique en temps de calcul et en occupation de mémoire et permet de calculer simplement des immeubles complexes.

Références théoriques

Fonctionnement des murs en torsion et en flexion : « Pièces longues en murs minces ». VLASSOV, Eyrolles-Paris 1962

Calcul des caractéristiques géométriques des murs : « Théorie Générale des Noyaux de Contreventement des Grandes Tours ». LARÉDO Morgan, annales I.T.B.T.P. (mars 1973)

Calcul matriciel statique : « Calcul Statique des Systèmes de Contreventement Tridimensionnels Irréguliers par la Méthode des Matrices Transfert ». Hénin Michel, thèse de doctorat d'ingénieur, Université Pierre-et-Marie-Curie, septembre 1976.

Calcul matriciel statique : « Calcul Statique des Systèmes de Contreventement Tridimensionnels Irréguliers par la Méthode des Matrices Transfert ». HÉNIN Michel, annales I.T.B.T.P., série TMC/212 (janvier 1978)

Description du logiciel statique : « Logiciel ÉOLE (vent, séismes, descentes de charges) ». Hénin Michel, annales I.T.B.T.P., série IA/50 (septembre 1981)

Les 3 derniers documents sont téléchargeables sur le site d'Épicentre (bibliographie de l'espace Découverte).

Mode opératoire

Les chargements suivants peuvent être combinés dans un même cas de charge :

- charges horizontales concentrées ou réparties (efforts horizontaux F_x et F_y + couples de torsion).
- dénivellations verticales des fondations (tassements différentiels...)

Chaque calcul peut comporter plusieurs cas de charges, avec recherche d'enveloppe.

Un calcul de descente de charges peut être effectué simultanément.

Le dimensionnement du ferrailage des murs est effectué à la suite du calcul statique du bâtiment, à condition que la descente de charges ait été définie.

Analyse modale

Hypothèses dynamiques

- la masse et l'inertie massique de chaque étage sont concentrées au niveau du plancher de l'étage.
- il y a trois degrés de liberté horizontaux par étage : 2 translations et la rotation de torsion d'ensemble.

Méthode de calcul

Le module d'analyse modale utilise conjointement la méthode des matrices-transfert et la méthode de Vianello-Stodola (présentée dans les annexes des règles PS 69).

Mode opératoire

Le module d'analyse modale détermine pour chaque mode propre calculé :

- la période et la déformée propre normée selon les masses
- les directions de participation maximum et de participation nulle
- les facteurs de participation et les masses modales selon OX, OY et leurs valeurs maximum
- les moments d'inertie massiques modaux, caractérisant le comportement en torsion des modes propres

NB : les modes propres calculés sont les modes propres « utiles » c'est-à-dire les modes propres globaux du bâtiment, correspondant aux mouvements d'ensemble de la structure. Les modes propres locaux (vibration locale d'un plancher ou d'une poutre, etc.) ne sont pas pris en compte (contrairement à ce que font les logiciels par éléments finis).

L'arrêt de l'analyse modale (50 modes au maximum) peut être obtenu de diverses manières :

- lorsque la masse modale cumulée des modes calculés atteint un certain pourcentage de la masse totale
- lorsque la fréquence de coupure est atteinte
- lorsque le nombre de modes propres demandé est atteint

Prise en compte de la fissuration du béton des sections des murs (Eurocodes)

Épicentre propose deux méthodes :

- Méthode simplifiée : abattement uniforme forfaitaire de 50% de la rigidité élastique à la flexion de toutes les sections de murs (EC8-1, 4.3.1(7)).
- Méthode conseillée : application du coefficient d'abattement de 50% uniquement aux panneaux de murs dont la contrainte de traction en flexion composée, sous l'action sismique de calcul, peut excéder f_{ctm} pour le béton ou 0 pour la maçonnerie (calcul itératif).

La seconde méthode permet de majorer le coefficient de comportement de 20%, sous réserve de l'existence d'un plan de qualité prévoyant pour le béton la vérification systématique de la bonne mise en place des armatures dans les zones critiques (Annexe nationale à l'EC8-1, clause 5.3.3.2(10)) et pour la maçonnerie la vérification systématique de la bonne mise en œuvre des chaînages (Annexe nationale à l'EC8-1, clause 9.3(4)).

Prise en compte de la déformabilité au cisaillement des murs

Depuis la V17, cette déformabilité est prise en compte par la méthode de l'inertie équivalente (voir le § 5.11).

Prise en compte de la déformabilité des murs au niveau des changements de section

Depuis la V17, cette déformabilité est prise en compte par une minoration des caractéristiques mécaniques des parties de murs en avancée ou en retrait de part et d'autre du changement de section (voir le § 5.11).

Visualisation dynamique 3D des modes propres

Un module graphique spécifique permet de visualiser à l'écran des représentations dynamiques 3D des divers modes propres de vibration du bâtiment.

Calcul sismique par la méthode de l'analyse modale spectrale

Méthode de calcul

Le module de calcul sismique dynamique utilise la méthode modale spectrale (recherche des modes propres utiles puis superposition modale des résultats relatifs à chaque mode).

Références théoriques

Analyse modale et calcul sismique : « Présentation du Logiciel Épicentre (analyse modale et calcul sismique des systèmes de contreventement irréguliers constitués de murs reliés par des linteaux) ». Hénin Michel, annales I.T.B.T.P., série IA 66 (octobre 1988)

Ce document est téléchargeable sur le site Internet d'Épicentre (bibliographie de l'espace Découverte).

Mode opératoire (Eurocodes)

Le calcul est conduit automatiquement à partir des caractéristiques massiques des étages (centre de gravité, masse et moment d'inertie massique) et des paramètres sismiques de base (pour les Eurocodes : catégorie d'importance du bâtiment, zone de sismicité, classe de sol, coefficient de comportement) en utilisant la méthode de l'analyse modale spectrale préconisée par les Eurocodes.

Le logiciel procède d'abord à l'analyse modale du bâtiment, puis il déduit les coefficients sismiques et les chargements sismiques équivalents relatifs à chacun des modes, selon deux directions perpendiculaires de calcul déterminées à partir du comportement dynamique du bâtiment.

Les résultats correspondant à chaque mode sont ensuite composés quadratiquement pour chacune des deux directions de calcul, sous forme de CQC (combinaison quadratique complète : citée par l'EC8-1 en

4.3.3.3.2(3)P). Les résultats correspondant à chacune des deux directions sismiques sont ensuite combinés selon la combinaison dite de Newmark (EC8-1, 4.3.3.5.1).

Le dimensionnement du ferrailage des murs est effectué à la suite du calcul sismique du bâtiment, à condition que la descente de charges ait été définie.

Le site Internet d'Épicentre expose en détail les différentes étapes de ce calcul (section « théorie et pratique » de l'espace Infos & Doc).

Dimensionnement du ferrailage et/ou vérification des murs

Le module de ferrailage et/ou de vérification des murs en béton ou en maçonnerie met en œuvre les dispositions des Eurocodes (EC2-1, EC6-1-1 et EC8-1) et du DTU 20.1 (maçonnerie) selon diverses méthodes itératives permettant le dimensionnement des armatures (méthode des 3 pivots) et la recherche des déformations au niveau des aciers et au niveau du béton ou de la maçonnerie comprimés.

Les annexes 5, 6 et 7 de la présente notice exposent en détail les méthodes utilisées.

Les résultats sont présentés de manière très lisible dans quatre modules graphiques :

- dimensionnement des armatures verticales ou des chaînages de flexion composée
- effets du second ordre dans les zones de béton ou de maçonnerie comprimées
- dimensionnement des armatures d'effort tranchant ou vérification du cisaillement des murs en maçonnerie
- armatures verticales de couture au droit des reprises de bétonnage

3.4. Saisie des données

Les options générales de calcul, la géométrie du bâtiment, le chargement appliqué, la descente de charges et les personnalisations de la note de calcul sont décrits grâce à des feuilles de saisie conviviales adaptées à chaque type de saisie.

Voici par exemple les caractéristiques du module de saisie des éléments porteurs verticaux.

- Vous donnez un **nom** à chaque **niveau d'étage** (par exemple : RDC, 1^{er} étage, terrasse, etc.).
- Vous pouvez décrire des **axes de construction**, avec effet magnétique, et des **grilles** de repérage (les axes et les grilles peuvent varier selon les niveaux).
- Vous pouvez importer des **fichiers DXF** et les afficher en fond d'écran avec un effet magnétique, pour faciliter la saisie des éléments de structure.
- Vous pouvez utiliser **plusieurs matériaux** (béton ou maçonnerie) dans un même projet.
- Vous pouvez très facilement **désactiver pour le calcul de contreventement** des sections de murs ou des parties de sections de murs : elles ne serviront donc que pour la descente de charges.
- La **saisie** se fait en **plein écran**, par niveaux d'étage complets, avec une **interface-utilisateur très conviviale**.
- opérations de zoom et de déplacement des vues avec les boutons de la barre d'outils ou avec la molette centrale de la souris
- possibilité de saisie en « mode orthogonal » (la saisie est forcée selon deux directions perpendiculaires imposées par vous)
- gestion de l'historique des commandes avec possibilité d'annuler ou rétablir les commandes précédentes.
- possibilité d'afficher un fond « magnétique » sur lequel on peut s'accrocher durant la saisie (ce fond peut être un fichier DXF ou autre étage que l'étage en cours de saisie)
- Si le fond affiché est un fond DXF dans lequel les sections de murs sont dessinées avec leurs parements ou avec leurs axes, Épicentre propose des modes de saisie très rapides des sections de murs, simplement en cliquant sur leurs axes ou à l'intérieur de leurs parements.
- Les opérations de **saisie des murs** intègrent aussi de **très nombreuses fonctionnalités** facilitant les modifications et les évolutions du projet : ajout ou suppression de panneaux, déformation ou déplacement des sections, copie, découpage ou fusion de sections existantes, recherche automatique des appuis linéaires ou ponctuels entre murs, copie vers les autres étages, etc.
- Pendant la saisie, Épicentre s'efforce de **préserver la logique et la cohérence du modèle** : par exemple, si une section de mur est déformée ou déplacée, les appuis de poutres ou de poteaux placés sur la section sont eux aussi déplacés.
- Pendant la saisie, les **éléments de structure invalides et les anomalies éventuelles vous sont clairement signalés** (messages d'alerte, affichage des éléments de structure invalides en rouge, récapitulation des anomalies dans un menu spécial).

3.5. Résultats produits

NB : tous les dessins affichés à l'écran par Épicentre peuvent être envoyés vers une imprimante physique ou PDF et/ou copiés/collés dans un document bureautique de votre choix (note de calcul, diaporama, etc.).

Dessin des plans d'étage

Épicentre permet d'afficher à l'écran les plans d'étages du projet :

- représentation réaliste (comme sur un plan de coffrage) des sections transversales des murs
- différenciation visuelle, par deux couleurs différentes, des murs en béton et en maçonnerie (de plus, en cas de murs maçonnerie chaînée, les chaînages sont dessinés)
- représentation des emprises de planchers
- dessin des appuis entre murs
- dessin des pieux éventuels (avec écriture des sections et du nombre de pieux par massif)
- dessin des linteaux entre murs, avec écriture de leurs caractéristiques
- dessin des poteaux (avec écriture des sections)

Caractéristiques mécaniques des murs, des appuis et des niveaux complets

Épicentre peut également représenter à l'écran les caractéristiques mécaniques des murs, des appuis entre murs et des niveaux complets : position des centres de gravité et dessin des axes principaux d'inertie (centrés sur les centres de flexion de l'élément considéré). En cas de calcul sismique avec les Eurocodes, Épicentre peut présenter les situations « sections non fissurées » ou « sections fissurées ».

Vues 3D du bâtiment

Ce module affiche plein écran une vue en perspective de l'ensemble du bâtiment, montrant les murs, les planchers, les poteaux et les linteaux, et vous propose les fonctionnalités suivantes :

- rotation, translation ou zoom du bâtiment, avec la souris (et sa molette) ou certaines touches du clavier.
- affichage dynamique d'informations sur les murs dans une étiquette associée au pointeur de la souris : numéro du mur, type de béton, épaisseur, désignation de l'étage, avec ses côtes altimétriques.
- personnalisation du rendu : repérage des parties de murs désactivées pour le contreventement, affichage des couleurs des bétons, modification des couleurs par défaut des éléments de structure, restriction de l'affichage à certains niveaux.

Résultats de la descente de charges

Épicentre présente de manière très claire, sous forme graphique, les résultats de la descente de charges :

- contribution des étages : diagrammes d'efforts linéaires correspondant à la circulation des charges de l'étage depuis les dalles jusqu'aux porteurs verticaux (murs et poteaux)
- descente de charges : diagrammes d'efforts linéaires ou de contraintes dans les porteurs verticaux (murs et poteaux) résultant de la descente de charges globale du bâtiment
- descente de charges : torseurs de descente de charges dans les panneaux des murs (résultantes M, N des efforts de descente de charges dans chaque panneau)

Épicentre permet d'afficher toutes les combinaisons de charges utiles (combinaisons des charges G et Q des planchers, avec ou sans le poids propre des murs), juste au-dessous ou juste au-dessus des planchers.

Note de calcul (résultats du calcul statique ou sismique)

Afin de faciliter l'analyse ou l'exploitation des résultats des calculs de contreventement (vent ou séisme), ceux-ci sont rassemblés en tableaux récapitulatifs ordonnés étage par étage :

- caractéristiques des modes propres calculés (en cas d'analyse modale ou de calcul sismique dynamique)
- déplacements horizontaux d'ensemble du bâtiment (translation et torsion)
- déplacements horizontaux en un point quelconque selon une direction donnée
- efforts tranchants et moments dans les linteaux
- efforts de contreventement dans les murs (efforts normaux, efforts tranchants, moments, bimoments)
- efforts de contreventement dans les appuis entre murs, les pieux et les poteaux

Pour limiter le volume des résultats, vous pouvez demander une sortie limitée aux seules informations qui vous intéressent (sélection de tableaux et de niveaux).

Épicentre vous permet de consulter les notes de calcul dans un éditeur de texte intégré au logiciel et, bien sûr, de les imprimer.

Les notes de calcul contiennent de nombreux commentaires explicatifs facilitant leur interprétation par un lecteur

non familiarisé avec Épicentre. Le chapitre 12 de la notice d'utilisation, l'aide en ligne et la section « théorie et pratique » du site Internet fournissent les compléments d'information utiles à la bonne compréhension des différents tableaux de résultats.

Diagrammes des contraintes normales élastiques des murs

Après un calcul, vous pouvez afficher à l'écran les diagrammes de contraintes normales élastiques dans les murs, présentés par niveaux d'étages complets.

Ces diagrammes sont dessinés à l'échelle de votre choix, sur un fond identique à celui des dessins de plans d'étages décrits plus haut : murs avec épaisseurs, appuis entre murs, pieux, linteaux, poteaux.

Dans le cas d'un calcul statique, les contraintes suivantes peuvent être visualisées tour à tour :

- contraintes relatives à chacun des cas de charge décrits
- contraintes dues à la descente de charges
- enveloppe des contraintes minimum ou maximum (avec ou sans la descente de charges)

Dans le cas d'un calcul sismique dynamique, vous pouvez afficher :

- les contraintes normales élastiques relatives à chacune des deux directions sismiques de calcul
- les contraintes dues à la descente de charges (contraintes linéarisées)
- les contraintes résultant de la combinaison de Newmark (EC8-1, 4.3.3.5.1)
- l'enveloppe des contraintes minimum ou maximum (avec ou sans la descente de charges)

Diagrammes des cisaillements dans les murs

De la même manière, après un calcul, vous pouvez également afficher à l'écran (et imprimer) les diagrammes de cisaillement théorique ou conventionnel dans les murs.

Représentation 3D dynamique des modes propres

Ce module permet de visualiser des représentations 3D dynamiques des modes propres du bâtiment.

En utilisant la souris (et sa molette) ou certaines touches du clavier, vous pouvez appliquer au bâtiment des rotations, des translations ou des zooms.

Ferrailage des murs en béton et vérification des murs en maçonnerie (Eurocodes)

Les éléments de ferrailage sont présentés graphiquement à l'écran en quatre familles distinctes :

- armatures de flexion : diagrammes enveloppes du béton comprimé (loi de déformation parabole-rectangle) et dimensionnement des aciers de flexion (sections d'acier et dimensions des potelets d'armatures en extrémité de murs)
- vérification des effets du second ordre dans les zones de béton comprimé : diagrammes enveloppes du béton comprimé, diagrammes des contraintes limites ultimes du béton non armé et dimensionnement des aciers de renfort éventuels (présentés par bandes de 1 mètre).
- armatures horizontales d'effort tranchant : dimensionnement des éventuelles armatures horizontales d'effort tranchant (application des sections minimales si nécessaire)
- armatures verticales de couture au droit des reprises de bétonnage : dimensionnement des éventuelles armatures de couture

Des étiquettes informatives détaillées s'affichent au survol des murs par la souris.

Vous pouvez afficher et/ou exporter les torseurs de calcul appliqués à chaque section de mur. Les murs sous-dimensionnés sont signalés, avec indications des valeurs chiffrées exprimant le sous-dimensionnement.

Vérification des efforts verticaux des pieux

Les résultats sont présentés dans un module graphique dédié :

- les valeurs des efforts résistants (optionnel) et des efforts appliqués (gravitaires et sismiques) sont représentées graphiquement par des histogrammes
- les pieux invalides (efforts appliqués trop forts) sont signalés en rouge
- si vous avez renseigné les efforts résistants ultimes par diamètre, Épicentre peut dimensionner les pieux qui ont été saisis sans diamètre

Des étiquettes informatives détaillées s'affichent au survol des pieux par la souris.

Vérification des efforts horizontaux pieux

Les résultats sont présentés dans un module graphique dédié :

- efforts horizontaux correspondant à chaque chargement de vent et leur enveloppe
- ou efforts horizontaux sismiques correspondant à chacune des deux directions de calcul et combinaison de Newmark

Des étiquettes informatives détaillées s'affichent au survol des pieux par la souris.

Vérification et ferrailage des poteaux

Deux types de post-traitement sont proposés :

- vérification du flambement et de la résistance à la compression et à la traction + proposition de ferrailage longitudinal et transversal, avec croquis de ferrailage et note de calcul (outil Épipot de XLBTP)
- seulement vérification du flambement et de la résistance à la compression et à la traction

Des étiquettes informatives détaillées s'affichent au survol des poteaux par la souris.

Les poteaux invalides sont signalés en rouge.

Dans les deux cas, le module graphique dédié met à disposition des outils interactifs pour modifier les sections des poteaux.

Export de résultats au format Excel

3.6. Extensions par défaut des fichiers de travail

Les extensions suivantes sont associées aux fichiers de travail d'Épicentre :

.dat	fichiers de données d'Épicentre (fichiers projets)
.res	notes de calcul d'Épicentre

3.7. Taille maximum des projets et temps de calcul

La version en service permet de traiter de très gros projets (plusieurs dizaines de murs, de linteaux et d'étages).

Les calculs sont très rapides : quelques dizaines de secondes ou quelques minutes pour calculer la descente de charges du bâtiment courant, pour réaliser le calcul sismique dynamique par analyse modale spectrale et pour procéder au ferrailage des murs en béton et à la vérification des murs en maçonnerie.

4. SAISIE D'UN PROJET : OPÉRATIONS PRÉPARATOIRES

4.1. Analyse du bâtiment et préparation de la modélisation

Cette opération va permettre de passer de la structure du bâtiment réel à la structure calculée.

Elle doit évidemment commencer par une étude détaillée de la structure du bâtiment réel.

À cette occasion, il vous appartient de procéder aux opérations ci-après, en annotant si possible un jeu de plans spécifiquement consacré à l'étude :

- inventaire des **murs porteurs** en notant ceux qui ne seront pas pris en compte dans le calcul de contreventement (certains murs en maçonnerie, murs non fondés et murs présents sur une partie seulement des étages, etc.), afin de les « désactiver pour le contreventement » lors de la saisie. Repérez les épaisseurs des murs et notez les types de béton ou de maçonnerie.
- inventaire des changements de section transversale des murs retenus.
- inventaire des éventuels appuis entre murs.
- inventaire des éventuels **poteaux**, en notant la géométrie de leurs sections.
NB : le but des quatre étapes ci-dessus est d'acquérir une vision claire de la structure verticale (schéma de descente des charges, fonctionnement du système de contreventement)
- inventaire des **linteaux** reliant les bords d'un même mur ou de deux murs voisins. Ne reprenez que les linteaux suffisamment résistants (poutres courtes), qu'il faudra ensuite ferrailer pour qu'ils puissent effectivement assurer leur action résistante prise en compte dans les calculs. Noter les dimensions (hauteur x largeur) des linteaux retenus.
- numérotation des éventuelles **files de linteaux** superposés verticalement, afin de faciliter le repérage des linteaux de votre bâtiment : par exemple, vous pourrez nommer F12-4 le linteau de la 12^{ème} file situé au 4^{ème} niveau.
- choix du **niveau d'encastrement** : soit le niveau de fondation stricto sensu, soit un niveau supérieur (par exemple le rez-de-chaussée, en cas de sous-sols très rigides).
- inventaire des cotes des **niveaux supérieurs bruts des planchers**, depuis le niveau d'encastrement jusqu'au sommet de l'immeuble (cotes NGF absolues ou cotes relatives rapportées à un niveau ± 0.00 de référence).
- choix des **hypothèses de fondation** (fondations sur pieux, encastrement rigide ou élastique des murs, tassements différentiels).
- analyse de la géométrie des **planchers d'étages** et calcul des masses surfaciques unitaires associées aux diverses zones qui les constituent.
- choix des **matériaux constitutifs des murs**, poteaux et linteaux (types de béton et de maçonnerie).

4.2. Description des murs en sections monolithes ou en panneaux séparés ?

Épicentre vous laisse libre de modéliser de manière monolithique ou en panneaux séparés les murs multibranches complexes (murs en L, en T, en U, etc.).

Une description monolithique renforce généralement de manière importante la rigidité du bâtiment, ce qui renforce sa résistance et diminue ses déplacements.

Par voie de conséquence, les périodes de vibration des modes propres sont diminuées, ce qui a un effet variable sur l'intensité des chargements statiques équivalents, selon la position des modes propres prépondérants par rapport au plateau du spectre de calcul.

En cas de description monolithique des murs complexes, Épicentre tiendra compte de l'effet favorable des raidisseurs pour le calcul des effets du second ordre dans les zones comprimées.

Dans le cas des murs de maçonnerie, en cas de description monolithique des murs complexes, Épicentre ne prendra en compte qu'un seul chaînage vertical au niveau des angles de murs et cumulera donc les sections d'acier de flexion trouvées pour chaque plan de contreventement associé à ce chaînage (c'est logique, car les extrémités de ces plans de contreventement seront tendues ou comprimées en même temps au droit du chaînage partagé). En revanche, en cas de description en panneaux séparés, la question du cumul ou non (par vous !) des sections d'acier calculées des chaînages séparés contigus peut être délicate à résoudre.

Mais, la description monolithique des sections de murs peut parfois présenter de sérieux inconvénients : par exemple l'apparition de tractions importantes dans les tables de compression, incompatibles avec les vérifications de cisaillement horizontal dans ces tables.

Il faut aussi pouvoir justifier d'un fonctionnement monolithique effectif des sections de murs concernées : les tables de compression ne sont-elles pas trop larges pour une bonne circulation des contraintes, les cisaillements verticaux au droit des connexions entre panneaux vont-ils être repris par les murs, notamment au niveau des surfaces de reprise ?

En fait, le choix du mode de description des murs peut varier d'un bâtiment à l'autre.

Il apparaît de plus que les bureaux d'études ont des positions diverses sur cette question : il vous appartiendra de prendre vous-même parti et de définir votre propre philosophie sur ce point important.

4.3. Simplification de la structure

En procédant aux opérations de préparation des données énumérées ci-dessus, vous devrez avoir constamment le souci de **simplifier la structure**. La structure résistante soumise au calcul doit être débarrassée de tous les éléments dont l'action sur le comportement d'ensemble du bâtiment est négligeable : éléments décoratifs, ouvertures de petites dimensions, trumeaux de faible section, petites trémies de planchers, etc.

Les murs retenus pour le calcul doivent eux-mêmes être dépouillés des appendices divers qui n'apparaîtraient qu'à certains étages, du fait de dispositions architecturales particulières.

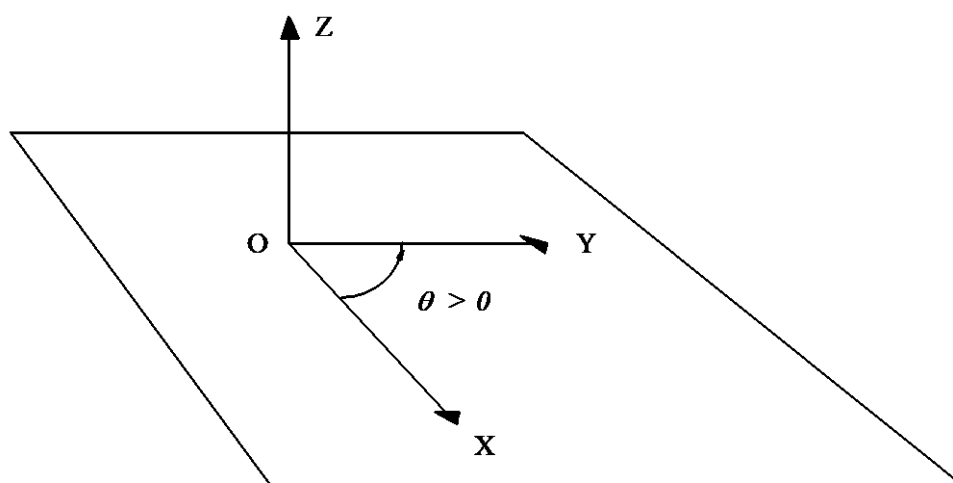
Une trop grande complexité de la mise en données risque de vous empêcher d'avoir une vision claire du fonctionnement de sa structure. Le faible gain de précision à attendre serait de toutes façons illusoire compte tenu des incertitudes diverses présentes par ailleurs (comportement du sol de fondation, caractéristiques des bétons, fissuration des linteaux, calcul des masses, etc.).

4.4. Choix du repère utilisateur

Choisissez un système d'axes perpendiculaires (OX, OY, OZ), disposé selon le schéma ci-après :

- l'axe OZ est vertical ascendant.
- le plan (OX, OY) servira à repérer les plans horizontaux (plans d'étages).

Ce repère sera appelé par la suite **repère utilisateur**. Il servira essentiellement à décrire la géométrie des murs.



Le repère utilisateur est positionné librement par rapport au bâtiment étudié : l'emplacement du point origine O et l'orientation des axes (OX, OY) peuvent être quelconques.

Il sera bien entendu judicieux de prendre en compte les éventuelles symétries du bâtiment pour le choix du repère utilisateur : la description des murs en sera grandement facilitée.

Notons que le choix initial des directions (OX, OY) du repère utilisateur ne restreindra pas les possibilités de description ultérieure pour les chargements statiques appliqués ou les directions de calcul sismique souhaitées.

4.5. Préparation des fichiers DXF supports de saisie

Vous disposez peut-être de plans d'architecte ou de plan de structure du bâtiment au format Autocad.

Ces fichiers pourront vous faire gagner un temps précieux au moment de la saisie des sections de murs dans Épicentre. Il vous faudra préparer des versions de ces fichiers au format DXF.

Si vous décidez d'opter pour la saisie « spéciale murs » (mode de saisie conseillé car très rapide : voir le paragraphe A1.9 de l'annexe 1), supprimez au préalable tous les axes des murs.

Si l'unité de vos fichiers DXF est le centimètre, il vous faudra appliquer un coefficient de 0.01 quand vous les importerez dans Épicentre (l'unité de longueur d'Épicentre est le mètre).

4.6. Translation éventuelle des fichiers DXF au moment de l'import

Il arrivera souvent que, dans les fichiers DXF, le bâtiment soit décrit à plusieurs centaines voire à plusieurs milliers de mètres de l'origine du repère général (OX, OY). Or dans ce cas la précision des calculs risque d'être dégradée (de quelques pourcents) et les déplacements d'ensemble du bâtiment, présentés dans la note de calcul et calculés par défaut au droit de l'axe OZ du repère général, n'ont plus de signification.

Pour régler cette difficulté, il vous suffira de décaler vos fichiers en X et en Y au moment de leur import dans Épicentre (la commande d'import le permet), pour recentrer le bâtiment avant qu'il soit saisi.

Si vous oubliez de procéder à ce recentrement initial du bâtiment, Épicentre vous demandera de le faire lors du premier calcul de descente de charges, en utilisant la commande « traduire le bâtiment » du module de description des porteurs verticaux (voir le paragraphe A1.16 de l'annexe 1).

4.7. Préparation de la descente de charges

Faites l'inventaire des diverses charges surfaciques de plancher représentées dans le bâtiment (charges permanentes et charges d'exploitation). Notez aussi les coefficients φ (EC8-1, 4.2.4(2)P) et ψ (EC8-1, 3.2.4(2)P) relatifs à ces charges

Vous devez aussi réfléchir aux sens de portée des dalles de plancher, à chaque niveau.

Heureusement, vous aurez le droit de changer d'avis ultérieurement, car il vous sera par la suite très facile de modifier ces choix si cela s'avérait nécessaire !

4.8. Description du chargement appliqué

Calcul statique (vent)

Pour chacun des cas de charges prévus, calculez :

- les valeurs et cotes d'application des éventuelles charges horizontales, concentrées ou réparties, appliquées au bâtiment : il s'agit des « efforts statiques équivalents » des règlements en vigueur.
- les éventuelles dénivellations verticales des fondations des murs.

Pour les conventions de signe, voir la section consacrée aux chargements statiques dans le chapitre 4 consacré au menu Description du projet.

Analyse modale

Épicentre calculera pour vous les caractéristiques massiques de chaque plancher d'étage, à partir de la description détaillée des planchers faite pour la descente de charges :

- coordonnées du centre de gravité
- masse et moment d'inertie massique (inertie à la rotation autour de l'axe vertical passant par G)

Il vous restera à choisir les critères à utiliser pour arrêter l'analyse modale (pourcentage de masse modale cumulée, nombre minimum de modes propres, fréquence de coupure).

Calcul sismique

Pour finir, vous devrez déterminer les valeurs des paramètres sismiques de base correspondant aux règles utilisées.

Dans le cas des règles Eurocodes :

- la catégorie d'importance du bâtiment
- la zone de sismicité
- la classe de sol
- le coefficient de comportement

5. LE MENU DESCRIPTION DU PROJET

Le but de ce chapitre est d'offrir une présentation d'ensemble du menu Description du projet dans lequel sont rassemblées **toutes les commandes de saisie** d'Épicentre.

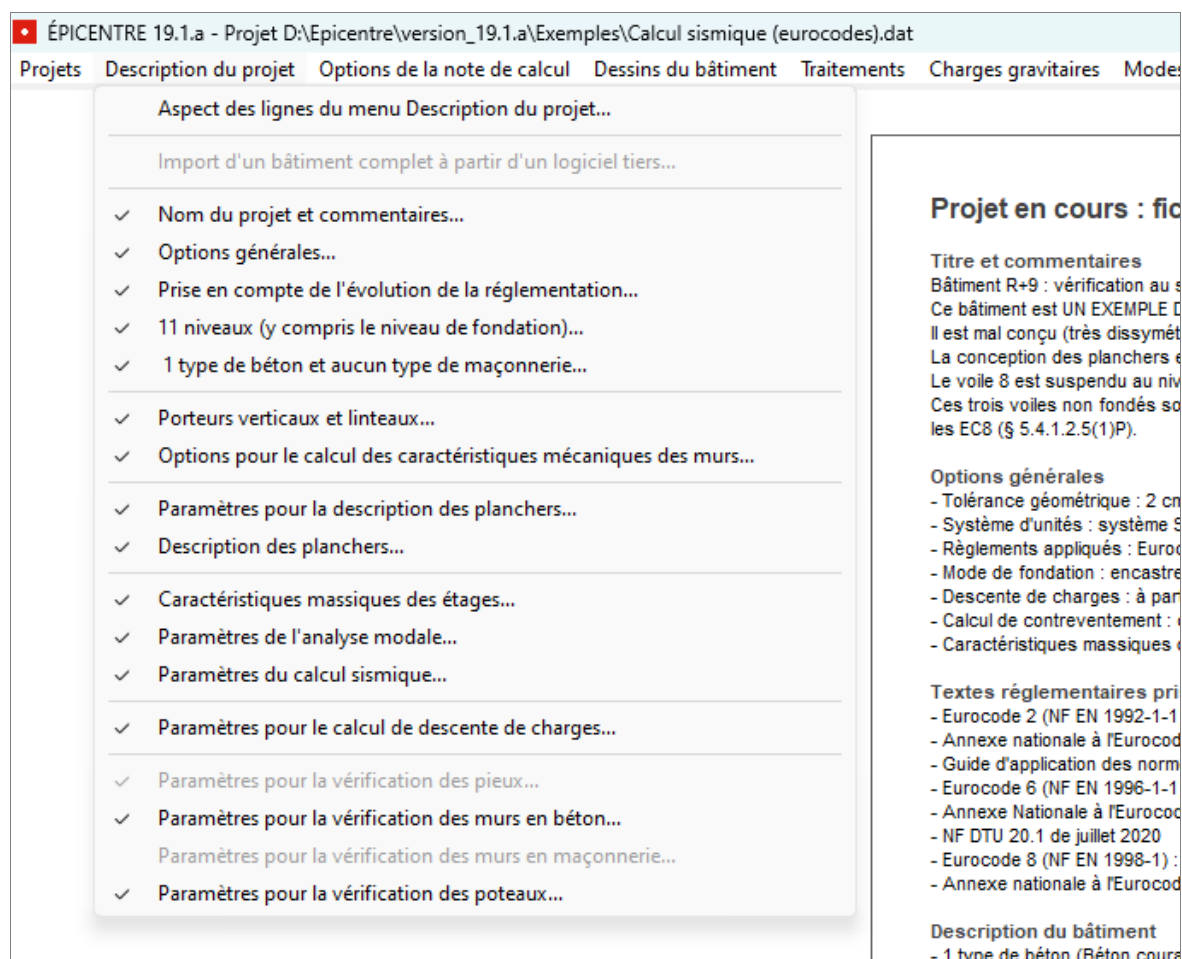
Ces commandes appellent des feuilles de saisie qui permettent de rentrer les données décrivant le bâtiment ainsi que les caractéristiques du traitement demandé.

Ce chapitre est plutôt à considérer comme un guide auquel vous vous référerez en cas de besoin pour mieux comprendre l'usage d'une commande ou son articulation avec une autre commande.

5.1. Ce qu'il faut savoir avant de saisir votre premier projet !

Où trouver le menu Description du projet ?

Le menu Description du projet est proposé dans la barre de menus de la page d'accueil d'Épicentre :



Informations sur le projet affichées dans la barre de titre

La barre de titre de l'application située en haut de l'écran affiche le chemin complet du fichier projet en cours.

Si le projet a été modifié depuis son dernier enregistrement, la barre de titre ajoute la mention « [projet modifié] » après l'identification du projet.

Si aucun projet existant n'a été ouvert, la barre de titre affiche « Nouveau projet » tant que le projet en cours n'a pas été enregistré.

Aspect des commandes du menu Description du projet

Ces commandes appellent des feuilles de saisie qui permettent de rentrer les données décrivant le bâtiment et le traitement demandé.

L'aspect des commandes du menu Description du projet change en fonction du contexte, à mesure de l'avancement de votre travail :

- certaines commandes peuvent être inactivées (aspect grisé). Cela signifie que ces commandes sont sans objet dans le contexte : par exemple, la plupart des commandes sont inactivées tant que les niveaux d'étages n'ont pas été saisis.
- certaines commandes n'apparaissent que dans certaines circonstances : par exemple, la commande relative aux fondations élastiques n'apparaît que si l'option « fondations élastiques » a été choisie (commande « Options générales »).
- certaines commandes précisent dans leur libellé le nombre d'éléments enregistrés : par exemple, la commande « Types de béton et de maçonnerie... » se présentera sous la forme « 1 type de béton et 2 types de maçonnerie... » si ces trois types de matériaux ont été saisis.
- lorsque la saisie est terminée, toutes les commandes du menu sont cochées : cela signifie que les données enregistrées par chaque commande sont valides.
- **si une commande n'est pas cochée, cela signifie que certaines des données saisies dans cette commande ne sont pas valides** : par exemple, vous avez oublié de saisir les paramètres pour la vérification des murs en maçonnerie.
- si la commande « Porteurs verticaux et linteaux... » ou « Description des planchers... » n'est pas cochée, consultez dans ces modules le menu déroulant des niveaux. Tous les niveaux valides sont notés « (ok) » ce qui vous permettra de repérer rapidement par élimination les niveaux qui posent problème. Dans ces niveaux, les éléments invalides sont repérés en rouge et le **menu ANOMALIES**, apparu à droite de la barre des menus, donne la liste détaillée des anomalies relevées par Épicentre.

Ainsi, vous pouvez vérifier rapidement, à tout moment, l'état d'avancement de votre mise en données.

Gestion des projets avec le menu Projets de la page d'accueil

Le menu Projets sert à gérer les projets (ouvrir, enregistrer, fermer, renommer, supprimer).

Comment un projet est-il enregistré sur votre disque dur ?

Chaque projet est enregistré dans un fichier texte avec extension « .dat », organisé selon un format spécifique.

Enregistrement du projet en cas de données indéterminées

Vous pouvez enregistrer le projet à tout moment, même si certaines données sont indéterminées.

Calcul du projet en cas de données indéterminées

Les commandes du menu Traitements restent inactivées tant que subsistent des indéterminations, rendant de ce fait tout calcul impossible sur un projet non valide.

Épicentre n'enregistre pas les résultats des traitements dans le fichier du projet

Il vous faut donc relancer les traitements (c'est très rapide !) à chaque fois que vous chargez dans Épicentre un projet que vous aviez déjà calculé lors d'une session de travail précédente.

Ce choix permet de conserver des fichiers projets très peu volumineux, rapides à enregistrer ou à recharger et qu'il est facile d'archiver ou de transmettre par courrier électronique.

5.2. Fiche de synthèse du projet en cours

À mesure que vous avancez dans la saisie, la fiche de synthèse de la page d'accueil vous présente une récapitulation des caractéristiques du projet en cours.

Projet en cours : fiche de synthèse

Titre et commentaires

Bâtiment R+9 : vérification au séisme selon les PS 92

Ce bâtiment est UN EXEMPLE D'ECOLE.

Il est mal conçu (très dissymétrique) et mal dimensionné !

La conception des planchers est un peu fantaisiste, pour présenter divers cas de figure.

Le voile 8 est suspendu au niveau 8.10 et les voiles 9 et 10 sont "portés" au niveau 2.70.

Ces trois voiles non fondés sont volontairement "désactivés pour le contreventement", comme le demandent les EC8 (§ 5.4.1.2.5(1)P).

Options générales

- Tolérance géométrique : 2 cm
- Système d'unités : système SI
- Règlements appliqués : Eurocodes
- Mode de fondation : encastrement rigide
- Descente de charges : à partir de la description détaillée des planchers
- Calcul de contreventement : calcul sismique dynamique (analyse modale spectrale)
- Caractéristiques massiques des étages : déduites de la description des planchers

Textes réglementaires pris en compte (référentiels des Eurocodes 2, 6 et 8)

- Eurocode 2 (NF EN 1992-1-1) : 4ème tirage (05-2013)
- Annexe nationale à l'Eurocode 2 (NF EN 1992-1-1/NA) : 2ème tirage (03-2016)
- Guide d'application des normes NF EN 1992, FD P18-717 (2013-12)
- Eurocode 6 (NF EN 1996-1-1) : 1er tirage (03-2006)
- Annexe Nationale à l'Eurocode 6 (NF EN 1996-1-1/NA) : 1er tirage (12-2009)
- NF DTU 20.1 de juillet 2020
- Eurocode 8 (NF EN 1998-1) : tirages de 09-2005 ou 10-2010
- Annexe nationale à l'Eurocode 8 (NF EN 1998-1/NA) : 2ème tirage (12-2013)

Description du bâtiment

- 1 type de béton (Béton courant (BC), 25.00 kN/m³, f_{ck} = 35 MPa, E = 32000 MPa)
- 11 niveaux (y compris le niveau de fondation)
- 10 murs
- 3 poteaux
- 26 linteaux

Paramètres de la descente de charges

- Angle de diffusion des contraintes : 1 pour 3
- Tolérance d'alignement générale : 10 degrés
- Angle par défaut des lignes de rupture des côtés non porteurs : 20 degrés
- Coefficients de majoration des réactions d'appui des poutres continues : 1.10 et 1.15
- Coefficients de majoration des réactions d'appui des dalles continues : 1.10 et 1.15
- Le niveau d'encastrement ne possède pas de plancher porté
- Les murs et les poteaux non portés ne sont pas tolérés

Options de calcul des caractéristiques mécaniques des murs du modèle élastique

- Prise en compte des déformations de cisaillement des murs par la méthode de l'inertie équivalente
- Réduction de 50%, sur une hauteur d'étage, des caractéristiques mécaniques des parties de murs se trouvant en avancée ou en surplomb à l'occasion d'un changement de section de mur

Enregistrer la fiche...

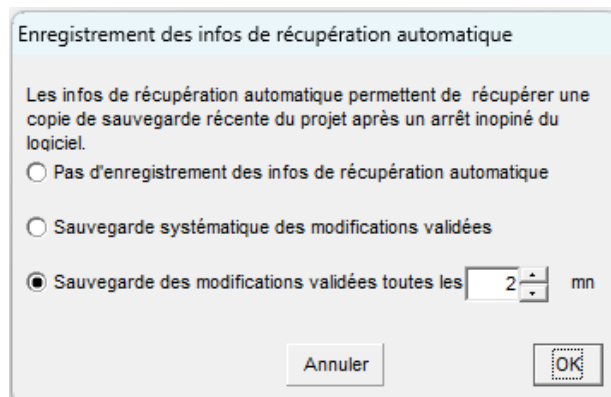
Les deux boutons situés à la droite de la fiche vous proposent d'enregistrer la fiche sur votre PC ou de la copier, pour la coller dans un autre document :

Copier la fiche...

5.3. Récupération du projet en cas d'arrêt intempestif du programme

Il peut arriver à Épicentre de s'interrompre brutalement au cours d'une opération de saisie, par suite d'un bug : c'est rare, mais quand cela se produit, Épicentre s'arrête sans que vous puissiez enregistrer le travail que vous avez réalisé depuis votre dernier enregistrement du projet.

Pour éviter ce désagrément, demandez à Épicentre de mémoriser les modifications que vous apportez à votre projet (commande « Enregistrement des infos de récupération » du menu Projets) :



En cas d'arrêt intempestif, Épicentre vous proposera la récupération du projet dans l'état où il se trouvait lors de la dernière sauvegarde automatique.

Attention : cette mémorisation des infos de récupération se fait en parallèle de vos propres enregistrements du projet et ne les remplace pas. Il ne s'agit pas d'un enregistrement automatique du projet fait à votre place. Vous restez bien seul juge de ce que vous enregistrez ou pas dans le projet.

5.4. Import d'un bâtiment complet à partir d'Arche Ossature

Cet outil permet d'importer dans Épicentre un bâtiment modélisé avec le logiciel Arche Ossature de la société Graitec. Il est présenté en détail en annexe 3 du présent document.

La ligne du menu proposant cette fonctionnalité n'est activée que si le projet est vide (on ne peut importer un bâtiment externe dans un projet non vide).

5.5. Titres et commentaires

Le titre est obligatoire et limité à 55 caractères.

Le commentaire sera copié au début de la note de calcul seulement si vous cochez la case en bas à gauche.



5.6. Options générales

Cette boîte de dialogue précise les choix essentiels liés aux divers calculs à mener sur le projet :

Tolérance géométrique générale (pour la saisie des éléments porteurs et des planchers) : elle permet au logiciel de tenir compte des arrondis divers et des imprécisions géométriques rencontrés dans les plans de structure et d'architecte ou introduits lors de la saisie. La valeur par défaut (2 cm) est normalement suffisante.

Système d'unités : attention, si vous changez de système en cours de saisie, Épicentre ne convertira pas dans le nouveau système d'unités les valeurs déjà saisies (par exemple pour la description des planchers en vue de la descente de charges).

Mode de fondation : trois modes de fondations sont proposés (encastrement rigide, encastrement élastique, fondations sur pieux)

En cas des fondations sur pieux, Épicentre n'intègre pas pour le moment de fonctionnalités d'interaction sol/structures. En pratique, en cas de fondations sur pieux, le calcul élastique du bâtiment (statique ou sismique) est mené avec un encastrement rigide et en fin de calcul Épicentre répartit sur les pieux, en compression-traction, les efforts d'encastrement obtenus pour les murs du bâtiment.

Descente de charges : si vous demandez un traitement « sans descente de charges », Épicentre ne pourra pas procéder au ferrailage ou à la vérification des éléments structuraux (murs, pieux, poteaux).

Calcul de contreventement : vous pouvez demander un calcul statique au vent, un calcul sismique dynamique par la méthode de l'analyse modale spectrale ou le **second calcul d'un double calcul sismique** au sens de la clause 4.1.3(8) du guide d'application de l'Eurocode 8-1 (FD P06-031).

Vous pouvez aussi demander un traitement sans calcul de contreventement, avec uniquement la descente de charges.

La vérification des éléments structuraux (murs, pieux, poteaux) est effectuée systématiquement, à condition que vous ayez prévu une descente de charge et un calcul de contreventement, statique ou dynamique.

Post-traitement des poteaux : la troisième option propose une nouveauté très intéressante de la version 19 d'Épicentre : la vérification et le ferrailage longitudinal et transversal des poteaux avec l'outil Épipot de XLBTP. Cette nouvelle fonctionnalité est décrite en détail dans le chapitre 15 du présent document.

5.7. Prise en compte de l'évolution de la réglementation

Par défaut, Épicentre prend en compte les derniers textes réglementaires publiés, après un délai de quelques mois nécessaire à leur intégration dans le logiciel.

Dans certaines circonstances, il peut cependant être utile de faire des calculs en se plaçant dans un cadre réglementaire antérieur : c'est le cas par exemple lors de la reprise d'un avant-projet ancien ou pour des calculs liés à un contentieux.

Cette feuille de saisie vous permet de préciser les textes réglementaires à prendre en compte dans les traitements, en les cochant dans les listes proposées.

Pour chaque texte réglementaire mentionné dans la boîte de dialogue, Épicentre peut afficher des explications détaillées sur les implications au niveau des traitements.

Prise en compte de l'évolution de la réglementation

Par défaut, Épicentre prend en compte les derniers textes réglementaires publiés, après un délai de quelques mois nécessaire à leur intégration dans le logiciel.

Dans certaines circonstances, il peut cependant être utile de faire des calculs en se plaçant dans un cadre réglementaire antérieur : c'est le cas par exemple lors de la reprise d'un avant-projet ancien ou pour des calculs liés à un contentieux.

Cette feuille vous permet de préciser les textes réglementaires à prendre en compte dans les traitements, en les cochant dans les listes ci-dessous.

Les textes réglementaires sont présentés en ordre chronologique croissant. Quand un texte est pris en compte, les textes antérieurs du même référentiel le sont aussi, sauf les versions précédentes éventuelles du texte considéré, qui sont automatiquement désactivées (grisées).

Référentiel de l'Eurocode 2

- ☒ Eurocode 2 (NF EN 1992-1-1) : 1er tirage (10-2005)
- ☒ Annexe Nationale à l'Eurocode 2 (NF EN 1992-1-1/NA) : 1er tirage (03-2007) [plus d'info...](#)
- ☒ Eurocode 2 (NF EN 1992-1-1) : 4ème tirage (05-2013) [plus d'info...](#)
- ☒ Guide d'application de l'Eurocode 2 (FD P18-717) : 1er tirage (12-2013) [plus d'info...](#)
- ☒ Annexe Nationale à l'Eurocode 2 (NF EN 1992-1-1/NA) : 2ème tirage (03-2016) [plus d'info...](#)

Référentiel de l'Eurocode 6

- ☒ Eurocode 6 (NF EN 1996-1-1) : 1er tirage (03-2006)
- ☒ Annexe Nationale à l'Eurocode 6 (NF EN 1996-1-1/NA) : 1er tirage (12-2009) [plus d'info...](#)
- ☒ NF DTU 20.1 de juillet 2020 [plus d'info...](#)

Référentiel de l'Eurocode 8

- ☒ Eurocode 8 (NF EN 1998-1) : tirages de 09-2005 ou 10-2010
- ☒ Annexe Nationale à l'Eurocode 8 (NF EN 1998-1/NA) : 1er tirage (12-2007) [plus d'info...](#)
- ☒ Annexe Nationale à l'Eurocode 8 (NF EN 1998-1/NA) : 2ème tirage (12-2013) [plus d'info...](#)

Annuler
OK

5.8. Niveaux d'étages

Cette boîte de dialogue permet de saisir les cotes et les noms des niveaux d'étages.

Comment entrer les niveaux d'étages ?

Cliquez sur la touche < Ajouter > du menu des niveaux d'étages puis cliquez dans la case créée pour entrer la cote du premier niveau d'étage. Validez par la touche < Entrée >.

Continuez pour les niveaux suivants (voir la figure de gauche ci-dessous).

Les niveaux à considérer sont les niveaux bruts supérieurs des planchers d'étage.

Les « niveaux des étages » doivent être les **niveaux bruts** du **dessus** des planchers d'étage. Cette convention nouvelle a pour but de permettre à Épicentre de déterminer sans ambiguïté la hauteur effective des murs, en vue du calcul du coefficient Phi de réduction de la résistance à la compression (vérification au second ordre des zones comprimées).

Niveaux d'étages en progression arithmétique (hauteurs d'étage constantes)

Si les cotes d'un groupe de niveaux d'étages consécutifs sont en **progression arithmétique**, ajoutez les étages correspondants sans entrer leurs cotes. Puis sélectionnez les cases créées en glissant avec la souris avant d'appuyer sur le bouton <Progression arithmétique> : entrez les paramètres de la progression et validez (voir figure de droite ci-dessus).

Cotes et désignations des niveaux d'étages

Sélectionnez les cases pour entrer leurs valeurs ou les en-têtes de lignes pour insérer ou supprimer des niveaux.

Pour entrer des cotes de niveaux en progression arithmétique :

- ajoutez les lignes de niveaux nécessaires (boutons "Ajouter" ou "Insérer")
- sélectionnez les cases de cote concernées en glissant avec la souris.
- utilisez le bouton "Progression arithmétique" qui est apparu

La cote des niveaux doit être le niveau brut supérieur des planchers. En effet, Épicentre utilise cette cote pour calculer de manière précise la hauteur effective des murs lors de la vérification des zones comprimées.

Niveaux	Cotes	Désignations
Progression arithmétique...		
fondation	100.95	RDC
niveau 1	103.65	R+1
niveau 2	106.35	R+2
niveau 3	109.05	R+3
niveau 4	111.75	Terrasse
niveau 5		
niveau 6		
niveau 7		
niveau 8		
niveau 9		

Annuler OK

Série d'étages de hauteur constante

Série de 4 hauteurs d'étages constantes :

Cote du niveau de départ : 100.95 m

Hauteur d'étage : 2.70 m

La cote du dernier niveau de la série est donc : 111.75 m

Annuler OK

Cotes et désignations des niveaux d'étages

Sélectionnez les cases pour entrer leurs valeurs ou les en-têtes de lignes pour insérer ou supprimer des niveaux.

Pour entrer des cotes de niveaux en progression arithmétique :

- ajoutez les lignes de niveaux nécessaires (boutons "Ajouter" ou "Insérer")
- sélectionnez les cases de cote concernées en glissant avec la souris.
- utilisez le bouton "Progression arithmétique" qui est apparu

La cote des niveaux doit être le niveau brut supérieur des planchers. En effet, Épicentre utilise cette cote pour calculer de manière précise la hauteur effective des murs lors de la vérification des zones comprimées.

Niveaux	Cotes	Désignations
Progression arithmétique...		
fondation	100.95	RDC
niveau 1	103.65	R+1
niveau 2	106.35	R+2
niveau 3	109.05	R+3
niveau 4	111.75	Terrasse
niveau 5		
niveau 6		
niveau 7		
niveau 8		
niveau 9		

Annuler OK

Comment insérer un niveau d'étage dans la liste déjà constituée ?

Dans la colonne de gauche (numéros des niveaux d'étages), cliquez dans la case correspondant au niveau où vous voulez insérer un étage supplémentaire : appuyez alors sur le bouton < Insérer > qui vient de s'activer à droite...

Comment supprimer un niveau d'étage ?

Dans la colonne de gauche (numéros des niveaux d'étages), cliquez dans la case correspondant au niveau que vous voulez supprimer : appuyez alors sur le bouton < Supprimer > qui vient de s'activer à droite...

5.9. Types de béton et de maçonnerie

Un ensemble de feuilles de saisie vous permet de rentrer les caractéristiques des matériaux (béton et maçonnerie) associés aux murs, poteaux et linteaux du projet.

Vous pouvez enregistrer autant de matériaux que vous le souhaitez dans vos projets.

Chaque type de matériaux (béton ou maçonnerie) reçoit un nom en clair et un code abrégé, qui facilitera l'affichage dans les tableaux de résultats.

Chaque type de matériaux reçoit également une couleur, qui permettra de distinguer les différents matériaux à l'écran.

Cependant, pour éviter les dessin trop multicolores, les murs et les poteaux seront dessinés par défaut en gris s'ils sont en béton et en bistre s'ils sont en maçonnerie (les chaînages des murs chaînés sont également dessinés).

Mais, dans la plupart des modules graphiques, il vous sera possible de demander d'appliquer les couleurs des matériaux aux murs et aux poteaux, pour que vous puissiez vérifier votre saisie.

5.9.1. Saisie des types de béton

La feuille de saisie des types de béton permet de saisir des béton légers, qui seront traités par Épicentre selon les dispositions du chapitre 11 de l'Eurocode 2-1 :

Description des bétons constitutifs des murs, des poteaux et des linteaux

Code	Désignation complète	Béton léger	Classe de masse volumique	Poids volumique	fck	Module d'Young	Couleur
BC	Béton courant	non	-	25.0 kN/m ³	35 MPa	32000 MPa	
C25	Béton C25/30	non	-	25.0 kN/m ³	25 MPa	30000 MPa	
CL25	Béton CL25/28	oui	1.8 (1601-1800 kg/m ³)	18.0 kN/m ³	25 MPa	21000 MPa	

Ajouter...
Insérer...
Modifier...
Supprimer

La "Classe de masse volumique" permet
Le "Poids volumique" est le poids volumique
Le module d'Young pris en compte est le

Modification d'un type de béton

Masse volumique
Classe de masse volumique (*) Béton léger : 1601-1800 kg/m³ (masse vol. du béton non armé)
Poids volumique du béton armé 18.0 kN/m³ (poids volumique retenu pour le calcul)
(*) Les bétons de masse volumique inférieure à 2000 kg/m³ sont des bétons légers. Leurs caractéristiques mécaniques seront calculées selon la section 11 de l'EC2-1-1.
Épicentre ne prend pas en compte les bétons légers dont le comportement ne correspond pas strictement aux dispositions de la section 11 de l'EC2-1-1 (voir l'avis technique ou le dossier technique des bétons envisagés).

Résistance et élasticité
Classe de résistance (fck) 25 MPa (résistance à la compression sur cylindres)
Ecm théorique déduit de fck 21071 MPa (Tableau 11.3.1 de l'EC2-1-1)
Ecm retenu pour ce projet (*) 21000 MPa (Ecm = module de déformation instantané)
(*) Les déformations élastiques d'un béton dépendent largement de sa composition et notamment des granulats. Par exemple, pour un béton de granulats courants (béton non léger), la valeur d'Ecm théorique déduite de fck convient pour des bétons constitués de granulats de quartzite. Pour des granulats calcaires ou des granulats issus de grès, il convient de réduire cette valeur de 10 % et 30 % respectivement tandis qu'il convient de l'augmenter de 20 % pour des granulats issus de basalte (voir EC2-1-1, § 3.1.3).

Identification
Désignation complète Béton CL25/28 (16 caractères maxi)
Désignation abrégée CL25 (5 caractères maxi)
Couleur de contrôle
Vous pouvez modifier les désignations proposées par Épicentre, notamment si le projet comporte des bétons de caractéristiques quasi-identiques.

Annuler OK

Si vous supprimer un type de béton déjà utilisé dans le projet, Épicentre vous demandera par quels bétons vous souhaitez le substituer. Vous pourrez choisir un béton de remplacement différent pour les murs, les poteaux et les linteaux déjà affectés à ce type de béton.

Les bétons légers sont réservés aux murs et ne peuvent pas être affectés à des poteaux ou des linteaux.

Épicentre permet de traiter tous types de pieux, y compris les pieux métalliques. Il n'est donc pas prévu d'affecter des types de béton aux pieux (mais vous pourrez affecter des efforts résistants ultimes par diamètres).

5.9.2. Saisie des types de maçonnerie

Épicentre vous permet de saisir tous les types de maçonnerie, en décrivant en détail toutes les particularités prévues par l'Eurocodes 6 :

Description des types de maçonnerie du projet

Affichez les infobulles explicatives en survolant les titres des colonnes avec le pointeur de votre souris.
NB : quel que soit votre choix de système d'unités (SI ou MKS), les unités utilisées ici sont celles utilisées habituellement par les fabricants (MPa, kg/m2, etc.)

Code (*)	Désignation complète	MS (**)	Matériau	Groupe	Catégorie	Épaisseur	Mortier	Joints verticaux	Poids/m2	a	fb	fm	K	fk	E	fvk0	Surf. CV	Amax CV	Couleur
urban-c	urban'bric	1	terre cuite	3	I	20 cm	joint mince	collés/remplis	160 kg/m2	6 cm	11.30 MPa	-	-	5.80 MPa	5800 MPa	0.30 MPa	225 cm2	4.52 cm2	
bgv'c	bgv'thermo	1	terre cuite	3	I	20 cm	joint mince	collés/remplis	140 kg/m2	6 cm	7 MPa	-	-	2.80 MPa	2800 MPa	0.30 MPa	225 cm2	4.52 cm2	

(*) Le suffixe -c ou -nc
(**) MS = mode de saisie

Ajouter...
Insérer...
Modifier...
Supprimer

Ajout d'un type de maçonnerie

Mode de saisie des caractéristiques de ce type de maçonnerie

☒ Saisie des références commerciales + ajout par Epicentre des caractéristiques techniques déclarées par le fabricant
Fabricant Désignation commerciale
☐ Saisie manuelle de toutes les caractéristiques, recueillies par l'utilisateur auprès du fabricant ou du fournisseur
☐ Saisie manuelle de certaines caractéristiques + calculs complémentaires par Epicentre selon les formules de l'EC6-1-1

Identification du type de maçonnerie

Désignation complète (15 caractères maxi)
Désignation abrégée (5 caractères maxi)
Utilisation pour des murs chaînés ou non chaînés ? Le suffixe -c accolé à la désignation abrégée ci-dessus rappellera ce choix.
Couleur de contrôle

Caractéristiques des éléments de maçonnerie, déclarées par le fabricant

Matériau constitutif (EC6-1-1, § 3.1.1)
Groupe des éléments de maçonnerie (EC6-1-1, tableau 3.1)
Catégorie des éléments de maçonnerie (EC6-1-1 et AN, § 2.4.3(1)P)
Épaisseur du mur brut (non enduit) cm
Résistance à la compression moyenne normalisée (fb) MPa (EC6-1-1, §3.1.2, annexe nationale, § 3.6.1)
Poids au m2 du mur monté et enduit kg/m2 (ajoutez vous-même le poids des enduits)
Épaisseur des planelles isolantes cm (mettez 0 s'il n'y a pas de planelles isolantes)

Caractéristiques du mortier de montage, déclarées par le fabricant

Nature du mortier de montage (EC6-1-1, § 3.2.1)
Résistance à la compression du mortier de montage MPa (EC6-1-1 et annexe nationale, § 3.2.2(1))
Les joints verticaux sont-ils remplis ou collés ?

Caractéristiques des chaînages verticaux

Surface de béton des chaînages verticaux cm2
Section d'acier maximum des chaînages verticaux cm2

Caractéristiques mécaniques globales de la maçonnerie, déclarées par le fabricant

Valeur de K (EC6-1-1, tableau 3.3)
Résistance caractéristique à la compression (fk) MPa (EC6-1-1 et annexe nationale, § 3.6.1)
Module d'élasticité instantané (E) MPa (EC6-1-1 et annexe nationale, § 3.7.2(2))
Résistance caractéristique initiale au cisaillement MPa (EC6-1-1, annexe nationale, tableau 3.4)

Annuler OK

5.9.3. Les 3 modes de saisie proposés par Épicentre pour les maçonneries

Selon les circonstances, vous pourrez utiliser l'un des 3 modes de saisie suivants

- saisie des références commerciales et ajout automatique par Épicentre des caractéristiques techniques déclarées par le fabricant (Épicentre connaît les produits des principaux fabricants français)
- saisie manuelle de toutes les caractéristiques techniques, recueillies par vous auprès du fabricant ou du fournisseur
- saisie manuelle de certaines caractéristiques de base et calculs complémentaires par Épicentre selon les formules de l'EC6-1-1

Ajout d'un type de maçonnerie : importation des caractéristiques techniques d'un produit du marché

Cliquez sur le produit dont vous voulez importer les caractéristiques mécaniques puis validez votre choix par le bouton "OK"...

NB : les produits sont classés par résistance caractéristique à la compression (fk) décroissante.

Fabricant : Blocs béton (Cérib) Pour plus d'informations sur ce fabricant, accédez à son site Internet...

Désignation du produit	Matériau	Groupe	Épaisseur	Mortier	Poids/m2	fb	fk	E	fvk0
Blocs B40 creux	béton de granulats	3	20 cm	traditionnel	20 kg/m2	5.43 MPa	2.61 MPa	2610 MPa	0.20 MPa
Blocs B60 creux	béton de granulats	3	20 cm	traditionnel	20 kg/m2	8.14 MPa	3.46 MPa	3470 MPa	0.20 MPa
Blocs B80 creux	béton de granulats	3	20 cm	traditionnel	20 kg/m2	10.86 MPa	4.24 MPa	4240 MPa	0.20 MPa
Blocs B80 perforés	béton de granulats	1	20 cm	traditionnel	20 kg/m2	10.86 MPa	5.83 MPa	5830 MPa	0.20 MPa
Blocs B120 perforés	béton de granulats	1	20 cm	traditionnel	20 kg/m2	16.28 MPa	7.74 MPa	7740 MPa	0.20 MPa
Blocs B160 pleins	béton de granulats	1	20 cm	traditionnel	20 kg/m2	21.71 MPa	9.46 MPa	9470 MPa	0.20 MPa

Annuler OK

NB : prévenez l'auteur du logiciel (contact@logiciel-epicentre.com) si vous constatez des erreurs, des oublis, des défauts de mise à jour dans la bibliothèque de matériaux de maçonnerie proposée par Épicentre.

5.9.4. Prise en compte des maçonneries chaînées/non chaînées par Épicentre

Épicentre distingue deux familles de murs en maçonnerie non armée (la maçonnerie armée, au sens des Eurocodes 6 et 8, cad avec des armatures horizontales de cisaillement, est rarement pratiquée en France) :

- les murs en maçonnerie non armée chaînée
- les murs en maçonnerie non armée non chaînée

Dans Épicentre, les différences de traitement entre les deux familles portent sur :

- la représentation graphique (Épicentre dessine automatiquement les chaînages verticaux situés aux extrémités des murs de maçonnerie chaînée)
- les formules de calcul utilisées pour le dimensionnement

Chaque type de maçonnerie du projet doit être associé à une de ces deux familles de murs (maçonnerie chaînée / maçonnerie non chaînée).

Si, dans votre projet, un même produit de maçonnerie (par exemple une certaine référence commerciale de brique) sert à réaliser les deux familles de murs (chaînés / non chaînés), il vous faudra donc décrire deux types de maçonnerie distincts, un pour chaque famille de murs.

Les murs désactivés pour le contreventement (murs secondaires au sens de l'EC8) ne sont pas concernés par les opérations de dimensionnement d'Épicentre et pourront donc être décrits indifféremment avec des types de maçonnerie chaînés ou non chaînés.

Murs non pris en compte dans les calculs de contreventement

Rappel : il est possible de « **désactiver pour le contreventement** » certaines sections de murs ou parties de sections de murs (elles ne sont pas prise en compte dans les calculs de contreventement statiques ou dynamiques). Par contre, tous les murs sont pris en compte par Épicentre lors du calcul de descente de charges, même s'ils sont désactivés pour le contreventement.

5.10. Éléments porteurs verticaux et linteaux

Le module « Éléments porteurs verticaux et linteaux » est un outil de saisie très complet qui permet d'ajouter, modifier ou supprimer les divers éléments porteurs verticaux du projet (murs, poteaux + pieux éventuels) ainsi que les linteaux entre murs (linteaux ou poutres de reprise).

Pour faciliter la lecture de la notice, les explications relatives à ce module sont rassemblées dans l'annexe 1, « Module de saisie des porteurs verticaux et des linteaux ».

5.11. Options pour le calcul des caractéristiques mécaniques des murs

À quoi sert cette feuille de saisie ?

Elle vous permet de préciser comment seront calculées les caractéristiques mécaniques des murs pour le calcul statique (vent) ou l'analyse modale et le calcul sismique élastique du bâtiment :

Caractéristiques mécaniques des murs pour l'analyse modale et le calcul sismique élastique

Calcul des caractéristiques mécaniques des murs en béton ou en maçonnerie

Pour l'analyse modale et le calcul sismique élastique du bâtiment, le calcul des caractéristiques mécaniques des murs en béton ou en maçonnerie intégrera les options de calcul cochées ci-dessous :

☒ Prise en compte des déformations de cisaillement des murs par la méthode de l'inertie équivalente [Aide...](#)

☒ Réduction de 50%, sur une hauteur d'étage, des caractéristiques mécaniques des parties de murs se trouvant en avancée ou en surplomb à l'occasion d'un changement de section de mur. [Aide...](#)

Prise en compte de la fissuration des murs en béton ou en maçonnerie

Pour l'analyse modale et le calcul sismique élastique du bâtiment, la fissuration des murs en béton ou en maçonnerie sera prise en compte de la manière suivante :

☐ Méthode simplifiée : abattement uniforme forfaitaire de 50% des caractéristiques mécaniques de toutes les sections de murs. (EC8-1, 4.3.1(7) et 9.4(3)).

☒ Méthode conseillée : application du coefficient d'abattement de 50% uniquement aux panneaux de murs dont la contrainte de traction en flexion composée, sous l'action sismique de calcul, peut excéder f_{ctm} pour le béton ou 0 pour la maçonnerie (calcul itératif).

La seconde méthode vous permet de majorer le coefficient de comportement de 20%, sous réserve de l'existence d'un plan de qualité prévoyant pour le béton la vérification systématique de la bonne mise en place des armatures dans les zones critiques (Annexe nationale à l'EC8-1, clause 5.2.2(10)) et pour la maçonnerie la vérification systématique de la bonne mise en œuvre des chaînages (Annexe nationale à l'EC8-1, clause 9.4(3)).

[Aide...](#)

[Annuler](#) [OK](#)

Prise en compte de la distorsion des murs par la méthode de l'inertie équivalente

Cette option permet de prendre en compte de manière approchée la distorsion des murs en utilisant la méthode de l'inertie équivalente : les inerties des murs sont minorées afin que les déformations de distorsion, négligées

par les équations de la théorie des voiles minces de Vlassov, soient à peu près compensées par le surplus de déformations de flexion dues à cette minoration.

Cette possibilité est particulièrement utile pour les bâtiments bas comprenant de nombreux murs très peu élancés. En effet, pour ces murs, les déformations de distorsion sont du même ordre que celles dues à la flexion et jouent de ce fait un rôle important dans la répartition des efforts horizontaux entre les murs.

Pour les murs élancés la répartition des efforts se fait proportionnellement aux inerties des sections : un mur deux fois plus long qu'un mur voisin parallèle a une inertie 8 fois plus grande et reprendra 8 fois plus d'efforts (inerties en $bh^3/12$).

Pour les murs très peu élancés, la répartition se fait plutôt proportionnellement aux surfaces des sections : un mur deux fois plus long qu'un mur voisin parallèle a une surface 2 fois plus grande et la répartition des efforts entre les deux murs se rapproche de ce fait du rapport 1 pour 2, au lieu de 1 pour 8 pour les murs élancés.

La prise en compte approchée des déformations de distorsion par la méthode de l'inertie équivalente permet donc une meilleure estimation de la répartition des efforts entre les voiles, notamment pour les bâtiments bas.

Réduction des caractéristiques mécaniques des parties de murs se trouvant en avancée ou en surplomb à l'occasion d'un changement de section de mur

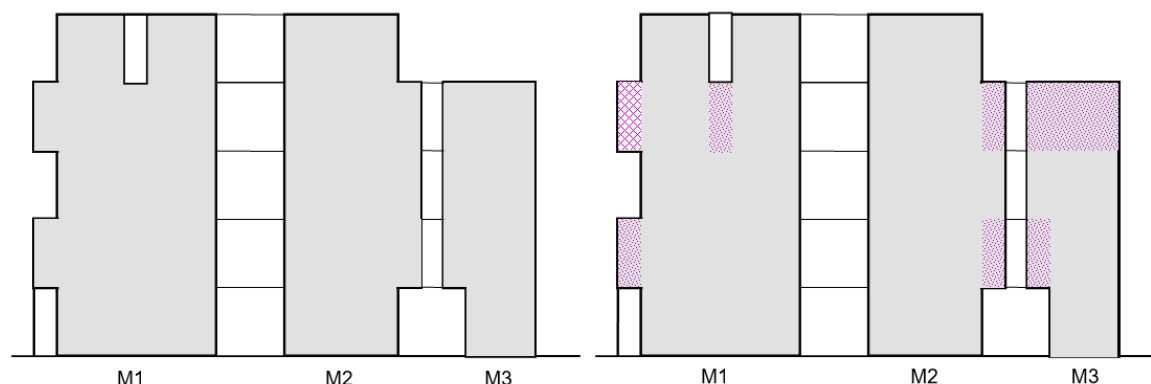
Cette fonctionnalité a pour but de mieux prendre en compte les diminutions de résistance des murs du modèle élastique au voisinage de leurs changements de section éventuels.

Considérons par exemple la file de murs présentée ci-dessous à gauche :

- le mur M1 comporte sur sa partie gauche deux panneaux en encorbellement sur une hauteur d'étage et il se sépare en deux murs au dernier étage
- le mur M2 comporte sur sa partie droite une partie basse en encorbellement et en partie haute un retrait.
- idem pour le mur M3, sur sa partie gauche. De plus le mur M3 s'arrête à l'avant dernier étage.

Il est clair que les parties de ces murs situées à proximité immédiate des avancées ou des retraits des sections ne vont pas travailler aussi efficacement que les parties situées en partie courante des murs.

Par exemple, le surcroît d'inertie apporté par le panneau en console du mur M1 situé à l'avant-dernier étage ne sera quasiment pas mobilisé lors des mouvements réels de ce mur, alors qu'il est compté à 100% dans le modèle élastique des versions d'Épicentre antérieures à la version 17.



La nouvelle fonctionnalité proposée en option par la version 17 d'Épicentre permet de réduire automatiquement de 50% ou 100%, pour les calculs élastiques, les caractéristiques mécaniques des parties de murs situées en avancée ou en retrait à l'occasion d'un changement de section de mur.

Ses principes de fonctionnement sont récapitulés sur la file de murs ci-dessus à droite :

- les caractéristiques mécaniques des parties de mur signalées par des pointillés violets sont minorées de 50% sur la hauteur d'étage située juste au-dessous ou juste au-dessus du changement de section.
- la partie en encorbellement sur une hauteur d'étage située en haut du mur 1 (hachures en diagonales) est minorée à 100%, puisqu'elle est concernée par un changement de section à la fois en partie basse et en partie haute. Elle est donc de fait automatiquement désactivée pour le contreventement.
- il en aurait été de même pour la partie en encorbellement inférieur si celle-ci n'était pas supportée par un poteau à son extrémité. Cette situation ramène à 50% la minoration appliquée au panneau concerné.
- en l'absence de ce poteau d'extrémité, le coefficient de minoration de 100% (encorbellement sur une hauteur d'étage) aurait également été ramené à 50% en présence d'un linteau à l'extrémité du panneau.
- le dernier étage du mur 3 est aussi minoré de 50% (ce mur ne monte pas jusqu'en haut de l'immeuble).
- par contre, les derniers étages des murs qui montent jusqu'en haut de l'immeuble ne sont pas minorés.

Ces minorations sont optionnelles et ne sont appliquées que pour les calculs sur le modèle élastique. Elles permettent de décrire de manière plus réaliste le comportement des murs au voisinage des changements de sections, avec pour bénéfice un transfert des efforts horizontaux entre murs plus progressif et une

moindre sollicitation des sections de transition, avec notamment une réduction des sauts d'efforts tranchants au-dessus et au-dessous (pour plus de détails, voir la section 5.11 du présent document).

Le dimensionnement des ferrillages des murs en béton ou la vérification des murs en maçonnerie sont bien entendu effectués sur les sections complètes des murs, sans minoration.

NB : pour les changements de sections de murs très importants, il est vous est recommandé de neutraliser vous-même pour le contreventement, lors de la saisie, les panneaux de murs manifestement en dehors des flux de contraintes correspondant au fonctionnement en contreventement des murs concernés.

Prise en compte de la fissuration des murs en béton ou en maçonnerie

Pour l'analyse modale et le calcul sismique élastique du bâtiment, Épicentre propose deux méthodes pour prendre en compte la fissuration des sections des murs (EC8-1, 4.3.1(6)) :

- Méthode simplifiée : abattement uniforme forfaitaire de 50% des caractéristiques mécaniques de toutes les sections de murs. (EC8-1, 4.3.1(7) et 9.4(3)).
- Méthode conseillée : application du coefficient d'abattement de 50% uniquement aux panneaux de murs dont la contrainte de traction en flexion composée, sous l'action sismique de calcul, peut excéder f_{ctm} pour le béton ou 0 pour la maçonnerie (calcul itératif).

La seconde méthode, évoquée par André Coin et Philippe Bisch dans leur ouvrage « Conception des murs en béton selon les Eurocodes » (article 5.4.4c, en haut de la page 115), vous permet de majorer le coefficient de comportement de 20%, sous réserve de l'existence d'un plan de qualité prévoyant la vérification systématique de la bonne mise en place des armatures dans les zones critiques (Annexe nationale à l'EC8-1, clause 5.2.2(10)).

Les deux méthodes de prise en compte de la fissuration donneront des résultats similaires si les voiles du bâtiment sont très sollicités : ils seront totalement ou quasi-totalement fissurés dans les deux calculs.

Dans les autres cas, la seconde méthode a plusieurs effets favorables :

- les flèches horizontales seront plus faibles
- les voiles très sollicités seront fissurés : ils verront leur résistance diminuée et recevront de ce fait moins d'efforts, ce qui correspond à une redistribution implicite des efforts entre les voiles, avec pour conséquence des ferrillages mieux répartis et globalement plus faibles.
- elle permet de majorer le coefficient de comportement de 20%.

5.12. Fondations élastiques

Cette feuille sert à donner les valeurs des raideurs des fondations élastiques de chaque mur.

La commande correspondante du menu Description du projet n'est visible que si l'option « encastrement élastique » a été choisie dans la feuille des options générales.

Comment entrer les valeurs ?

La feuille comporte une ligne par mur et une colonne par type de raideur :

- raideur vis à vis des déplacements verticaux
- raideur vis à vis des rotations autour de l'axe OX du repère utilisateur
- raideur vis à vis des rotations autour de l'axe OY du repère utilisateur

Sélectionnez une case ou un groupe de cases pour lequel vous voulez rentrer une valeur : l'unité correspondant à la raideur choisie s'affiche dans le bandeau supérieur.

Entrez la raideur et appuyer sur la touche < ENTRÉE > ou < RETURN > du clavier pour valider. Vous pouvez aussi cliquer sur le bouton < ? > du bandeau supérieur pour remettre en statut < indéterminé > des cases déjà renseignées.

Calcul des coefficients de raideur des semelles

Considérons une plaque de surface S (m²) posée sur le sol et soumise à une charge verticale \mathcal{N} (système d'unités S.I. : MN, MKS : t) provoquant une déformation élastique du sol de valeur Δu (m).

L'expérience montre que le déplacement Δu et la charge verticale \mathcal{N} sont proportionnels, ce qui peut s'écrire :

$$\mathcal{N} = K \times S \times \Delta u$$

K est appelé **module de réaction du sol** et est exprimé en MN/m³ (S.I.) ou t/m³ (MKS).

Considérons maintenant une semelle de surface S et d'inerties I_x (autour de OX) et I_y (autour de OY).

MM. Barkan, Whitman et Richart (*) ont proposé les valeurs suivantes pour les raideurs de l'ensemble sol-semelle soumis à des actions dynamiques :

$$K_Z = K \cdot S$$

$$K_X = 2K \cdot I_x$$

$$K_Y = 2K \cdot I_y$$

Valeurs courantes du module de réaction K

À défaut de valeurs plus précises issues d'essais in situ (**), on peut estimer les valeurs de K en fonction de la contrainte admissible du sol σ_a :

a) système S.I.			K (MN/m3)
Mauvais sol	(0 < σ_a < 0.15 MPa)	:	10 à 30
Sol moyen	(0.15 < σ_a < 0.35 MPa)	:	30 à 50
Bon sol	(0.35 < σ_a < 0.50 MPa)	:	50 à 100
Au-delà		:	sol rigide

b) système MKS			K (t/m3)
Mauvais sol	(0 < σ_a < 1,5 bar)	:	1000 à 3000
Sol moyen	(1,5 < σ_a < 3,5 bars)	:	3000 à 5000
Bon sol	(3,5 < σ_a < 5,0 bars)	:	5000 à 10000
Au-delà		:	sol rigide

(*) «Design Procedure for Dynamically Loaded Foundations», Journal of the Soil Mechanics and Foundation Division, ASCE, 93 (SM6), table 6 p. 188.

(**) On pourra à cet effet se rapprocher des expressions des impédances d'une fondation définies dans « Dynamique des Sols » (chapitre 6 : vibration des massifs de fondation) par Alain Pecker, Presses des Ponts et Chaussées.

Encastrement rigide vis à vis des déplacements verticaux

Le bouton <encastrement rigide> du bandeau supérieur permet d'attribuer une raideur infinie vis à vis des déplacements verticaux pour le ou les murs sélectionnés.

5.13. Paramètres pour la description détaillée des planchers

Cette feuille de saisie vous permet de régler plusieurs paramètres utilisés par le module de « description détaillée des planchers » (voir le paragraphe suivant) :

Paramètres de la description des planchers

Seuils et valeurs par défaut

Tolérance géométrique générale : 2 cm

Tolérance d'alignement des segments successifs constituant les côtés de dalles : 10 deg

Angle par défaut des lignes de rupture des côtés non porteurs : 20 deg

Ces paramètres sont utilisés par les algorithmes de découpage semi-automatique des planchers (voir la notice)

☐ Le niveau d'encastrement possède un plancher porté

Si il est décrit, ce plancher ne sera pas pris en compte dans les calculs dynamiques (ses caractéristiques massiques ne seront pas calculées).

Majoration de certaines réactions d'appui

Poutres continues 2 travées, appui central : 1.15

Poutres continues > 2 travées, appuis latéraux : 1.10

Dalles continues 2 travées, appui central : 1.15

Dalles continues > 2 travées, appuis latéraux : 1.10

Voir l'Annexe nationale et les Recommandations Professionnelles pour l'application de l'EC2-1-1 (§ 5.1.3(1)P).

☐ Les murs et les poteaux non portés sont tolérés (mais ils sont signalés en rouge)

Si la case est cochée, un plancher pourra être "ok" même s'il comporte des murs ou des poteaux non portés (cela peut être utile en avant-projet, pour gagner du temps de saisie sur des éléments n'ayant qu'un rôle secondaire).

Annuler OK

Tolérance d'alignement : Épicentre ne sait reconnaître et traiter que les dalles à trois ou quatre côtés. Or, il peut arriver que le bord d'une dalle soit constitué de plusieurs segments non parfaitement alignés (cas par exemple d'un bord courbe approximé par des segments successifs). Si l'angle relatif de ces segments successifs entre eux est inférieur à la tolérance d'alignement, Épicentre estimera que ces segments successifs constituent un seul côté de dalle, ce qui vous évitera de découper cette dalle en plusieurs dalles élémentaires adjacentes correspondant aux segments successifs non alignés.

Angle par défaut des lignes de rupture des côtés non porteurs : une dalle à quatre côtés comporte généralement un sens porteur et un sens non porteur. Une partie des charges d'extrémité de la dalle peut être affectée aux deux côtés non porteurs si vous associez à ceux-ci un angle des lignes de rupture supérieur à zéro. La valeur par défaut de l'angle de rupture des côtés non porteur des dalles du projet est définie ici. Vous pourrez la modifier localement, en cas de besoin, dans le module de description des planchers (commande « Dalles > côtés porteurs / non porteurs »). Une valeur nulle de l'angle par défaut des lignes de rupture des côtés non porteurs permet de traiter facilement le cas des planchers en hourdis ou en dalles alvéolées précontraintes.

Majoration de certaines réactions d'appui : Épicentre propose au départ les valeurs par défaut du BAEL ou de l'EC2-1-1, que vous pouvez modifier si vous le souhaitez.

Le niveau d'encastrement possède un plancher : si vous cochez cette case, le plancher du niveau d'encastrement devra être décrit dans le module de description des plancher. Il sera pris en compte dans la descente de charges mais son inertie massique n'interviendra pas dans le calcul dynamique sismique (en cas de séisme, ce plancher suit en effet les mouvements du sol, sans amplification dynamique).

Les murs et les poteaux non portés sont tolérés (mais ils sont signalés) : Quand un mur ou un poteau ne descend pas jusqu'au niveau de fondation et ne s'appuie pas en partie basse sur d'autres éléments porteurs verticaux (murs ou poteaux), il faut le porter par des poutres et/ou un plancher de reprise. Les charges verticales de ce mur ou de ce poteau sont ainsi reportées vers des éléments porteurs verticaux voisins. Le module de description détaillée des planchers d'Épicentre signale par des hachures rouges les murs et les poteaux non directement portés par des murs ou des poteaux sous-jacents. Si la case « Les murs et les poteaux non portés sont tolérés » n'est pas cochée, cette situation sera signalée comme une anomalie : il vous faudra décrire le report des charges vers les porteurs verticaux voisins pour pouvoir lancer le calcul de descente de charges. Si la case est cochée, les murs ou poteaux non portés ne déclencheront pas d'anomalie mais resteront signalés par des hachures rouges. (cela peut faire gagner du temps pour un calcul rapide d'avant-projet avec des murs ou des poteaux portés peu chargés et jouant un rôle secondaire dans le projet).

Voir les explications sur les murs et les poteaux portés dans l'annexe 2, à partir de l'article 16.

5.14. Description détaillée des planchers

Le module « Description détaillée des planchers » est un outil de saisie très complet qui permet de décrire en détail les planchers du projet, selon une approche « conventionnelle » : découpage en dalles élémentaires, sens porteurs, réseau de poutres porteuses du plancher, reports de charges des murs non portés, coefficients de majoration des réactions d'appui des balcons, etc.

Pour faciliter la lecture de la notice, les explications relatives à ce module sont rassemblées dans l'annexe 2, « Module de description détaillée des planchers (pour la descente de charges) »

5.15. Titres des chargements statiques

À quoi sert cette feuille de saisie ?

Cette feuille a deux fonctions :

- gérer la liste des chargements statiques (ajouter, insérer, supprimer, échanger des chargements)
- attribuer un titre à chacun d'entre eux

Comment ajouter, insérer, modifier ou supprimer un chargement statique ?

Utilisez les boutons situés à droite de la feuille.

Les titres peuvent être librement saisis dans les cases qui les contiennent.

Il est possible de définir jusqu'à 9 cas de charges différents.

Comment échanger les titres de deux chargements statiques ?

Double-cliquez successivement sur leurs cases d'en-tête.

Liens de la liste des chargements statiques avec le menu Description du projet »

L'ajout d'un chargement statique dans la liste entraîne l'insertion d'une commande supplémentaire dans le menu Description du projet afin de permettre la description de ce nouveau cas de charge.

Cette nouvelle commande est de la forme : « Chargement statique n°... »

5.16. Chargement statique n°...

À quoi sert cette commande ?

Cette commande permet d'afficher un sous-menu permettant de décrire les chargements génériques composant le cas de charge :

- charges horizontales concentrées
- densités de charges horizontales
- dénivellations de fondations

Signification de (ok) et (en cours) ?

La commande s'affichera « Chargement statique n°i (en cours) » si des indéterminations sont laissées dans les chargements génériques (commandes correspondantes du sous-menu non cochées).

Elle s'affichera « Chargement statique n°i (ok) » si les chargements génériques sont décrits sans indéterminations (commandes correspondantes du sous-menu cochées). Attention, cela ne signifie pas que les chargements décrits sont complets, de votre point de vue, mais simplement qu'ils sont valides...

5.17. Sous-menu Charges horizontales concentrées

À quoi sert cette feuille de saisie ?

Cette feuille sert à définir les charges horizontales concentrées du chargement statique concerné (ajouter, insérer, supprimer des charges horizontales concentrées)

Cas de charge 1 : Charges horizontales concentrées

Les charges (F_x , F_y , C) de chaque niveau sont les charges de vent NON PONDÉRÉES.
 Épicentre appliquera lui-même le coefficient 1,5 de la combinaison ELU GEO/STR avec vent prépondérant.
 C est le couple de la charge (F_x , F_y) par rapport à l'axe des Z (positif dans le sens trigonométrique du plan (OX , OY), c'est à dire dans le sens contraire des aiguilles d'une montre).
 Entrez d'abord les niveaux par cotes croissantes puis sélectionnez une ou plusieurs cases de même nature, entrez leur valeur et validez avec la touche ENTRÉE.
 NB : puisque les charges de vent provoquent un balancement du bâtiment, Épicentre calculera aussi le bâtiment avec les chargements symétriques de ceux que vous avez décrits.

Charges	Cotes	F_x	F_y	C
Valeur :		m	Progression arithmétique...	?
Charge 1	2.70	27.00	0.00	-135.00
Charge 2	5.40	27.00	0.00	-135.00
Charge 3	8.10	27.00	0.00	-135.00
Charge 4	10.80	27.00	0.00	-135.00
Charge 5	13.50	27.00	0.00	-135.00
Charge 6	16.20	27.00	0.00	-135.00
Charge 7	18.90	27.00	0.00	-135.00
Charge 8	21.60	27.00	0.00	-135.00
Charge 9	24.30	27.00	0.00	-135.00
Charge 10	27.00	27.00	0.00	-135.00

Ajouter
Supprimer
Insérer

Annuler OK

Charges horizontales concentrées : définition

Ces actions horizontales concentrées sont des forces horizontales **appliquées globalement au bâtiment** en certaines cotes. Elles représentent en général, à une cote donnée, la résultante des actions dues au vent ou au séisme de calcul pour cette cote (« efforts statiques équivalents » des règles de calcul).

Chaque action horizontale concentrée F_i est caractérisée par :

- sa cote d'application Z_i **qui n'est pas obligatoirement un niveau d'étage**.
- ses deux composantes horizontales F_{xi} et F_{yi} , calculées dans le repère utilisateur (OXY)
- son couple de torsion C_i **par rapport au point O, origine de ce repère**.

Insistons sur le fait que les composantes F_{xi} , F_{yi} et C_i sont appliquées à la cote Z_i globalement à l'immeuble et non sur mur particulier.

Unités

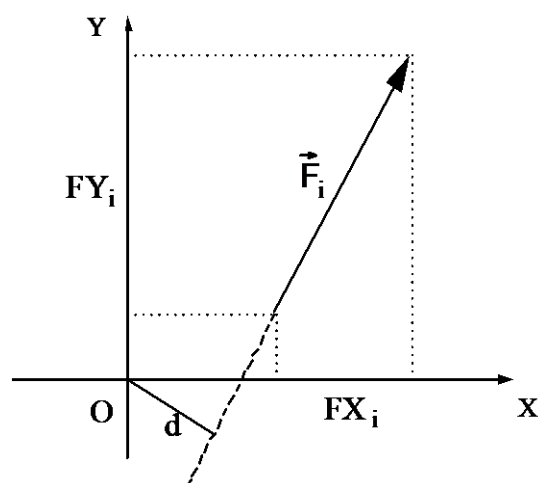
F_{xi} et F_{yi} : S.I. -> kN, MKS -> tonnes

C_i : S.I. -> kN.m, MKS -> tonnes.mètres

Conventions de signe

F_x et F_y sont comptés positivement suivant OX et OY (axes horizontaux du repère utilisateur).

C est compté positivement suivant le sens direct (trigonométrique) du plan OXY : signe positif si le couple fait tourner le bâtiment autour de O dans le sens inverse des aiguilles d'une montre.



(OXY) est le repère utilisateur

Les composantes de \vec{F}_i dans (OX, OY) sont F_{Xi} et F_{Yi}

Le couple C est le moment de \vec{F}_i par rapport à O

(origine du repère utilisateur) : $C = F_i \cdot d$

Dans l'exemple ci-dessus, C est positif car il fait tourner le bâtiment dans le sens inverse des aiguilles d'une montre.

Comment ajouter, insérer ou supprimer une charge horizontale concentrée ?

Utilisez les boutons situés à droite de la feuille.

Comment entrer les valeurs (cotes d'application et charges) ?

Sélectionnez la ou les cases dont vous voulez entrer la valeur.

L'unité à utiliser s'affiche dans le bandeau supérieur, près du champ de saisie.

Entrer la valeur et appuyez sur la touche < ENTRÉE > ou < RETURN > du clavier pour valider.

Vous pouvez aussi cliquer sur le bouton < ? > du bandeau supérieur pour remettre en statut « indéterminé » des cases préalablement renseignées.

Si les valeurs à entrer dans des cases successives sont en **progression arithmétique**, sélectionnez les cases et appuyez sur le bouton < Progression arithmétique > : entrez les paramètres de la progression et validez.

5.18. Sous-menu Densités de charges horizontales

À quoi sert cette feuille de saisie ?

Cette feuille sert à définir les densités de charges horizontales du chargement statique concerné (ajouter, insérer, supprimer des densités de charges horizontales)

Densités de charges horizontales : définition

Une densité de charges horizontales est une densité trapézoïdale de charges horizontales réparties linéairement entre deux cotes Z_{inf} et Z_{sup} .

Les composantes varient linéairement entre DFX_{inf} et DFX_{sup} , DFY_{inf} et DFY_{sup} , DC_{inf} et DC_{sup} .

Deux densités de charges ne peuvent se chevaucher entre elles.

Points d'application et conventions de signe : se reporter aux charges horizontales concentrées.

Comment ajouter, insérer ou supprimer une densité de charge horizontale ?

Utilisez les boutons situés à droite de la feuille.

Comment entrer les valeurs (cotes d'application et charges) ?

Sélectionnez la ou les cases dont vous voulez entrer la valeur.

L'unité à utiliser s'affiche dans le bandeau supérieur, près du champ de saisie.

Entrer la valeur et appuyez sur la touche < ENTRÉE > ou < RETURN > du clavier pour valider.

Vous pouvez aussi cliquer sur le bouton < ? > du bandeau supérieur pour remettre en statut « indéterminé » des cases préalablement renseignées.

Cas de charge 2 : Densités de charges horizontales

Les densités de charges (DFx, DFy, DC) sont les densités de charges de vent NON PONDÉRÉES. Épicentre appliquera lui-même le coefficient 1,5 de la combinaison ELU GEO/STR avec vent prépondérant. DC est le couple de la densité de charge (DFx, DFy) par rapport à l'axe des Z (positif dans le sens trigonométrique du plan (OX, OY), c'est à dire dans le sens contraire des aiguilles d'une montre). Entrez d'abord les niveaux par cotes croissantes puis sélectionnez une ou plusieurs cases de même nature, entrez leur valeur et validez avec la touche ENTRÉE.

NB : puisque les charges de vent provoquent un balancement du bâtiment, Épicentre calculera aussi le bâtiment avec les chargements symétriques de ceux que vous avez décrits.

Densités	Cotes	DFx	DFy	DC
Valeur	<input type="text"/>	m		<input style="width: 20px;" type="text" value="?"/>
Densité 1	0.00 27.00	0.000 0.000	0.000 27.000	0.000 135.000
Densité 2				
Densité 3				
Densité 4				
Densité 5				

5.19. Caractéristiques massiques des étages

À quoi sert cette feuille de saisie ?

Cette feuille sert à visualiser les caractéristiques massiques des étages :

- coordonnées du centre de gravité G
- masse M
- moment d'inertie massique J (il s'agit de l'inertie à la rotation autour de l'axe vertical passant par G)

Elle sert aussi à préciser votre choix pour l'excentrement du centre de gravité des étages (selon les directives de l'article 4.3.2 de l'EC8-1, pour tenir compte des torsion accidentelles d'axe vertical).

Caractéristiques massiques des étages

Les caractéristiques massiques ci-dessous sont celles des portions d'étage associées à chaque plancher (le plancher + les voiles des 1/2 étages au-dessous et au-dessus du plancher).

Pour la position des centres de torsion des voiles, voir les fichiers de résultats ou les dessins des caractéristiques mécaniques des voiles (menu Dessins des étages)

Niveaux d'étages	Masses	Moments d'inertie massique	Ecartement des centres de gravité					
			Xg	Yg	e'x	e'y	Xg + e'x	Yg + e'y
2.70	117 T	2833 T.m2	5.43 m	5.20 m	+0.55 m	+0.55 m	5.98 m	5.75 m
5.40	119 T	2821 T.m2	5.59 m	5.44 m	+0.55 m	+0.55 m	6.14 m	5.99 m
8.10	121 T	2886 T.m2	5.52 m	5.47 m	+0.55 m	+0.55 m	6.07 m	6.02 m
10.80	124 T	2950 T.m2	5.46 m	5.51 m	+0.55 m	+0.55 m	6.01 m	6.06 m
13.50	124 T	2950 T.m2	5.46 m	5.51 m	+0.55 m	+0.55 m	6.01 m	6.06 m
16.20	116 T	2727 T.m2	5.31 m	5.30 m	+0.55 m	+0.55 m	5.86 m	5.85 m
18.90	97 T	2091 T.m2	4.96 m	4.83 m	+0.55 m	+0.50 m	5.51 m	5.33 m
21.60	97 T	2091 T.m2	4.96 m	4.83 m	+0.55 m	+0.50 m	5.51 m	5.33 m
24.30	97 T	2091 T.m2	4.96 m	4.83 m	+0.55 m	+0.50 m	5.51 m	5.33 m
27.00	75 T	1518 T.m2	5.05 m	4.98 m	+0.55 m	+0.50 m	5.60 m	5.48 m

Déplacement des centres de gravité

Le déplacement du centre de gravité de calcul de chaque plancher d'étage (EC8, § 4.3.2) est calculé automatiquement sur la base de 5% des dimensions du plancher associé, les signes étant déduits de la position relative du centre de torsion des voiles de l'étage et du centre de gravité théorique du plancher.

Vous avez le choix entre trois possibilités pour ce déplacement des centres de gravité des étages :

☒ Cdg écartés des centres de torsion
 ☐ Cdg rapprochés des centres de torsion
 ☐ pas de déplacement des Cdg

Annuler

OK

Comment sont calculées les caractéristiques massiques des étages ?

Épicentre réalise les calculs à partir de la description détaillée des murs, des poteaux et des planchers.

Il mène ces calculs pour chaque niveau de plancher, en prenant en compte à chaque fois les caractéristiques massiques du plancher proprement dit auxquelles il ajoute celles des porteurs verticaux (murs et poteaux) des demi-étages situés au-dessous et au-dessus du plancher considéré.

Les caractéristiques massiques des planchers sont calculées à partir des caractéristiques de chaque dalles constitutive (géométrie, charges surfaciques G et Q, coefficient de masse partielle).

Épicentre calcule aussi la position du centre de torsion des murs de chaque demi-étage (il y a deux positions de centre de torsion distinctes si le niveau considéré correspond à un changement de groupes d'étages). L'excentrement du centre de gravité décrit ci-dessous est calculé à partir de la position moyenne de ces deux centres de torsion.

Excentrement du centre de gravité des étages

Épicentre calcule lui-même les déplacements réglementaires, sur la base de 5% des dimensions en X et en Y des planchers de référence concernés.

Trois possibilités pour le type de déplacement à appliquer aux centres de gravité des étages :

- centres de gravité écartés des centres de torsion
- centres de gravité rapprochés des centres de torsion
- pas de déplacement des centres de gravité

NB : l'EC8-1 ne précise pas s'il convient de recalculer le moment d'inertie massique des planchers (inerties à la rotation d'axe vertical) pour tenir compte de la nouvelle position du centre de gravité. Du fait que ce déplacement est censé tenir compte d'une répartition irrégulière accidentelle des masses au niveau des étages il semble logique de conserver le moment d'inertie massique théorique : c'est ce que fait Épicentre.

5.20. Paramètres de l'analyse modale

À quoi sert cette feuille de saisie ?

Cette feuille sert à saisir les paramètres de l'analyse modale :

Paramètres de l'analyse modale

Critère de sélection des modes propres

☒ pourcentage de masse modale cumulée au moins égal à %

☐ Au moins modes propres calculés

Fréquence de coupure

☐ Fréquence de coupure égale à Hz

☒ Pas de fréquence de coupure

Attention : la prise en compte d'une fréquence de coupure risque d'empêcher que les critères liés au pourcentage de masse modale cumulée ou au nombre minimum de modes propres soient respectés.

Annuler OK

5.21. Paramètres du calcul sismique

À quoi sert cette feuille de saisie ?

Elle permet de choisir les paramètres du calcul sismique demandé et de préciser les deux directions sismiques à prendre en compte.

Eurocode 8 : paramètres sismiques de calcul

Paramètres sismiques du projet

Spectres de calcul utilisés : Règles nationales (arrêté du 22/10/2010)

Catégorie d'importance : II EC8-1 (4.2.5)

Zone de sismicité : 3 EC8-1 (3.2.1)

Classe de sol : B EC8-1 (3.1.2)

Coefficient de comportement : 1.80 EC8-1 (5.2.2, 5.3.3)

Réduction d'agr en cas de travaux sur un bâtiment existant
En cas de travaux sur un bâtiment existant, l'article 3 de l'arrêté du 22 octobre 2010 applique un abattement de 40% sur l'accélération de référence agr déduite de la zone de sismicité.

☐ abattement de 40% sur l'accélération de référence agr (bâtiment existant)

Prise en compte de l'effort normal dynamique

☐ Prise en compte forfaitaire de l'effort normal dynamique ($\pm 50\%$ des charges gravitaires) pour la flexion composée (EC8-1, 5.4.2.5(3)P,(4) et (5))

Choix des directions sismiques de calcul

☐ Imposées ☒ Calculées par le logiciel

Annuler OK

Comment entrer les valeurs ?

Utilisez les boutons de sélection et les champs de saisie.

Méthode de calcul

Rappelons que la méthode de calcul utilisée par Épicentre pour mener les calculs sismiques est l'analyse modale spectrale, décrite en détail dans le site Internet d'Épicentre (section « théorie et pratique »).

Prise en compte de l'effort normal dynamique

Épicentre ne procède pas aux vérifications liées à l'effort normal dynamique, que la Commission Nationale PS considère « comme pratiquement toujours sans effet » (réunion du 23 mars 2011).

Choix des deux directions sismiques de calcul

Conformément à l'Eurocode 8-1, le mouvement de translation horizontal du séisme de calcul est représenté par deux composantes horizontales orthogonales, dont on calcule d'abord séparément les effets sur la structure. Ces deux directions sismiques de calcul peuvent être imposées par vous.

À défaut, elles seront automatiquement calculées par Épicentre : Dans ce cas, la première direction sismique de calcul sera la direction de participation maximum du mode propre ayant la plus grande masse modale effective. La deuxième direction de calcul lui sera directement perpendiculaire.

Pour plus de détails, voir le chapitre 3 des Compléments techniques détaillant le calcul sismique selon l'EC8-1.

5.22. Paramètres de la descente de charges

À quoi sert cette feuille de saisie ?

Cette feuille permet de fixer l'angle de diffusion des contraintes utilisé dans l'algorithme de descente de charges dans les murs. Elle permet aussi d'indiquer si l'altitude du projet dépasse 1000 m (cette information est nécessaire pour le calcul des combinaisons de descente de charges relatives aux charges de neige).

Quels choix pour l'angle de diffusion des contraintes ?

Trois valeurs sont proposées :

- 0 (les efforts appliqués aux murs descendent verticalement, sans diffusion)
- 1 pour 3 (valeur prévue par le DTU 23.1 pour la diffusion des contraintes dans les murs non armés)
- 2 pour 3 (valeur prévue par le DTU 23.1 pour la diffusion des contraintes dans les murs armés)

Il peut être judicieux de mener des calculs successifs en faisant varier l'angle de diffusion des contraintes.

Par exemple, le dimensionnement des fondations et la vérification des murs au repos (sans séisme) pourrait plutôt se faire avec un angle de diffusion de 1 ou 2 pour 3 : on peut en effet considérer que dans ce cas il y a bien diffusion, en particulier par suite du fluage sous charges de longue durée.

En revanche, le dimensionnement des aciers des murs sous sollicitation sismique pourrait plutôt se faire en supposant qu'il n'y a pas diffusion : en cas de soulèvement, en particulier, il est important de respecter le point d'application des charges mobilisées dans les étages supérieurs.

5.23. Paramètres pour le ferrailage des murs en béton

À quoi sert cette feuille de saisie ?

Cette feuille permet de saisir les caractéristiques communes des bétons et des aciers du projet :

Paramètres pour le ferrailage des murs en béton

Coefficients partiels des bétons et des aciers (EC2-1-1, § 2.4.2.4)

Bétons : γ_c (séisme : 1.3, vent : 1.5) (pour le séisme, voir l'Annexe nationale EC8-1, § 5.2.4(3))

Aciers : γ_s (séisme : 1, vent : 1.15)

Limite élastique des armatures des murs en béton

Limite caractéristique d'élasticité f_{yk} : MPa (400 à 600 MPa)

Ductilité des armatures des murs en béton (EC2-1-1 § 3.2.7)

☐ Domaine plastique parfait (palier plastique horizontal sans limite de déformation)

☒ Domaine plastique avec écrouissage (palier plastique incliné d'allongement ultime ϵ_{uk})

Allongement ultime ϵ_{uk} : %

Coefficient d'écrouissage k : (1.08 à 1.35)

La résistance ultime bornant le palier plastique incliné est $k \cdot f_{yk} / \gamma_s$

L'allongement ultime de calcul est égal à $0.9 \epsilon_{uk}$

Rugosité des surfaces de reprise de bétonnage des murs (EC2-1-1, § 6.2.5(2) et (5))

Rugosité : $\mu = 0.6$ et $c = 0.10$ (séisme : c a été divisé par 2)

Pourcentage maximum d'armatures des potelets incorporés des murs en béton (*)

ϖ_s : %

(*) Les armatures longitudinales des murs sont regroupées en potelets de dimensions $a \times d$.
 La longueur d de chaque potelet est au moins égale à l'épaisseur a du mur.
 Cette longueur d est par ailleurs ajustée par Epicentre de façon à ce que le pourcentage d'armatures du potelet reste inférieur à la valeur limite ϖ_s imposée par l'utilisateur.
 L'EC2-1-1 limite à 4% le pourcentage des armatures longitudinales (§ 9.5.2(3) et 9.6.2(1)).
 Il est conseillé d'utiliser un pourcentage inférieur (par exemple 2%) pour faciliter la mise en place des armatures et la vibration du béton.

Pourcentage d'armatures maximum des potelets incorporés (ϖ_s)

Épicentre regroupe les armatures verticales de flexion des murs en potelets de dimensions $a \times d$ situés aux extrémité de mur :

- a = épaisseur du mur
- d = longueur du potelet (au moins égale à l'épaisseur)

Épicentre ajuste d pour que le pourcentage d'armatures du potelet reste inférieur à la valeur limite ϖ_s imposée par l'utilisateur (rappel : l'EC2-1-1 limite à 4% le pourcentage des armatures longitudinales (clauses 9.5.2(3) et 9.6.2(1)) mais **il est conseillé d'utiliser un pourcentage inférieur (par exemple 2%) pour faciliter la mise en place des armatures et la vibration du béton.**

5.24. Paramètres pour le ferrailage des murs en maçonnerie

À quoi sert cette feuille de saisie ?

Cette feuille permet de saisir les caractéristiques communes aux maçonneries du projet :

Paramètres pour le dimensionnement des murs en maçonnerie

Coefficient partiel des maçonneries (Annexe nationale EC6-1-1, § 2.4.3)

Niveau du contrôle d'exécution : Niveau 3 (IL3) : plan d'assurance qualité continu

Maçonneries de catégorie I avec mortier d'usage courant : γ_M 1.5 (séisme : le coefficient 2/3 de l'EC8-1 § 9.6(3) est intégré, avec la valeur plancher de 1,5)

Maçonneries de catégorie I avec mortier performantiel (*) : γ_M 1.5

Maçonneries de catégorie II avec tous mortiers : γ_M 1.53 (*) mortiers de joints minces ou mortiers allégés

Caractéristiques du béton de remplissage des chaînages verticaux

Classe de résistance : C16/20

Résistance caractéristique à la compression : f_{ck} 16 MPa

Résistance caractéristique au cisaillement : f_{cvk} 0.33 MPa

Coefficient partiel : γ_C 1.3 (séisme : 1.3, vent : 1.5)

Caractéristiques mécaniques des armatures des chaînages verticaux

Résistance caractéristique : f_{yk} 500 MPa (400 à 600 MPa)

Coefficient partiel : γ_S 1 (séisme : 1, vent : 1.15)
(voir EC2-1-1, § 2.4.2.4) et Annexe nationale à l'EC8-1, § 5.2.4(3))

Ductilité des armatures des chaînages verticaux (EC2-1-1 § 3.2.7)

☒ Domaine plastique parfait (palier plastique horizontal sans limite de déformation)

☐ Domaine plastique avec écoulement (palier plastique incliné d'allongement ultime ϵ_{uk})

Allongement ultime ϵ_{uk} ? %

Coefficient d'écrouissage k ? (1.08 à 1.35)

La résistance ultime bornant le palier plastique incliné est $k \cdot f_{yk} / \gamma_S$

L'allongement ultime de calcul est égal à $0.9 \epsilon_{uk}$

Annuler OK

5.25. Paramètres pour la vérification des pieux

À quoi sert cette feuille de saisie ?

Cette feuille permet de saisir les caractéristiques communes aux pieux du projet :

Paramètres pour la vérification des pieux

Coefficient de surcapacité (DCM)

Valeur du coefficient de surcapacité $\gamma_{Rd} \cdot \Omega$: (voir le § 4.2.2.1 du CT38 de l'AFPS)

Pour les structures dissipatives (DCM), le § 5.3.1(1)P de l'EC8-5 exige un dimensionnement en capacité, tenant compte du développement d'une possible sur-résistance.

A cet effet, les efforts sismiques de calcul appliqués aux fondations sont multipliés par le coefficient $\gamma_{Rd} \cdot \Omega$.

Le dimensionnement en capacité n'est pas exigé pour les structures DCL, non dissipatives, avec un q inférieur ou égal à 1,5 (§ 5.3.1(2)P de l'EC8-5 et § 2.2.2(2) de l'EC8-1).

Efforts résistants verticaux, statiques et dynamiques, des pieux (facultatif)

Pour chaque effort résistant, indiquez la plus petite des deux valeurs suivantes :

- effort résistant ultime interne du pieu lui-même (STR), calculé par vous-même ou fourni par l'entreprise de fondation.
- effort résistant ultime du pieu dans le contexte de sol du projet (GEO), fourni par le BE géotechnique.

Si vous ne renseignez pas ces efforts résistants, Épicentre ne pourra pas vérifier le dimensionnement des pieux et/ou les redimensionner automatiquement à partir des efforts calculés.

Pieux	DDC (*)	calcul sismique dynamique	
diamètres	compression (kN)	compression (kN)	traction (kN)
420	2656	2656	1239
520	3559	3559	1534
620	4562	4562	1829
720	5647	5647	2124

(*) DDC = descente de charges statique (charges gravitaires seules)

Ajouter...
Modifier...
Supprimer

Annuler OK

Efforts résistants ultimes des pieux

Toutes les catégories et classes de pieux pouvant être utilisées pour fonder un bâtiment sont acceptées par Épicentre : pieux en béton, pieux métalliques, micropieux.

Il n'est donc pas prévu d'affecter un type de béton aux pieux.

La résistance des pieux vis-à-vis des efforts verticaux, pourra cependant être indiquée à Épicentre en affectant des efforts résistants ultimes aux diamètres de pieux utilisés dans le projet.

La saisie des efforts résistants ultimes des pieux est facultative.

Si elle est faite, Épicentre pourra d'affecter des diamètres aux pieux selon les charges verticales qu'ils reçoivent et/ou vérifier les diamètres déjà affectés.

5.26. Paramètres pour la vérification des poteaux

À quoi sert cette feuille de saisie ?

Cette feuille permet de saisir les caractéristiques par défaut communes aux poteaux du projet :

Paramètres pour la vérification des poteaux

Coefficients partiels des bétons et des aciers (EC2-1-1, § 2.4.2.4)

Bétons : γ_C (séisme : 1.3, vent : 1.5) (pour le séisme, voir l'Annexe nationale EC8-1, § 5.2.4(3))

Aciers : γ_S (séisme : 1, vent : 1.15)

Limite élastique des armatures des poteaux

Limite caractéristique d'élasticité f_{yk} : MPa (400 à 600 MPa)

Longueur libre par défaut des poteaux (L)

☒ entre le dessus de la dalle inférieure et le dessous de la dalle supérieure
☐ entre le dessus de la dalle inférieure et la sous-face de la poutre supérieure, si elle existe
Dans son article 5.8.3.2(3), le Guide d'application des normes NF EN 1992 (FD P18-717) indique que " la hauteur libre L s'entend entre dessus de dalle inférieure et sous-face de dalle supérieure, si les éléments s'opposant au flambement dans la direction considérée sont des dalles, sinon, entre dessus de plancher inférieur et sous-face de poutre du plancher supérieur ".

Longueur de flambement par défaut des poteaux (L0)

☒ $L_0 = 0,7 L$ (sauf si un des planchers n'est pas en béton ou assimilé, auquel cas $L_0 = L$)
☐ $L_0 = L$
Dans son article 5.8.3.2(2), le Guide d'application des normes NF EN 1992 (FD P18-717) indique que " la longueur libre de flambement des poteaux d'étages courants des bâtiments, lorsque leur raideur n'est pas prise en compte dans le contreventement et pour autant qu'ils soient correctement connectés en tête et en pied à des éléments de raideur supérieure ou égale, peut être représentée par $L_0 = 0,7 L$ ".

Paramètres de ferrailage par défaut pour ÉPIPOT

Enrobage des aciers mm (mesuré à partir du bord des armatures)

Armatures transversales

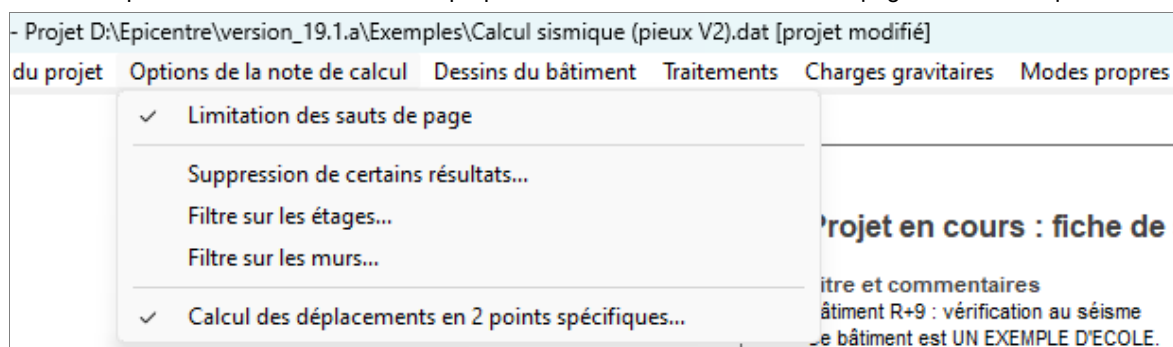
Ces valeurs par défaut ainsi que celles relatives aux vérifications de flambement et à la limite élastique des aciers pourront être modifiées pour chaque poteau dans ÉPIPOT.

Annuler OK

6. LE MENU OPTIONS DE LA NOTE DE CALCUL

6.1. À quoi sert le menu Options de la note de calcul ?

Le menu Options de la note de calcul est proposé dans la barre de menus de la page d'accueil d'Épicentre :



Ce menu sert à personnaliser la note de calcul issue du calcul statique ou sismique :

- limitation du nombre de sauts de page (pour limiter le nombre de pages à imprimer)
- suppression de certains tableaux correspondant à des résultats intermédiaires non essentiels
- suppression sélective de certains étages dans les tableaux de résultats (choix modulables selon les tableaux de résultats)
- suppression pure et simple des résultats de certains murs (cas d'ensembles de murs semblables)
- demande de résultats complémentaires (déplacements horizontaux en des points choisis)

6.2. Limitation des sauts de page

À quoi sert cette commande ?

Cette commande du menu Options permet de supprimer la majeure partie des sauts de page de la note de calcul afin de limiter le nombre de pages à imprimer.

Comment indiquer son choix ?

Cliquez sur la ligne du menu afin d'ajouter ou de supprimer la coche : si la ligne est cochée, la limitation des sauts de page sera appliquée au moment du calcul.

6.3. Suppression de résultats intermédiaires

À quoi sert cette feuille de saisie ?

Cette feuille permet de supprimer complètement certains tableaux de résultats :

- caractéristiques géométriques des sections interfaces des murs
- caractéristiques calculées des groupes d'étages et de leurs sections interfaces
- caractéristiques des modes propres
- chargements sismiques résultants
- efforts globaux à la base du bâtiment

Comment indiquer ses choix ?

Sélectionnez les tableaux à supprimer en cochant les cases associées.

6.4. Filtre sur les étages

À quoi sert cette feuille de saisie ?

Cette feuille permet de supprimer complètement certains étages sélectivement dans les tableaux suivants :

- déplacements horizontaux d'ensemble
- efforts dans les linteaux (effort tranchant et moment)
- efforts dans les murs
- descente de charges
- composantes sismiques verticales
- contraintes globales dans les murs

Comment indiquer ses choix ?

Indiquez quels sont les étages conservés pour chaque famille de tableaux de résultats. Pour ce faire, cliquez sur les boutons de choix proposés :

- | | |
|---------------------|---|
| < tous les étages > | Les tableaux concernés sortiront avec tous les étages |
| < aucun étage > | Les tableaux visés seront donc en fait supprimés |
| < certains étages > | Choisissez les étages à conserver en les sélectionnant dans la feuille temporaire qui apparaît pour la circonstance |

6.5. Filtre sur les murs

À quoi sert cette feuille de saisie ?

Il arrive que dans des bâtiments symétriques et très réguliers certains groupes de murs ont un comportement strictement identique : mêmes efforts internes, mêmes contraintes.

La présente feuille vous permet de demander la suppression de tous les tableaux de résultats relatifs aux murs que vous désignerez expressément.

Comment indiquer ses choix ?

Sélectionnez les numéros des murs à supprimer en les sélectionnant dans le tableau proposé.

6.6. Déplacements en des points et des directions spécifiques

À quoi sert cette feuille de saisie ?

Vous pouvez demander à Épicentre de calculer les **déplacements horizontaux de points particuliers selon des directions choisies** (vérification des déplacements du bâtiment ou aide au dimensionnement des joints de dilatation).

Cette feuille a deux fonctions :

- gérer la liste des demandes de calcul (ajouter, insérer, supprimer, échanger des demandes de calcul de déplacements en des points spécifiques)
- décrire ces demandes de calcul (quels points et selon quelles directions ?)

Comment ajouter ou supprimer des demandes de calcul de déplacement en des points spécifiques ?

La première demande sera ajoutée grâce au bouton <Ajouter> situé à droite de la feuille.

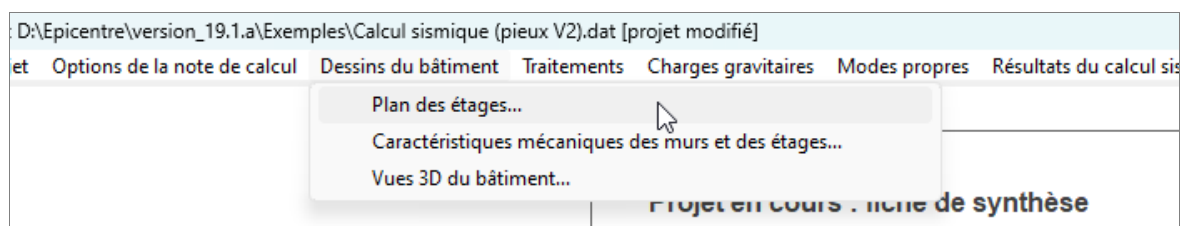
Pour entrer les paramètres des demandes, sélectionnez la ou les cases du tableau que vous voulez renseigner et entrez la valeur dans le champ de saisie du bandeau supérieur (l'unité associée s'affiche près du champ de saisie). Par la suite, pour ajouter, insérer ou supprimer des demandes, cliquez dans la colonne d'en-tête des demandes pour activer l'environnement de gestion des demandes et utilisez les boutons de la droite de la feuille.

7. LE MENU DESSINS DU BÂTIMENT

7.1. Le menu Dessins du bâtiment : présentation générale

Où trouve-t-on le menu Dessins du bâtiment ?

Ce menu est présent dans toutes les barres de menus du logiciel :



À quoi sert le menu Dessins du bâtiment ?

Il permet d'appeler trois modules de dessin :

- dessin à l'écran les plans des niveaux d'étages.
- visualisation à l'écran les caractéristiques mécaniques des murs, des appuis et des niveaux complets (centres de gravité, centres de flexion, inerties principales).
- vues en perspective du bâtiment (3D), manipulables avec la souris ou le clavier.

Comment retourner dans un autre environnement de travail ?

Vous disposez de plusieurs possibilités :

- le menu Fenêtre, qui vous présente trois options : fermer la fenêtre affichée, retourner à la page d'accueil ou quitter Épicentre
- les autres menus qui vous permettent d'entrer directement dans l'environnement de travail proposé.
- enfin, le menu Écran, qui vous permet de revenir dans n'importe lequel des environnements de travail déjà ouverts.

7.2. Le module graphique « Plans des étages »

Objet du module

Ce module permet d'afficher les plans d'étage du bâtiment, ce qui permet de vérifier la saisie des éléments de structure (murs, poteaux, linteaux, pieux).

Contenu de la barre de titre

La barre de titre de l'application, située le long du bord supérieur de l'écran, rappelle clairement le contenu de l'affichage présenté et le niveau dessiné :

- Niveau +9.10 m (3^{ème} étage) et hauteur d'étage au-dessus : plan de l'étage
- Hauteur d'étage de +0.00 m (RDC) à +2.70 m (1^{er} étage) : caractéristiques mécaniques des murs
- Interface au niveau +2.70 m (1^{er} étage) : caractéristiques mécaniques des murs

Peut-on afficher plusieurs dessins ?

On peut afficher alternativement un exemplaire de chacun des deux types de dessin. Les réglages d'affichage de chaque dessin sont indépendants (vous pouvez afficher des zones de plancher et des niveaux différents dans chaque dessin).

Comment dessiner un niveau ?

C'est très simple :

- Choisissez le niveau à dessiner dans le menu Niveaux
- Dans le menu Affichage, réglez l'affichage en cochant vos choix (murs, pieux, linteaux, poteaux, etc.).
- Si des indéterminations existent dans le niveau dessiné (données incomplètes), elles vous seront signalées dans le menu ANOMALIES qui apparaîtra pour la circonstance.

Le menu ANOMALIES

Le menu ANOMALIES n'apparaît que lorsque le niveau dessiné contient des anomalies (données incomplètes ou non valides).

Dans ce cas le menu ANOMALIES vous permet de consulter la liste exhaustive des anomalies rencontrées, classées par types d'éléments structuraux (murs, linteaux, etc.) : Pour chaque anomalie, le numéro de l'élément indéterminé est écrit dans la liste.

Utilisation de la barre d'outils, de la souris et des touches du clavier

Avec les boutons de la barre d'outils vous pouvez modifier le cadrage du plan d'étage dessiné à l'écran : zoom avant ou arrière, déplacement ou retour en vue d'ensemble.

Vous pouvez aussi utiliser la molette de la souris pour zoomer (faites rouler la molette) ou déplacer la vue (appuyez sur la molette en déplaçant la souris).

Pour changer de niveau d'étage, utilisez les boutons à flèche verticale de la barre d'outils.

Vous pouvez aussi utiliser le clavier : pour commander l'affichage du niveau immédiatement supérieur (ou inférieur), appuyez sur la touche Flèche vers le haut (ou Flèche vers le bas) du clavier.

Pour commander l'affichage du dernier niveau (ou du premier), appuyez sur la touche « page suivante » (ou « page précédente ») du clavier.

7.3. Le module graphique « Caractéristiques mécaniques des murs »

Fonctionnement général du module

Les règles sont globalement les mêmes que pour le module « Plans des étages ».

Affichage des hauteurs d'étages ou des « interfaces » (niveaux des planchers)

Les caractéristiques mécaniques des murs et des niveaux complets sont bien entendu constantes sur chaque hauteur d'étage.

Mais il est important de s'intéresser aussi aux caractéristiques mécaniques des murs au niveau de chaque plancher, là où certains murs peuvent changer de section, voire même apparaître ou disparaître. En effet, au niveau des planchers, les sections résistantes des murs sont les « sections interfaces », c'est-à-dire les sections qui correspondent aux parties de murs qui existent à la fois au-dessous et au-dessus du plancher.

Le menu Niveaux permet d'afficher au choix les caractéristiques des murs pour chaque hauteur d'étage et pour chacun des niveaux interfaces, correspondant aux niveaux des planchers.

Fissuration des murs et minoration des inerties

Nous avons vu dans le § 5.11 que pour l'analyse modale et le calcul sismique élastique du bâtiment, la fissuration du béton des sections des murs peut être prise en compte de deux manières (EC8-1, 4.3.1(6)) :

- Méthode simplifiée : abattement uniforme forfaitaire de 50% de la rigidité élastique à la flexion de toutes les sections de murs. La rigidité d'effort normal n'est pas modifiée (EC8-1, 4.3.1(7)).
- Méthode conseillée : application du coefficient d'abattement de 50% uniquement aux plans de contreventement des sections de murs dont la contrainte en traction peut excéder f_{ctm} (calcul itératif). La rigidité d'effort normal n'est pas modifiée.

Le module « Caractéristiques mécaniques des murs » permet d'afficher au choix les caractéristiques des sections fissurées ou non fissurées. Le choix est fait en cochant ou non la première ligne du menu Affichage ou en utilisant les touches « flèche à droite » ou « flèche à gauche » du clavier pour basculer d'un mode d'affichage à l'autre.

Si vous avez minoré volontairement les caractéristiques mécaniques de certaines parties de murs, le module vous permettra d'afficher les inerties avec ou sans ces minorations imposées.

S'il a été demandé que les caractéristiques mécaniques des murs soient réduites au voisinage des changements de section des murs (voir le § 5.11), les parties de murs concernées sont signalées en violet (pointillés violets pour une réduction de 50% et hachures violettes pour une réduction de 100%).

7.4. Le module graphique « Vues 3D du bâtiment »

Objet du module

Ce module permet d'afficher des vues 3D du bâtiment, ce qui présente au moins trois intérêts :

- vérifier la saisie des éléments structuraux et des planchers,
- examiner visuellement des configurations complexes d'éléments structuraux en certains points du bâtiment afin de mieux comprendre le fonctionnement du bâtiment en ces points,
- utiliser des vues 3D du bâtiment pour illustrer les documents diffusés à l'extérieur.

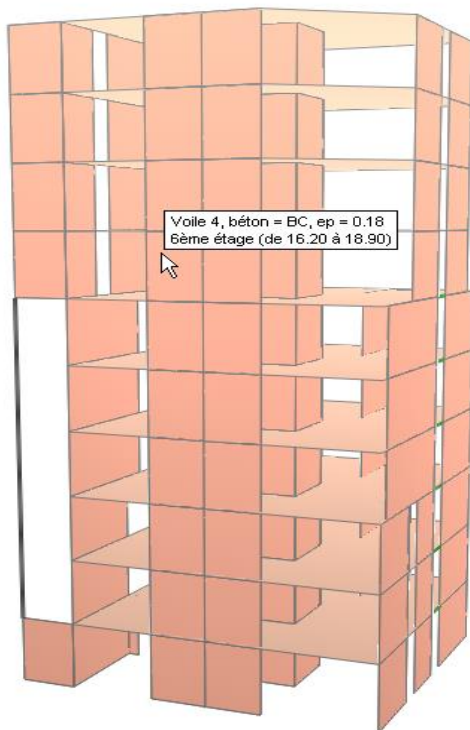
Personnalisation du rendu des vues 3D affichées

À l'ouverture, le module affiche plein écran une vue en perspective de l'ensemble du bâtiment, montrant les murs, les planchers, les poteaux et les linteaux.

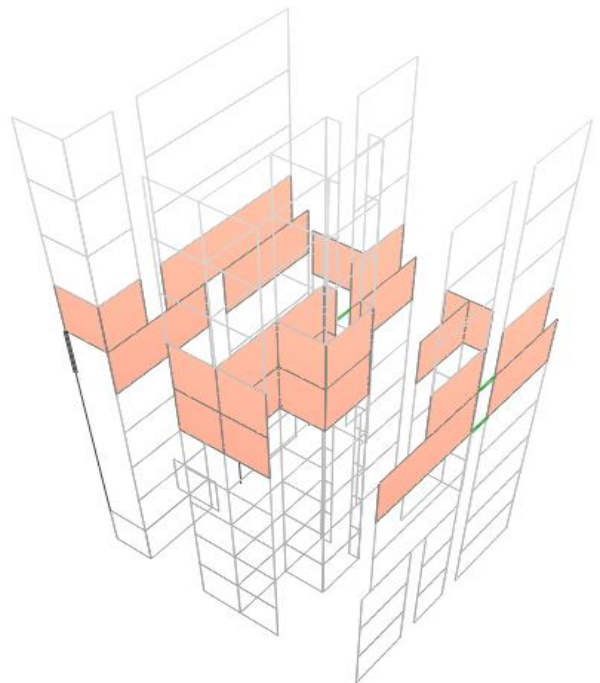
Lorsque le pointeur de la souris survole un panneau de mur, une étiquette affiche dynamiquement plusieurs informations relatives à ce panneau de mur : numéro du mur, type de béton, épaisseur, désignation de l'étage, avec ses côtes altimétriques (pour désactiver ce comportement, décochez la ligne correspondante du menu Affichage).

Le menu Affichage vous permet également de personnaliser le rendu : repérage (en gris) des parties de murs désactivées pour le contreventement, affichage des couleurs des bétons, modification des couleurs par défaut des éléments de structure, restriction de l'affichage à certains niveaux.

Les deux figures ci-dessous illustrent ces différentes possibilités :



Vue 3D avec affichage des caractéristiques du panneau de mur situé sous la souris



Vue 3D des murs et des poteaux de certains étages, sans les planchers

Manipulation du bâtiment avec la souris ou le clavier

En utilisant la souris (et sa molette) ou certaines touches du clavier, vous pouvez appliquer au bâtiment des rotations, des translations ou des zooms (voir l'aide à la fin du menu Affichage).

Copie de la vue 3D en cours dans le presse-papier

Tapez CTRL+C sur le clavier pour copier la vue 3D en cours dans le presse-papier.

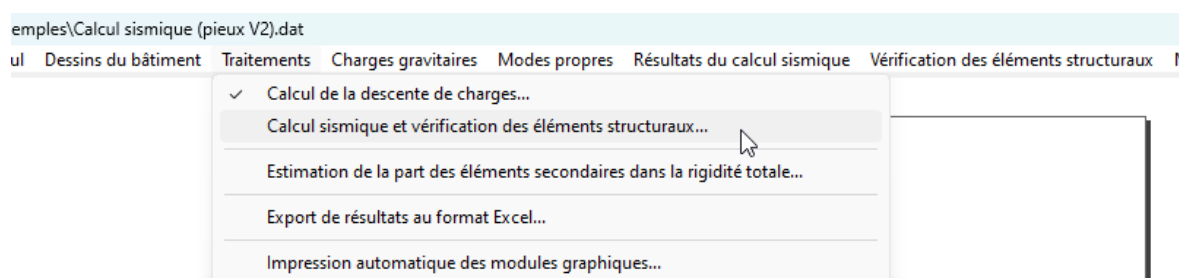
Vous pourrez ensuite la « coller » dans une application bureautique de votre choix, par exemple pour illustrer un rapport ou une note de calcul.

8. LE MENU TRAITEMENTS

8.1. Le menu Traitements : présentation générale

Où trouve-t-on le menu Traitements ?

Ce menu est présent uniquement dans la page d'accueil du logiciel :



À quoi sert le menu Traitements ?

Il permet de lancer l'ensemble des traitements proposés par Épicentre :

- le calcul de descente de charges
- le calcul de contreventement (calcul statique ou calcul sismique dynamique selon la méthode de l'analyse modale spectrale), suivi de la vérification des éléments structuraux (murs, pieux, poteaux)
- Estimation de la part de raideur latérale des éléments secondaires
- Export de certains résultats dans des fichiers Excel
- l'impression automatique paramétrée des modules graphiques (préparation de notes de calcul).

Commandes du menu Traitements

Le menu Traitements comporte les quatre commandes suivantes (ou des commandes de libellés similaires) :

- Calcul de la descente de charges...
- Calcul sismique et vérification des éléments structuraux...
- Estimation de la part des éléments secondaires dans la rigidité totale...
- Exports de résultats aux format Excel...
- Impression automatique des modules graphiques...

Le libellé de la seconde commande varie selon vos choix : calcul statique ou calcul sismique.

Cette seconde commande est absente s'il n'est pas demandé de calcul de contreventement (pas de calcul statique ni de calcul sismique dynamique).

La troisième commande (part de raideur latérale des éléments secondaires) n'est présente qu'en cas de calcul sismique.

Les deux dernières commandes sont toujours présentes.

Signification de la désactivation des commandes du menu Traitements

Ces commandes sont désactivées (texte grisé) si aucun projet n'est ouvert ou s'il subsiste des données non valides dans la description du projet.

En outre, la seconde commande reste grisée tant que la première n'a pas été activée (le calcul de descente de charges doit se faire avant le calcul de contreventement et le ferrailage des murs).

Les traitements cochés ont été réalisés

Ceci est valable pour les deux premières lignes du menu : par exemple, dans la figure en haut de page, la descente de charges est faite mais l'étape « calcul sismique + vérification des éléments structuraux » reste à faire.

Épicentre n'enregistre pas les résultats des traitements dans le fichier Projet

Il vous faut donc relancer les traitements (c'est très rapide !) à chaque fois que vous chargez dans Épicentre un projet que vous aviez déjà calculé lors d'une session de travail précédente.

Ce choix permet de conserver des fichiers projets très peu volumineux, rapides à enregistrer ou à recharger et qu'il est facile d'archiver ou de transmettre par courrier électronique.

8.2. Calcul de descente de charges

Le calcul est lancé par la première commande du menu Traitements.

Cette commande n'est accessible que si tous les planchers sont complètement décrits (la commande « Plancher des étages » est cochée dans le menu Description du projet et tous les niveaux sont notés « (ok) » dans le menu Niveaux du module de description des planchers).

Pendant le calcul, une fenêtre d'information rappelle l'angle de diffusion des contraintes de descente de charges appliqué et affiche une barre de progression, avec indication des étapes successives du calcul.

En fin de calcul, Épicentre affiche le dessin des efforts de descente de charges dans les porteurs verticaux.

Les autres modules de dessin du menu Charges gravitaires sont activées et vous permettent de visualiser à l'écran les résultats du calcul de descente de charges sous différents aspects (voir le chapitre consacré au menu Charges gravitaires).

8.3. Calcul statique ou sismique selon les Eurocodes

Ces calculs sont lancés par la seconde commande du menu Traitements.

Enregistrement préalable du fichier projet et choix du chemin de la note de calcul

Si au moment du lancement du calcul le projet comporte des modifications non enregistrées annoncées par la mention « [projet modifié] » placée dans la barre de titre en haut de l'écran, Épicentre vous demande d'enregistrer le projet avant de procéder au calcul.

Une boîte de dialogue vous demande ensuite le chemin de la note de calcul.

Étapes du traitement

En cas de calcul statique au vent, le traitement comporte trois étapes principales :

- le calcul statique proprement dit (construction de la matrice-transfert globale et inversion du système),
- l'écriture de la note de calcul qui rassemble tous les tableaux de résultats issus du calcul,
- la vérification des éléments structuraux.

En cas de calcul sismique dynamique, le traitement comporte cinq étapes principales :

- l'analyse modale du bâtiment
- le calcul sismique proprement dit (correspondant à la combinaison des calculs statiques modaux),
- le calcul éventuel de la composante sismique verticale, si la prise en compte de celle-ci a été demandée,
- l'écriture de la note de calcul qui rassemble tous les tableaux de résultats issus du calcul,
- la vérification des éléments structuraux.

En cas de calcul sismique selon les Eurocodes, le traitement comporte quatre étapes principales :

- l'analyse modale du bâtiment, **avec prise en compte de la fissuration des murs** soit en une fois (méthode simplifiée : abattement uniforme forfaitaire de 50% de la rigidité élastique à la flexion de toutes les sections de murs), soit en plusieurs itérations (méthode conseillée : application du coefficient d'abattement de 50% uniquement aux sections de murs dont la contrainte en traction peut excéder f_{ctm} pour le béton et 0 pour la maçonnerie : Épicentre enchaîne plusieurs analyses modales complètes successives, jusqu'à ce que la fissuration des murs soit stabilisée).
- le calcul sismique proprement dit (correspondant à la combinaison des calculs statiques modaux), en utilisant le même état de fissuration des murs que pour l'analyse modale,
- l'écriture de la note de calcul qui rassemble tous les tableaux de résultats issus du calcul,
- le dimensionnement du ferrailage des murs des murs en béton et la vérification des murs en maçonnerie.

À la fin du traitement complet, la note de calcul correspondant au calcul statique ou sismique effectué est appelée à l'écran

En cas de calcul sismique selon les Eurocodes, les caractéristiques mécaniques des murs pour les calculs élastiques peuvent intégrer, en plus de la fissuration, les deux options de calcul décrites au § 5.11 :

- prise en compte des déformations de cisaillement des murs par la **méthode de l'inertie équivalente**
- **réduction de 50% ou 100% des caractéristiques mécaniques** des parties de murs se trouvant en avancée ou en surplomb à l'occasion d'un changement de section de mur

Si l'utilisateur a minoré les inerties de certaines sections de voiles, pour redistribuer les efforts entre les voiles, l'analyse modale est menée avec les sections non minorées, les sections minorées n'étant prises en compte qu'au stade du calcul sismique proprement dit, mené avec les chargements statiques équivalents modaux issus de l'analyse modale.

8.4. L'outil d'export de résultats au format Excel

L'outil permet d'exporter de nombreux résultats au format Excel :

- efforts gravitaires et efforts de vent ou sismiques dans les murs, au niveau des fondations
- efforts verticaux dans les pieux (efforts gravitaires et efforts de vent ou sismiques)
- efforts horizontaux dans les pieux (efforts de vent ou sismiques)
- caractéristiques des poteaux
- efforts verticaux dans les poteaux (efforts gravitaires et efforts de vent ou sismiques)

D'autres exports de résultats pourront être ajoutés à la demande des utilisateurs.

8.5. L'outil d'impression automatique des modules graphiques

Objet de cet outil

On désigne par l'expression « modules graphiques » tous les modules d'Épicentre dessinant à l'écran des représentations diverses du projet en cours ou présentant de manière graphique les résultats des traitements qui lui ont été appliqués.

Dans chaque module graphique, l'utilisateur peut imprimer les dessins obtenus, soit étage par étage soit en bloc pour tous les étages. Les impressions peuvent être dirigées vers une imprimante classique ou vers une imprimante virtuelle pdf.

La préparation manuelle de toutes impressions destinées à être intégrées dans une note de calcul s'avère vite longue et fastidieuse.

L'outil d'impression automatique des modules graphiques permet de préparer rapidement puis de lancer une tâche d'impression automatique des dessins retenus par l'utilisateur (choix des modules graphiques et des niveaux d'étages demandés).

Comment choisir les impressions demandées ?

Il suffit de cocher les modules pour lesquels des dessins sont demandés et de restreindre éventuellement l'impression de ces modules à certains étages en cliquant dans la colonne de droite du tableau (appel d'une boîte de dialogue qui permet de choisir les étages à imprimer).

La figure de la page suivante montre un exemple de paramétrage .

Paramétrage préalable de l'affichage des modules graphiques

En l'absence d'action spécifique de votre part, les impressions demandées seront effectuées avec les réglages par défaut des modules graphiques.

Par exemple, une partie des modules graphiques disposent d'outils permettant de régler le facteur d'échelle de certains éléments graphiques : taille des axes d'inerties, échelle des diagrammes de contraintes ou d'efforts linéaires, etc. Une impression avec les valeurs par défaut de ces facteurs d'échelle donnera souvent des dessins peu lisibles.

Pour que les impressions soient réalisées avec des facteurs d'échelle qui vous conviennent, il vous suffira d'ouvrir les modules concernés avant de lancer l'impression automatique et de régler les facteurs d'échelle à votre convenance, sans refermer les modules après réglage.

Le module d'impression appellera ainsi des modules déjà ouverts et correctement réglés.

Avec la même méthode (réglage préalable), vous pouvez régler finement l'affichage de chaque module (quels éléments sont affichés ou masqués, quelle combinaison de charges, etc.)

Exemple de paramétrage de l'outil d'impression automatique des modules graphiques :

Paramétrage de l'impression des modules graphiques

Cochez les modules graphiques à imprimer puis précisez les étages concernés.
Utilisez une imprimante PDF pour construire votre note de calcul au format PDF.

Choix des impressions demandées

<input checked="" type="checkbox"/> Porteurs verticaux et linteaux	<input checked="" type="radio"/> tous	<input type="radio"/> ... étages sur 11
<input checked="" type="checkbox"/> Description détaillée des planchers	<input type="radio"/> tous	<input checked="" type="radio"/> 4 étages sur 11
<input checked="" type="checkbox"/> Plans des étages	<input type="radio"/> tous	<input checked="" type="radio"/> 4 étages sur 11
<input checked="" type="checkbox"/> Caractéristiques mécaniques des murs	<input type="radio"/> tous	<input checked="" type="radio"/> 4 étages sur 11
<input checked="" type="checkbox"/> Contribution des étages	<input type="radio"/> tous	<input checked="" type="radio"/> 4 étages sur 11
<input checked="" type="checkbox"/> Diagrammes des charges dans les porteurs verticaux	<input type="radio"/> tous	<input checked="" type="radio"/> 4 étages sur 11
<input type="checkbox"/> Diagrammes des contraintes dans les porteurs verticaux	<input checked="" type="radio"/> tous	<input type="radio"/> ... étages sur 11
<input checked="" type="checkbox"/> Torseurs des charges par plans de contreventement	<input type="radio"/> tous	<input checked="" type="radio"/> 4 étages sur 11
<input type="checkbox"/> Contraintes normales élastiques dans les murs	<input checked="" type="radio"/> tous	<input type="radio"/> ... étages sur 11
<input type="checkbox"/> Cisaillement élastique théorique dans les murs	<input checked="" type="radio"/> tous	<input type="radio"/> ... étages sur 11
<input type="checkbox"/> Cisaillement conventionnel dans les murs	<input checked="" type="radio"/> tous	<input type="radio"/> ... étages sur 11
<input checked="" type="checkbox"/> Armatures verticales de flexion composée	<input type="radio"/> tous	<input checked="" type="radio"/> 4 étages sur 11
<input checked="" type="checkbox"/> Vérification des zones de béton comprimé	<input type="radio"/> tous	<input checked="" type="radio"/> 4 étages sur 11
<input checked="" type="checkbox"/> Armatures horizontales de cisaillement	<input type="radio"/> tous	<input checked="" type="radio"/> 4 étages sur 11
<input type="checkbox"/> Armatures verticales de couture	<input type="radio"/> tous	<input checked="" type="radio"/> 4 étages sur 11

Aide... Choix de l'imprimante... Imprimer Fermer

Choix de l'imprimante : intérêt des imprimantes virtuelles pdf

Si une imprimante virtuelle pdf a été installée sur votre PC, elle vous sera proposée dans la liste des imprimantes disponibles appelée par le bouton « Choix de l'imprimante... » situé en bas à gauche de la feuille.

Si vous choisissez une imprimante pdf, tous les dessins demandés seront rassemblés dans un fichier pdf unique, dont le nom et le chemin vous seront demandés en début de traitement.

Vous pourrez ensuite fusionner ce fichier pdf avec le fichier pdf de votre note de calcul, en utilisant un logiciel gratuit (ou payant !) disponible sur Internet.

L'outil d'impression automatique ne concerne pas les dessins en 3D

En effet, les dessins en 3D du bâtiment nécessitent une mise en page manuelle avant l'impression, pour régler le point de vue, l'orientation, les couleurs, etc.

Il en est de même pour les visualisations en 3D des modes propres.

Il vous appartient donc de préparer vous-même des copies d'écran des vues 3D qui vous conviennent (copier la vue 3D en cours en tapant CTRL+C au clavier).

Les vues copiées pourront être intégrées dans des fichiers pdf de différentes manières (par exemple, copiez-les dans un document Word, ajoutez des légendes, réglez la mise en page et enregistrez le fichier aux formats Word et pdf).

9. LE MENU CHARGES GRAVITAIRES

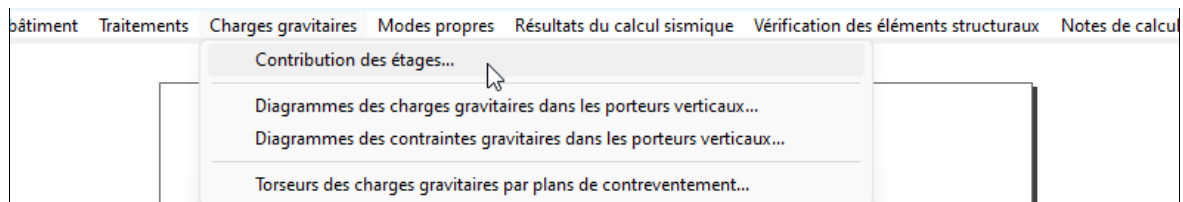
Ce chapitre donne quelques indications sur la manière dont sont menées les descentes de charges d'Épicentre et sur les exploitations auxquelles elles peuvent donner lieu.

Il est recommandé de le lire après un premier calcul, tout en manipulant à l'écran les outils de visualisation du menu Charges gravitaires d'Épicentre.

9.1. Le menu Charges gravitaires : présentation générale

Où trouve-t-on le menu Charges gravitaires ?

Ce menu est présent dans toutes les barres de menus du logiciel :



À quoi sert le menu Charges gravitaires ?

Ce menu est présent dans les six environnements de travail.

Il vous permet de visualiser à l'écran divers éléments relatifs à la descente de charges.

Les commandes du menu Charges gravitaires

Contribution des étages...	Pour afficher à l'écran (et pour imprimer) la contribution de chaque étage à la descente de charges (charges apportées par l'étage)
Diagrammes des charges dans les porteurs verticaux...	Diagrammes des efforts de descente de charges dans les murs et les poteaux
Diagrammes des contraintes dans les porteurs verticaux...	..	Diagrammes des contraintes de descente de charges dans les murs et les poteaux
Torseurs des charges par plans de contreventement...	Ce sont les torseurs de descente de charges (M,N) utilisés pour le dimensionnement des ferraillements dans chaque plan de contreventement des murs.

Contenu de la barre de titre dans les modules du menu Charges gravitaires

Lorsque vous êtes dans un des modules du menu Charges gravitaires, la barre de titre de l'application située le long du bord supérieur de l'écran rappelle clairement le contenu de l'affichage présenté : cote du niveau, nature de l'affichage, unités d'efforts ou de contraintes, combinaison G + Q affichée, prise en compte ou non du poids propre des murs, etc..

9.2. Les étapes d'un calcul de descente de charges

Les étapes d'une descente de charges par Épicentre sont très classiques et correspondent à l'approche « traditionnelle » des projeteurs en béton armé :

- 1) le calcul de descente de charges s'appuie au départ sur une description détaillée des planchers d'étages (voir l'annexe 2) et des porteurs verticaux (murs, appuis entre murs, poteaux : voir l'annexe 1).
- 2) à partir de la description de chaque plancher, Épicentre détermine les diagrammes des charges en périphérie des dalles, selon un pas de 10 cm (ce pas de 10 cm sera conservé par la suite pour l'ensemble des opérations d'affectation ou de transfert de charges entre éléments structuraux).
- 3) ces charges élémentaires issues des dalles sont reprises par les poutres, les murs en porte-à-faux ou les porteurs verticaux du plancher (avec application le cas échéant des majorations d'appui liées aux dalles continues).
- 4) les charges élémentaires affectées à des poutres ou des murs en porte-à-faux sont conduites par Épicentre vers les porteurs verticaux de ces éléments (les algorithmes correspondants tiennent compte des majorations de réactions d'appui éventuellement nécessaires).
- 5) les réactions d'appui des poutres et des murs en porte-à-faux sont réparties sur leurs emprises d'appui avant d'être affectées aux murs qui les reçoivent.
- 6) le poids propre des murs et des poteaux est calculé pour chaque hauteur d'étage.
- 7) la descente de charges proprement dite correspond au cumul de ces différentes charges, depuis le haut du bâtiment jusqu'au niveau de fondation, avec prise en compte de l'angle de diffusion des contraintes qui a été demandé.
- 8) Épicentre sait traiter les reports de charges correspondant à des murs suspendus (charges « remontées » vers les niveaux supérieurs) ou à des murs portés par des poutres et/ou des planchers qui reportent les charges de ces murs vers les murs voisins (cf. explications des § 16 à 19 de l'annexe 2).

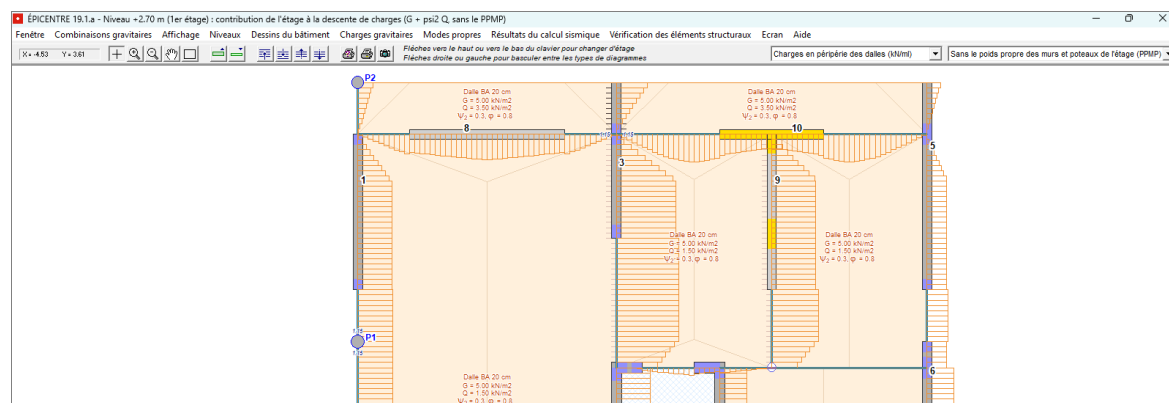
9.3. Le module « Contribution des étages »

Objet du module

Comme son nom l'indique, ce module permet de visualiser et d'analyser en détail les charges apportées par un étage donné (plancher + murs et poteaux de la hauteur d'étage en cours).

Ce module est accessible même si la descente de charges n'a pas encore été réalisée : les niveaux dont le plancher a été entièrement décrit afficheront des diagrammes de charges, ceux dont les planchers sont en cours n'afficheront que la structure porteuse, avec un message indiquant que le plancher du niveau est à décrire.

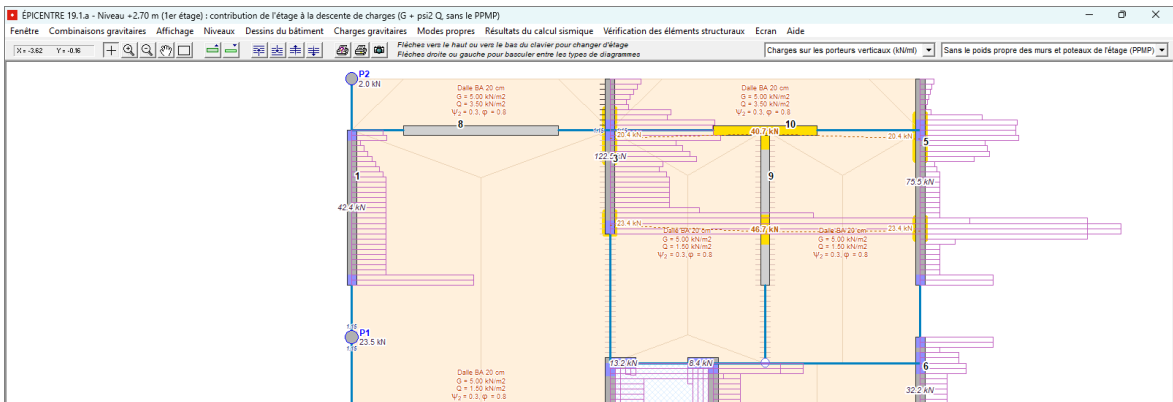
Deux types d'affichage pour deux type de diagrammes



La copie d'écran ci-dessus correspond au premier type d'affichage : **charges en périphérie des dalles** (voir le choix de la première liste déroulante à droite de la barre d'outils). Les diagrammes montrent comment les charges appliquées sur les dalles sont ramenées en périphérie de celles-ci, en fonction des sens porteurs et des lignes de rupture qui ont été saisis (voir l'annexe 2 au présent document).

Ce traitement correspond aux étapes 2 et 3 du processus décrit au paragraphe 9.2 en haut de cette page.

NB : la seconde liste déroulante à droite de la barre d'outils indique que les charges permanentes correspondant aux murs et aux poteaux de l'étage ne sont pas prises en compte dans l'affichage proposé.



La copie d'écran ci-dessus montre le deuxième type d'affichage : **charges sur les porteurs verticaux** (voir le choix de la première liste déroulante à droite de la barre d'outils). Les diagrammes montrent comment les charges en périphérie des dalles sont ramenées vers les porteurs verticaux de l'étage en dessous par les poutres ou les voiles en porte-à-faux : ces charges sont réparties sur les appuis des poutres ou des murs en porte-à-faux (dessinés en bleu).

Ce traitement correspond aux étapes 4 à 6 du processus décrit au paragraphe 9.2 en haut de cette page.

NB : les murs 9 et 10 situés à gauche du dessin sont portés à ce niveau (2 zones portées colorées en jaune). Le logiciel affiche les efforts de descente de charges au droit de ces zones portées ainsi que les efforts dans les appuis associés sur les voiles 3 et 6 (reliés par des segments orange). L'effet de ces efforts au niveau des appuis sur les voiles 3 et 6 apparaît clairement dans les diagrammes (sauts d'efforts sur les zones d'appui).

En utilisant les boutons *Flèche droite* et *Flèche gauche* du clavier, vous pouvez basculer instantanément entre les deux types de diagrammes.

De nombreuses combinaisons de charges

Avec le menu Charges ou avec la seconde liste déroulante à droite de la barre d'outils, vous pouvez choisir parmi plusieurs combinaisons $G + Q + N$, avec ou sans poids propre des murs.

Il vous est ainsi facile d'analyser la répartition des charges et la part représentée par les charges permanentes et/ou d'exploitation des dalles et celle du poids propre des murs.

Vous pouvez aussi analyser les charges portées par les poutres et la valeur des réactions d'appui.

Interrogation de la valeur locale des charges avec le pointeur de la souris

La valeur locale des charges s'affiche à proximité du pointeur de la souris si vous placez celui-ci à la base des diagrammes de charges.

9.4. Le module « Diagrammes des charges dans les porteurs verticaux »

Objet du module

Ce module permet de visualiser et d'analyser en détail les efforts de descente de charges dans les murs et les poteaux.

Accessibilité du module

Ce module n'est accessible que si tous les planchers sont complètement décrits (la commande « Plancher des étages » est cochée dans le menu Description du projet et tous les niveaux sont notés (ok) dans le menu Niveaux du module de description des planchers).

Raccourci : pour lancer le calcul de descente de charges, vous pouvez appeler ce module (ou celui relatif aux contraintes dans les porteurs verticaux) plutôt que de lancer la commande « Calcul de la descente de charges... » dans le menu Traitements.

Remarques sur la diffusion des contraintes

La diffusion des contraintes a pour effet de répartir et d'égaliser les charges au sein des sections de murs.

De ce fait le centre de gravité des charges appliquées dans les étages est déplacé à mesure qu'elles descendent : une charge appliquée de manière excentrée sur un mur au 5^{ème} étage se retrouve quasi-centrée au rez-de-chaussée. Le moment de renversement dû à cette charge est donc perdu en pied de mur.

En pratique, ceci n'est pas très gênant pour des bâtiments courants : en effet, ce moment serait de toute façon en grande partie absorbé par un travail en buton des planchers bordant le mur (effet drapeau). Et l'analyse rigoureuse de ces phénomènes par le calcul est impossible (effets de fluage, prise en compte des étalements en phase de travaux, etc.).

Le paragraphe suivant montre qu'une solution satisfaisante à ce problème peut être apportée par la prise en compte d'angles de diffusions différents selon les calculs que l'on fait.

Importance du choix de l'angle de diffusion des contraintes

Le calcul de descente de charges peut être conduit avec 3 valeurs possibles pour l'angle de diffusion des contraintes (voir le paragraphe 5.23 sur les paramètres de la descente de charges) :

- 0 (les efforts appliqués aux murs descendent verticalement, sans diffusion)
- 1 pour 3 (valeur prévue par le DTU 23.1 pour la diffusion des contraintes dans les murs non armés)
- 2 pour 3 (valeur prévue par le DTU 23.1 pour la diffusion des contraintes dans les murs armés)

Il peut être judicieux de mener des calculs successifs différents en faisant varier l'angle de diffusion des contraintes.

Par exemple, le dimensionnement des fondations et la vérification des murs au repos (sans séisme) pourrait plutôt se faire avec un angle de diffusion de 1 ou 2 pour 3 : on peut en effet considérer que dans ce cas il y a bien diffusion, en particulier par suite du fluage sous charges de longue durée.

Par contre, le dimensionnement des aciers des murs sous sollicitation sismique pourrait plutôt se faire en supposant qu'il n'y a pas diffusion : en cas de soulèvement, en particulier, il est important de respecter le point d'application des charges mobilisées dans les étages supérieurs.

Cas des murs suspendus

Les murs suspendus ont leur partie inférieure suspendue, sur un ou plusieurs étages, à un niveau supérieur (les charges ainsi « remontées » sont ensuite reportées sur les murs voisins, à l'étage de reprise).

Les diagrammes de charges linéaires ne sont pas dessinés dans les parties suspendues des murs. Seules sont écrites les valeurs cumulées des charges « remontées », pour chaque panneau des sections de murs concernées.

9.5. Le module « Diagrammes des contraintes dans les porteurs verticaux »

Ce module est très semblable au précédent, qui montre les efforts, alors que celui-ci visualise les diagrammes de contraintes.

9.6. Le module « Torseurs des charges par plans de contreventement »

Objet du module

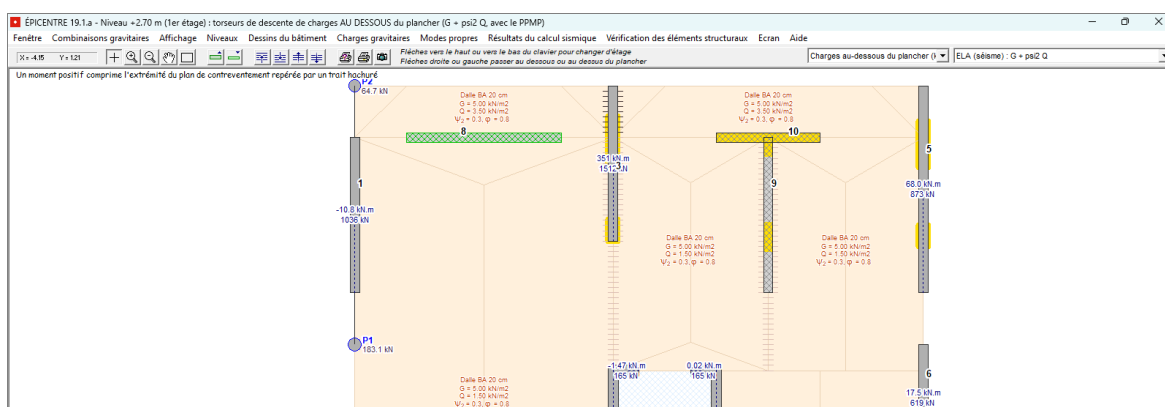
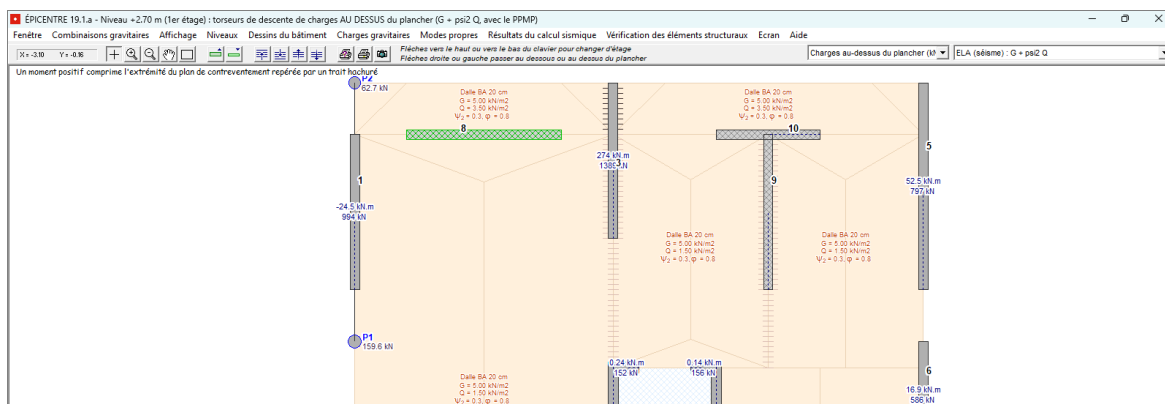
Ce module permet de visualiser les torseurs de descente de charges (M, N) dans chaque plan de contreventement des sections de murs. Ce sont ces torseurs qui sont utilisées lors du dimensionnement des ferrailages, en combinaison avec les efforts générés par les sollicitations extérieures de vent ou de séisme.

Un *plan de contreventement* est un ensemble de segments successifs d'une section, assemblés de manière rectiligne (ou quasi-rectiligne : Épicentre admet les défauts d'alignement inférieurs à 5 degrés) et fonctionnant ensemble en flexion composée lorsque le mur est soumis à des actions horizontales. Un mur en L, par exemple, possède 2 plans de contreventement, un mur en U possède 3 plans de contreventement.

Deux types d'affichage : au-dessus et au-dessous du plancher

Comme dans les deux modules précédents, vous pouvez basculer instantanément entre les deux types de diagrammes en utilisant la liste déroulante à droite de la barre d'outils ou les boutons Flèche droite et Flèche gauche du clavier.

Les deux dessin ci-dessous présentent les torseurs de descente de charges (M, N) dans les plans de contreventement des murs, juste au-dessus et juste au-dessous du plancher du niveau en cours :



Signe des moments

Chaque plan de contreventement est « orienté » par un trait tireté dessiné sur une des deux demi-longueurs du panneau : les moments de descente de charges positifs compriment la demi-longueur de panneau repérée par le trait tireté.

De nombreuses combinaisons de charges

Avec le menu Efforts ou avec la seconde liste déroulante à droite de la barre d'outils, vous pouvez choisir parmi plusieurs combinaisons G + Q + N, avec ou sans poids propre des murs.

Cas des murs suspendus

Épicentre ne tient pas compte des éventuelles parties de murs suspendues lors du calcul de contreventement du bâtiment (calcul élastique du bâtiment, sous les sollicitations extérieures de vent ou de séisme).

En effet, ces parties de murs majoritairement tendues travaillent très mal en flexion : elles seront donc a priori uniquement ferraillées pour remonter les charges mais pas pour résister au vent ou aux séismes.

Par conséquent, Épicentre ne calculera pas les éléments de ferrailage des sections de murs suspendues.

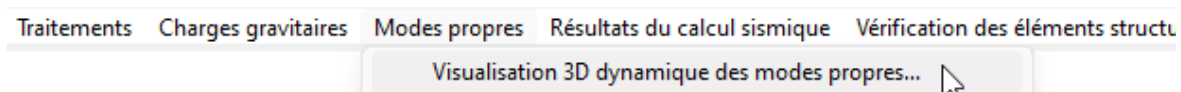
De ce fait, les torseurs de descente de charges ne sont pas donnés pour ces sections.

10. LE MENU MODES PROPRES

10.1. Le menu Modes propres : présentation générale

Où trouve-t-on le menu Modes propres ?

Ce menu est présent dans toutes les barres de menus du logiciel (sauf si le projet en cours est analysé en mode « calcul statique ») :



La ligne « Représentation 3D dynamique des modes propres » est grisée (désactivée) tant que l'analyse modale du projet n'a pas été effectuée.

À quoi sert le menu Modes propres ?

Il permet d'appeler le module de visualisation 3D dynamique des divers modes propres de vibration du bâtiment, issus de l'analyse modale.

Comment retourner dans un autre environnement de travail ?

Vous disposez de plusieurs possibilités :

- le menu Fenêtre, qui vous présente trois options : fermer la fenêtre affichée, retourner à la page d'accueil ou quitter Épicentre
- les autres menus qui vous permettent d'entrer directement dans l'environnement de travail proposé.
- enfin, le menu Écran, qui vous permet de revenir dans un des environnements de travail déjà ouverts.

10.2. Le module « Représentation 3D dynamique des modes propres »

Objet du module

Ce module permet de visualiser des représentations 3D dynamiques des modes propres de vibration du bâtiment, ce qui présente au moins trois intérêts :

- vous pourrez analyser visuelle des divers modes propres du bâtiment afin de mieux comprendre le fonctionnement dynamique global du bâtiment pendant un séisme, en torsion et en flexion. Vous pourrez en particulier apprécier visuellement la part de torsion et la part de flexion de chaque mode (cette répartition entre torsion et flexion d'ensemble est évaluée quantitativement, sous forme de pourcentages de répartition, par les facteurs de direction modale : voir le § A3.5)
- Vous pourrez aussi vous intéresser aux déformations et déplacements locaux dans des zones du bâtiment particulièrement sollicitées du fait de dispositions défavorables de certains éléments de structure.
- vous pourrez enfin copier-coller des vues 3D des déformées modales des principaux modes propres pour illustrer des documents diffusés à l'extérieur

Choix du mode propre représenté

À l'ouverture, le module affiche une vue en perspective du bâtiment vibrant selon le premier mode propre.

Vous pouvez changer de mode propre en choisissant dans la liste déroulante de la barre d'outils.

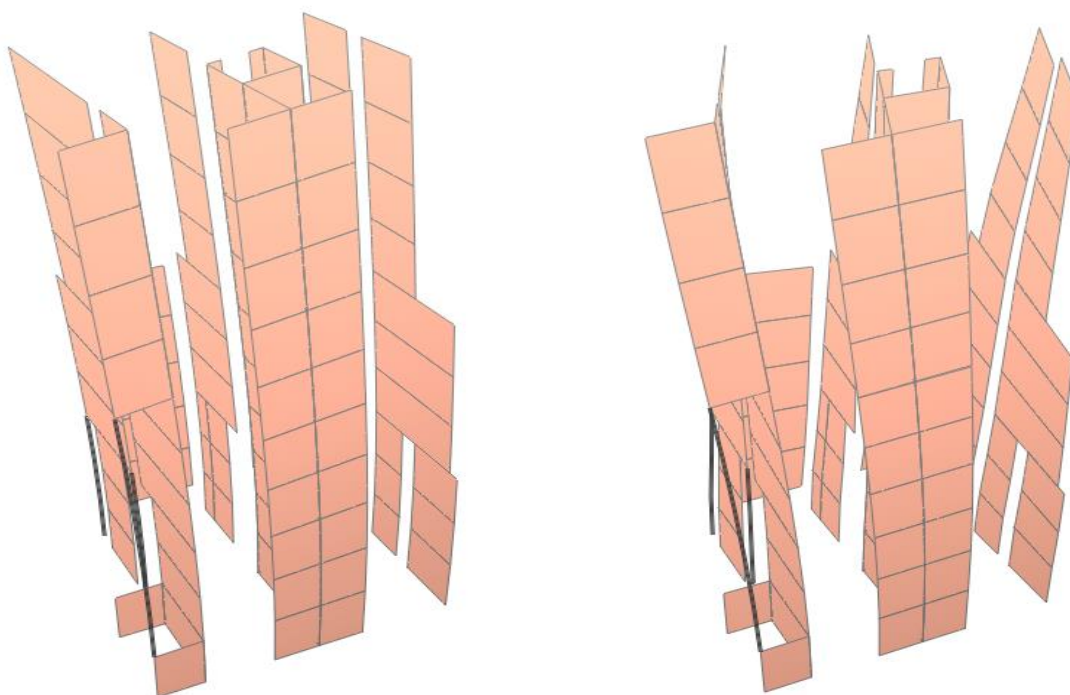
Réglage de l'amplitude des mouvements

Par défaut, l'amplitude de la déformée modale de chaque mode propre est réglée pour présenter à l'écran des mouvements modérés.

Vous pouvez augmenter l'amplitude de ces mouvements en double-cliquant en un point quelconque de l'écran (appuyez en même temps sur la touche Majuscule du clavier pour diminuer l'amplitude des mouvements).

NB : tous les modes vibrent à l'écran avec la même fréquence (les périodes des modes propres ne sont pas respectées car elles sont généralement beaucoup trop courtes pour autoriser une visualisation correcte des mouvements).

Les figures ci-dessous montrent un bâtiment vibrant selon ses deux premiers modes propres :



Personnalisation du rendu des vues 3D affichées

Le menu Affichage vous permet de personnaliser le rendu : repérage (en gris) des parties de murs désactivées pour le contreventement, affichage des couleurs des bétons, modification des couleurs par défaut des éléments de structure, restriction de l'affichage à certains niveaux.

Manipulation du bâtiment avec la souris ou le clavier

En utilisant la souris (et sa molette) ou certaines touches du clavier, vous pouvez appliquer au bâtiment des rotations, des translations ou des zooms (voir l'aide à la fin du menu Affichage).

Copie de la vue 3D en cours dans le presse-papier

Tapez CTRL+C sur le clavier pour copier la vue 3D en cours dans le presse-papier.

Vous pourrez ensuite la « coller » dans une application bureautique de votre choix, par exemple pour illustrer un rapport ou une note de calcul.

Comment retourner dans un autre environnement de travail ?

Vous disposez de plusieurs possibilités :

- le menu Fenêtre, qui vous présente trois options : fermer la fenêtre affichée, retourner à la page d'accueil ou quitter Épicentre
- les autres menus qui vous permettent d'entrer directement dans l'environnement de travail proposé.
- enfin, le menu Écran, qui vous permet de revenir dans un des environnements de travail déjà ouverts.

11. LE MENU RÉSULTATS DU CALCUL STATIQUE / CALCUL SISMIQUE

11.1. Présentation du menu Résultats du calcul statique / calcul sismique

Pourquoi deux menus Résultats du calcul statique / calcul sismique ?

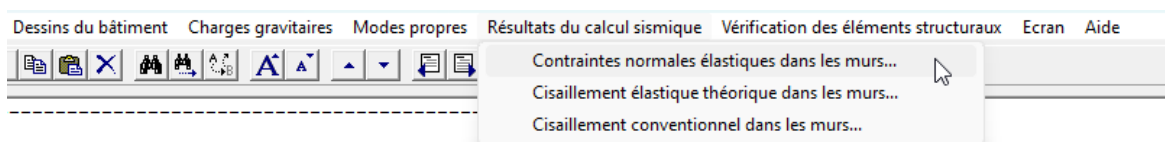
Épicentre permet de mener deux types de calcul de contreventement sur les bâtiments traités :

- des calculs statiques, à partir de chargements statiques équivalents représentant l'action du vent
- des calculs sismiques dynamiques, en utilisant la méthode de l'analyse modale spectrale

Dans les deux cas, les calculs sont menés en supposant que la structure est parfaitement élastique, comme le prévoient les règlements.

Les deux menus Résultats du calcul statique / calcul sismique ont pour objet de présenter de manière graphique divers types de contraintes élastiques issues de ces calculs de contreventement pour les sections de murs :

- contraintes normales
- contraintes de cisaillement théoriques, obtenues par application directe des formules de résistance des matériaux
- contraintes de cisaillement conventionnelles (les précédentes, lissées par panneaux de murs)



Bien entendu, le nom de menu affiché par Épicentre est celui qui correspond au type de calcul de contreventement en cours : « calcul statique » ou « calcul sismique »

Où trouve-t-on le menu Résultats du calcul statique / calcul sismique ?

Ce menu est présent dans toutes les barres de menus du logiciel, avec le libellé qui correspond au type de calcul en cours, statique ou sismique.

Combinaison avec les contraintes normales de descente de charges

Le module d'affichage des contraintes normales élastiques permet aussi d'afficher les contraintes normales dues à la descente de charges et de les combiner avec les contraintes normales issues au calcul élastique, ce qui permet de repérer les parties de murs les plus comprimées et les zones mises en traction.

Les contraintes normales de descente de charges présentées sont les contraintes « linéarisées », obtenues à partir des torseurs de descente de charges (M, N) correspondant à la résultante, pour chaque plan de contreventement, des diagrammes de descente de charges au pas de 10 cm issus du calcul de descente de charges général.

Utilité du menu Résultats du calcul statique / Calcul sismique

Les trois modules d'affichage des contraintes proposés par le menu Résultats du calcul statique / calcul sismique sont très utiles pour analyser visuellement à l'écran le fonctionnement d'un bâtiment soumis à un chargement statique ou à un calcul sismique dynamique.

Par exemple, en utilisant les touches Flèche vers le haut et Flèche vers le bas du clavier, vous faites se succéder très rapidement à l'écran les diagrammes de contraintes dans les murs, ce qui vous permet de repérer les murs très sollicités et ceux qui travaillent peu, et d'analyser les reports d'efforts de part et d'autre d'un niveau présentant des changements notables des sections de murs.

De même, les touches Flèche droite et Flèche gauche vous permettent de permuter instantanément les chargements statiques ou les directions sismiques de calcul, ce qui vous permet d'analyser d'un coup d'œil le fonctionnement du bâtiment sous ces différentes sollicitations.

Quand les commandes du menu sont-elles grisées ?

Les commandes du menu Résultats du calcul statique / calcul sismique sont désactivées (couleur grisée) tant qu'un calcul n'a pas été lancé sur le projet en cours.

Après un calcul, elles restent actives et disponibles sauf si les données du projet sont modifiées : relancez alors le calcul pour les rendre de nouveau accessibles.

État de la barre de titre associée au menu Résultats du calcul statique / calcul sismique

Lorsque vous êtes dans l'un des modules de l'environnement Calcul statique / Calcul sismique, la barre de titre de l'application située le long du bord supérieur de l'écran rappelle clairement le contenu de l'affichage présenté, avec les unités utilisées. Par exemple :

- Niveau 5.95 m (2^{ème} étage) : contraintes normales élastiques (bars), chargement statique 1
- Niveau 13.50 m (5^{ème} étage) : contraintes normales élastiques (MPa), direction sismique n°2
- Niveau 2.70 m (1^{er} étage) : cisaillement conventionnel (MPa), combinaison de Newmark

Comment retourner dans un autre environnement de travail ?

Vous disposez de plusieurs possibilités.

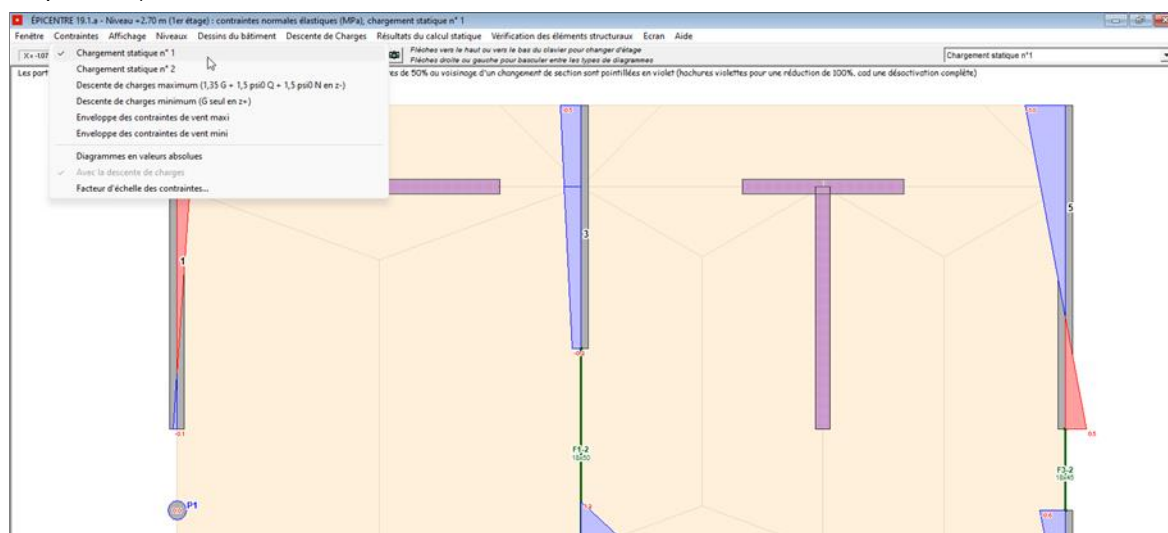
- le menu Fenêtre, qui vous présente trois options : fermer cette fenêtre de dessin, retour à la page d'accueil d'Épicentre ou quitter Épicentre
- les autres menus qui vous permettent d'entrer directement dans l'environnement de travail proposé.
- le menu Écran, qui permet de revenir dans l'un des environnements de travail déjà ouverts.

11.2. Les modules graphiques du menu en cas de calcul statique

Module graphique « Contraintes normales élastiques dans les murs... »

Ce module permet de visualiser :

- les contraintes normales correspondant à chaque chargement statique appliqué au bâtiment (contraintes algébriques, négatives ou positives)
- les contraintes normales linéarisées issues du calcul de descente de charges, au-dessus du plancher
- les enveloppes des maximums ou des minimums pour l'ensemble des cas de charge (valeurs négatives ou positives)



Contraintes normales issues d'un calcul statique (chargement n°1)

Signe des contraintes normales

Les diagrammes présentent les valeurs algébriques (positives ou négatives) correspondant à chaque chargement mais sont à interpréter avec les deux signes : le bâtiment présentant un mouvement de balancement, il faut aussi considérer les contraintes de signe opposé à celui directement issu du calcul.

Vous pouvez **inverser** à l'écran un **diagramme de contraintes statiques** en utilisant la touche TAB du clavier (deux flèches inversées, en haut à gauche du clavier).

Vous pouvez aussi commander un **affichage en valeurs absolues** en cochant l'option « Diagrammes en valeurs absolues » qui apparaît en partie basse du menu.

Affichage des contraintes et raccourcis clavier

Dans le menu Contraintes ou dans la liste déroulante placée à droite de la barre d'outils, cliquez sur le type de contraintes choisi : le dessin correspondant s'affiche à l'écran et la barre de titre de l'application située le long du bord supérieur de l'écran indique clairement le contenu de l'affichage présenté, avec les unités utilisées.

Dans le menu Contraintes, une coche est placée sur le type de contraintes qui vient d'être dessiné.

Vous pouvez aussi utiliser les boutons Flèche droite, Flèche gauche et TAB (tabulation) du clavier pour afficher alternativement différentes catégories de contraintes (voir les messages explicatifs à droite de la barre d'outils).

Facteur d'échelle des contraintes

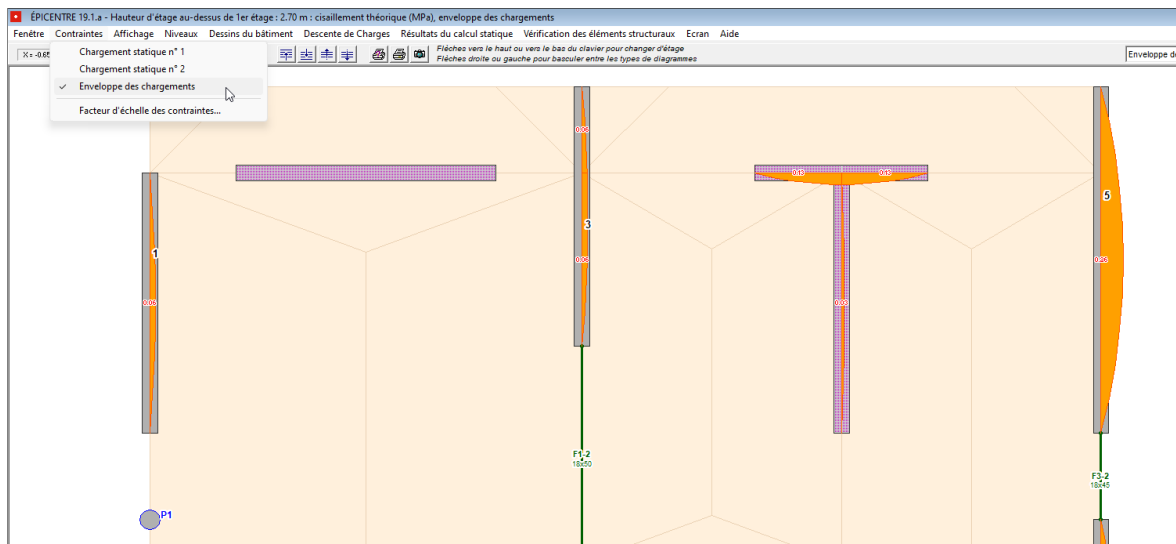
L'échelle de représentation des contraintes est réglée à partir de la commande « Facteur d'échelle des contraintes » située à la fin du menu Contraintes. Vous pouvez aussi incrémenter ou décrémenter le facteur d'échelle directement à partir de la barre d'outils, en cliquant sur l'un des boutons prévus à cet effet (dessin d'un diagramme avec flèches vers le haut ou vers le bas).

Module graphique « Cisaillement élastique théorique dans les murs... »

Ce module permet de visualiser :

- les contraintes élastiques « théoriques » de cisaillement dues à chacun des cas de charge
- l'enveloppe de ces contraintes pour tous les cas de charge

L'expression contraintes élastiques de cisaillement « théorique » désigne les contraintes issues d'un calcul classique de résistance des matériaux appliqué à la section de mur, sur la base des caractéristiques mécaniques classiques de cette section de mur (coordonnées du centre de gravité, moments statiques, etc.).



Module graphique « Cisaillement conventionnel dans les murs... »

Ce module permet de visualiser :

- les contraintes élastiques de cisaillement conventionnel dues à chacun des cas de charge
- l'enveloppe de ces contraintes pour tous les cas de charge

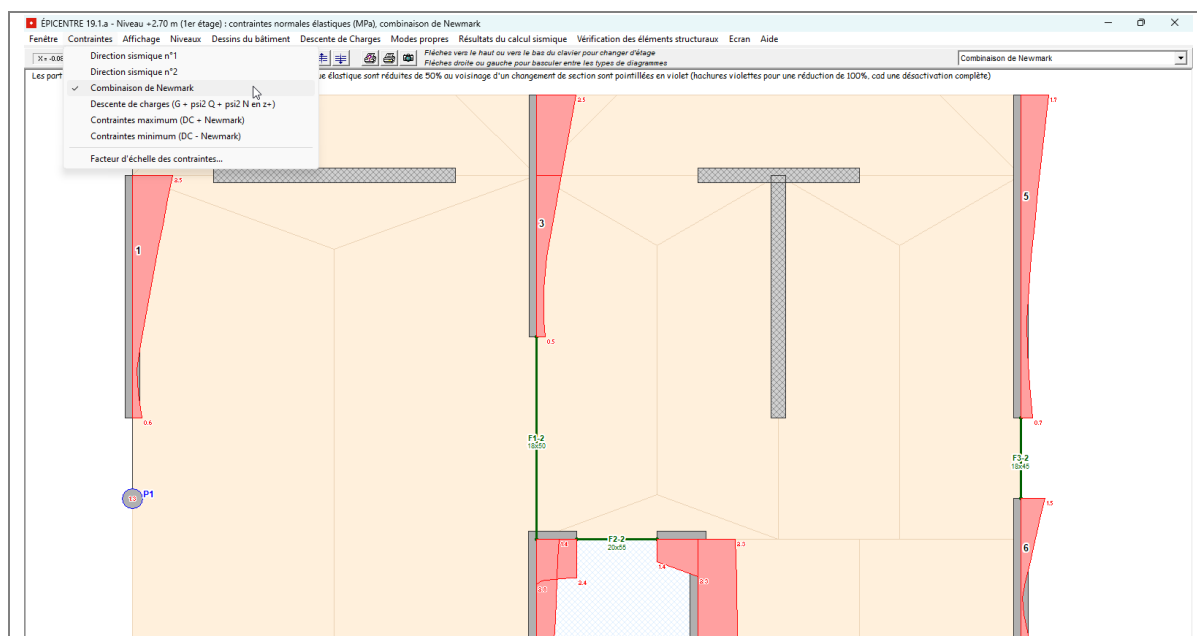
Les contraintes de cisaillement conventionnel sont bien entendu les contraintes théoriques lissées sur les panneaux de murs.

11.3. Les modules graphiques du menu en cas de calcul sismique

Module graphique « Contraintes normales élastiques dans les murs... »

Ce module permet de visualiser :

- les contraintes relatives à l'une ou l'autre des deux directions sismiques de calcul (sans signe)
- les contraintes correspondant à la combinaison de Newmark, sans signe (EC8-1, 4.3.3.5.1)
- les contraintes linéarisées issues du calcul de descente de charges, au-dessus du plancher
- les contraintes maximum (descente de charge + combinaison de Newmark des contraintes élastiques calculées)
- les contraintes minimum (descente de charge - combinaison de Newmark des contraintes élastiques calculées)



Contraintes normales de Newmark issues d'un calcul sismique élastique (combinaison de Newmark)

Signe des contraintes normales

En cas de calcul sismique, les valeurs des contraintes normales sismiques sont sans signe car issues de moyennes quadratiques (racine carrée de la somme de carrés).

C'est le cas par exemple des contraintes relatives à chacune des deux directions sismiques de calcul : **ces moyennes quadratiques correspondent à la valeur maximale statistiquement probable pouvant être atteinte lors du séisme de calcul, pour chacune des deux directions sismiques de calcul**, les maximums relatifs à chaque mode ne se produisant pas simultanément.

Les contraintes correspondant à la combinaison de Newmark (*) représentent les valeurs maximales pouvant être atteintes lors du séisme de calcul, en combinant les effets des composantes sismiques selon les deux directions sismiques de calcul.

(*) Combinaison de Newmark = $\max (DS_1 + 0.30 DS_2, 0.30 DS_1 + DS_2)$, DS_i étant la contrainte due à la direction sismique de calcul i .

Le bâtiment réagissant par un mouvement de balancement alterné, ces contraintes doivent être exploitées avec les deux signes possibles.

Choix des contraintes affichées et raccourcis clavier

Dans le menu Contraintes ou dans la liste déroulante située à droite de la barre d'outils, cliquez sur le type de contraintes choisi : le dessin correspondant s'affiche immédiatement à l'écran et la barre de titre de l'application située le long du bord supérieur de l'écran indique clairement le contenu de l'affichage présenté, avec les unités utilisées.

Dans le menu Contraintes, une coche est placée sur le type de contraintes dessiné.

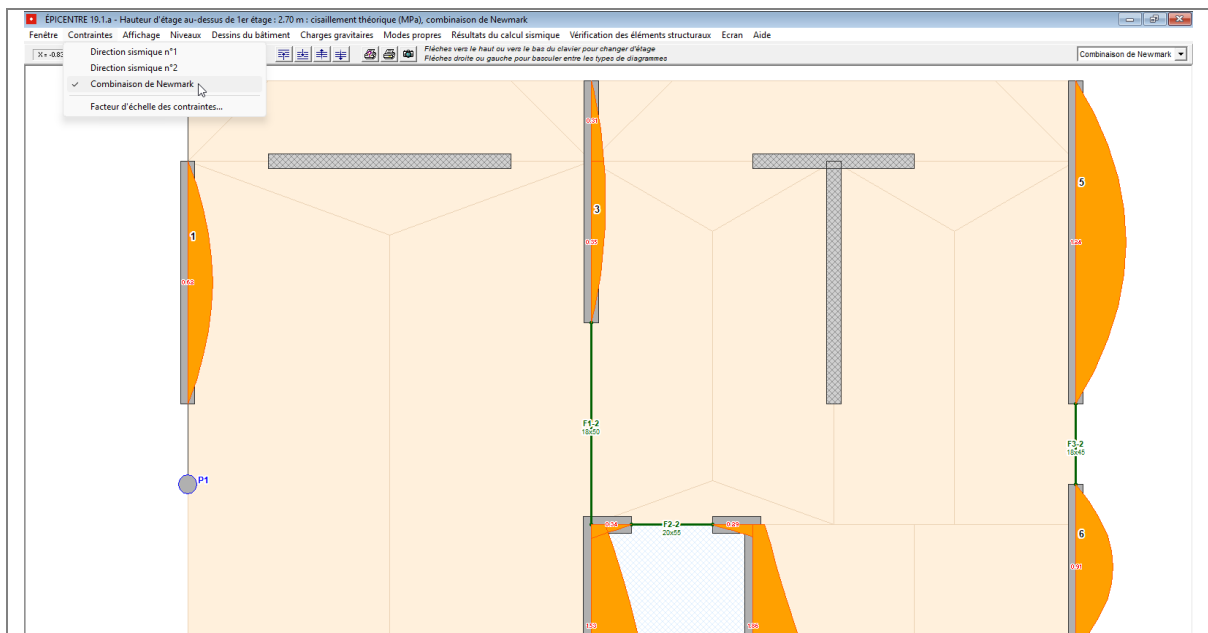
Vous pouvez aussi **utiliser les boutons Flèche droite, Flèche gauche du clavier pour afficher alternativement les différentes catégories de contraintes** (voir les messages explicatifs à droite de la barre d'outils).

Module graphique « Cisaillement élastique théorique dans les murs... »

Ce module permet de visualiser :

- les contraintes de cisaillement théorique relatives à l'une ou l'autre des deux directions sismiques de calcul (sans signe)
- les contraintes de cisaillement théorique correspondant à la combinaison de Newmark (EC8-1, 4.3.3.5.1)

L'expression contraintes élastiques de cisaillement « théorique » désigne les contraintes issues d'un calcul classique de résistance des matériaux appliqué à la section de mur, sur la base des caractéristiques mécaniques classiques de cette section de mur (coordonnées du centre de gravité, moments statiques, etc.).



Contraintes de cisaillement théorique issues d'un calcul sismique élastique (combinaison de Newmark)

Affichage des contraintes et raccourcis clavier

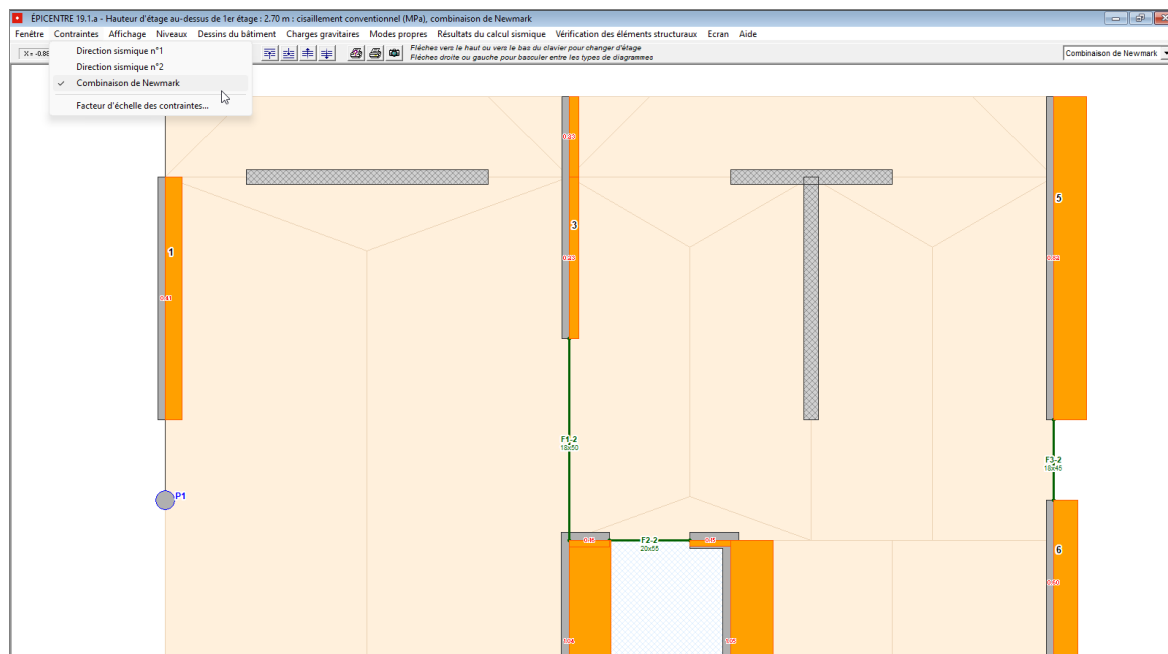
Utilisez le menu Contraintes ou la liste déroulante placée à droite de la barre d'outils ou les boutons Flèche droite, Flèche gauche du clavier pour afficher alternativement différentes catégories de contraintes (voir les messages explicatifs à droite de la barre d'outils).

Module graphique « Cisaillement conventionnel dans les murs... »

Ce module permet de visualiser :

- les contraintes élastiques de cisaillement conventionnel dues à chacune des deux directions sismiques de calcul (sans signe)
- les contraintes de cisaillement conventionnel correspondant à la combinaison de Newmark, sans signe (EC8-1, 4.3.3.5.1)

Les contraintes de cisaillement conventionnel sont bien entendu les contraintes théoriques lissées sur les panneaux de murs.



Contraintes de cisaillement conventionnel issues d'un calcul sismique élastique (combinaison de Newmark)

12. LE MENU VÉRIFICATION DES ÉLÉMENTS STRUCTURAUX

Où trouve-t-on le menu Vérification des éléments structuraux ?

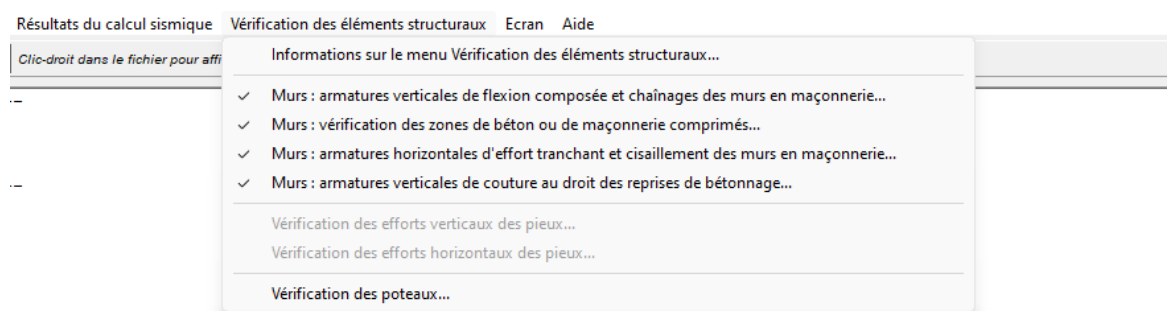
Ce menu est présent dans toutes les barres de menus du logiciel.

Les différents sous-menus du menu Vérification des éléments structuraux

Le menu présente les sous-menus de vérification des murs, des pieux et des poteaux.

Le nombre de sous-menus de vérification des murs dépend du type de calcul (calcul statique au vent ou calcul sismique) et leurs libellés dépend des types de matériaux affectés aux murs (béton et/ou maçonnerie).

La copie d'écran ci-dessous montre les sous-menus du menu Vérification des éléments structuraux en cas de calcul sismique, sur un bâtiment sans pieux et avec des murs en béton et en maçonnerie.



Quand les lignes du menu Vérification des éléments structuraux sont-elles grisées ?

Les sous-menus de vérification des murs sont désactivés (couleur grisée) tant qu'un calcul complet (descente de charges + calcul au vent ou au séisme) n'a pas été lancé sur le projet en cours.

Après un calcul, ils restent actifs et disponibles sauf si les données du projet sont modifiées : relancez alors le calcul pour les rendre de nouveau accessibles.

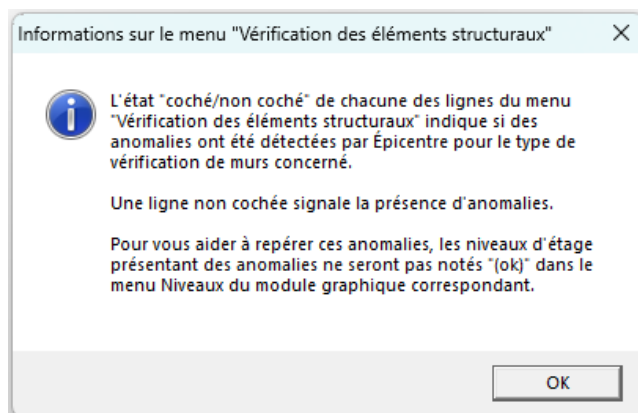
Les sous-menus de vérification des pieux (resp. des poteaux) sont désactivés si le modèle ne comporte pas de pieux (resp. de poteaux).

Les sous-menus de vérification des efforts verticaux des pieux et des poteaux sont activés dès qu'un calcul de descente de charges a été effectué.

Le sous-menu de visualisation des efforts horizontaux des pieux n'est activé qu'après un calcul complet.

La ligne « Informations sur le menu Vérification des éléments structuraux

Cette ligne du menu appelle la fenêtre d'information suivante :



Grâce à cette signalétique, vous pourrez très rapidement voir si les résultats des traitements mettent en évidence des anomalies et où elles se trouvent.

13. LES MODULES GRAPHIQUES DE VÉRIFICATION DES MURS

13.1. Les modules graphiques de vérification des murs : généralités

Où trouve-t-on les modules graphiques de vérification des murs ?

Les menus qui donnent accès à ces modules sont en tête du menu Vérification des éléments structuraux, présenté au chapitre précédent et présent dans toutes les barres de menus du logiciel.

À quoi servent les modules graphiques de vérification des murs ?

Ils servent à présenter graphiquement et à analyser le résultat des traitements de vérification des murs de maçonnerie et de ferrailage des murs en béton réalisés par Épicentre (flexion composée, effets du second ordre des zones comprimées, cisaillement, couture).

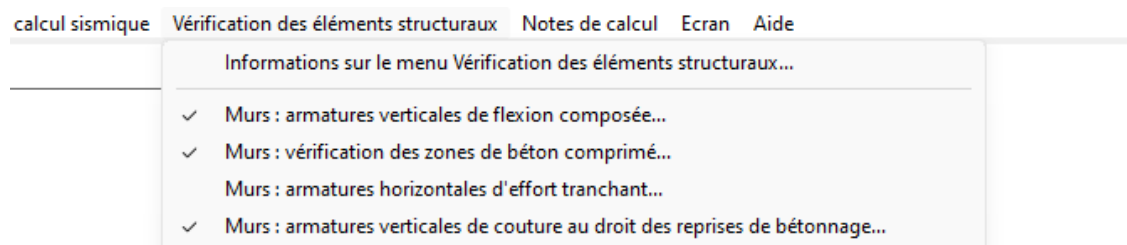
Ils permettent également d'afficher localement avec la souris de nombreuses informations facilitant la compréhension et l'analyse des résultats.

Ils permettent enfin de consulter et éventuellement d'enregistrer les torseurs de calcul qui ont conduit aux dimensionnements proposés par Épicentre.

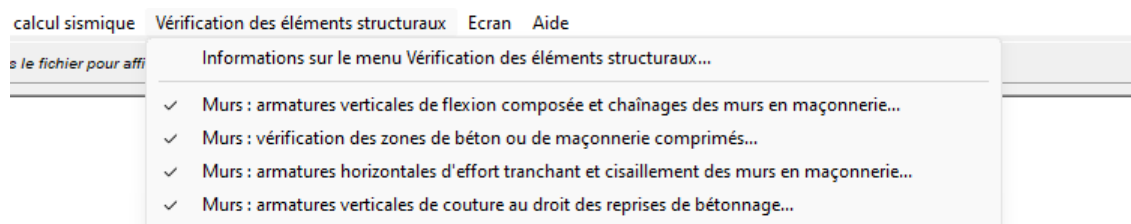
Les menus permettant d'accéder aux modules graphiques de vérification des murs

Le libellé et le nombre de menus (3 ou 4) varient en fonction des matériaux des murs du projet (béton seul, béton et maçonnerie ou maçonnerie seule) :

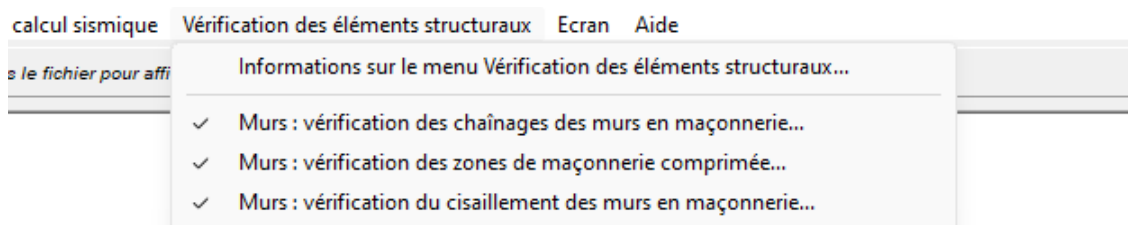
Lorsque le projet ne comporte que des murs en béton :



Lorsque le projet comporte des murs en béton et en maçonnerie :



Lorsque le projet ne comporte que des murs en maçonnerie :



Quand les lignes des menus d'accès aux modules graphiques sont-elles grisées ?

Les lignes du menu Ferrailage sont désactivées (couleur grisée) tant qu'un calcul n'a pas été lancé sur le projet en cours. Après un calcul, elles restent actives et disponibles sauf si les données du projet sont modifiées : relancez alors le calcul pour les rendre de nouveau accessibles.

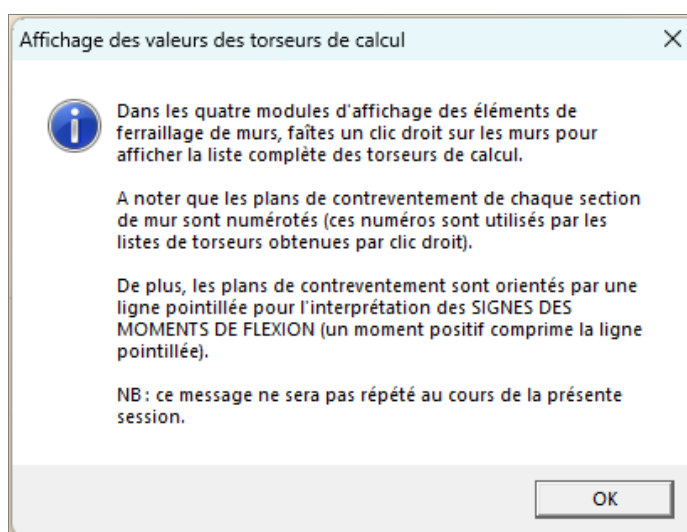
État de la barre de titre des modules graphiques de vérification des murs

Lorsque vous êtes dans un des modules graphiques de vérification des murs, la barre de titre de l'application située le long du bord supérieur de l'écran rappelle clairement le contenu de l'affichage présenté, avec les unités utilisées. Par exemple :

- Niveau +0.00 (RDC) : armatures verticales de flexion composée (cm²) et contraintes des zones comprimées (MPa)
- Hauteur d'étage au-dessus du niveau +2.70 m (1er étage) : armatures horizontales d'effort tranchant (cm²/ml) et cisaillement de la maçonnerie

Le message d'information à la première ouverture d'un des modules graphiques

Lisez attentivement ce message !



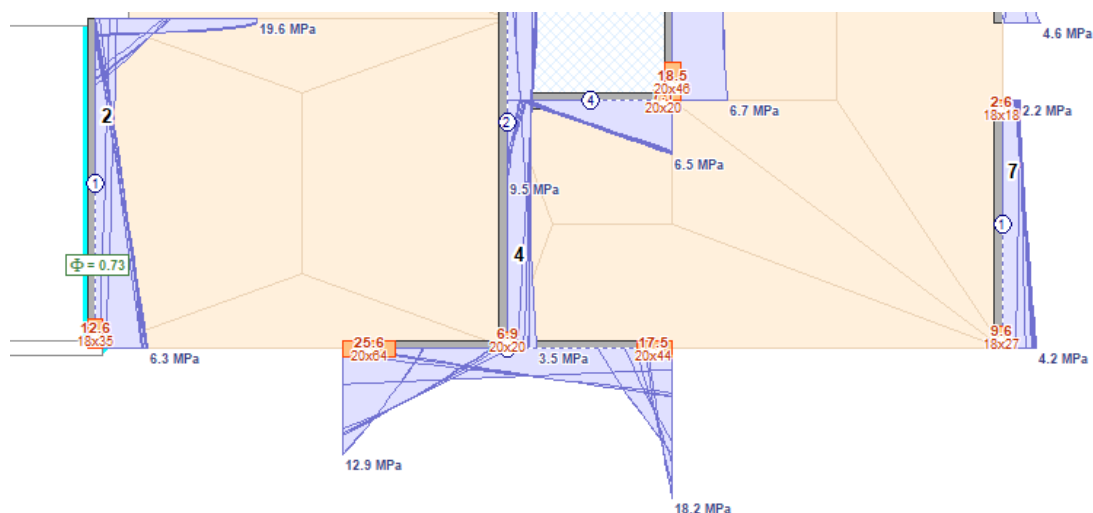
13.2. Ferrailage des murs en béton : résumé des aspects théoriques

Les chapitres 4 et 5 des Compléments techniques donnent des explications théoriques détaillées sur les méthodes de calcul utilisées par Épicentre pour dimensionner les éléments de ferrailage des murs en béton présentés par les quatre modules spécialisés du menu Vérification des murs. En résumé :

- les calculs sont réalisés en stricte conformité avec les règles Eurocodes EC2-1-1 et EC8-1 et leurs annexes nationales, avec mise en œuvre de la méthode de 3 pivots et détermination des déformations des sections à partir d'une loi de comportement du béton de type parabole-rectangle.
- pour dimensionner une section de mur, Épicentre considère successivement de très nombreux « **chargements élémentaires de dimensionnement** », correspondant à divers états de sollicitation de la section soumise aux actions de vent ou de séisme, combinés aux efforts de descente de charges.
- les calculs de flexion composée et de vérification au flambement des zones comprimées, **au-dessous et au-dessus de la section**, sont menés conjointement, avec application d'un coefficient ϕ de réduction de la résistance du béton (voir plus loin).
- Épicentre sait traiter les sections de murs « complexes », c'est à dire composées de plusieurs panneaux non coplanaires connectés les uns aux autres (sections en U, en L, en E, etc.). Dans ce cas, Épicentre décompose la section complexe en plusieurs « **plans de contreventement** » : par exemple, une section en U a trois plans de contreventement, une section en L en a deux, une section en E quatre, etc.

13.3. Vérification de la flexion composée des murs en béton

La figure ci-dessous montre les divers types de résultats affichés pour les murs en béton par le module « Armatures verticales de flexion composée » d'Épicentre :



Les diagrammes de béton comprimé verts correspondent aux murs non armés au sens de l'EC2-1-1, les diagrammes bleus repèrent les murs armés.

Les armatures verticales trouvées par Épicentre sont organisées en potelets d'extrémité dont Épicentre donne les dimensions et la section d'aciers. Les paragraphes suivants commentent en détail ces résultats.

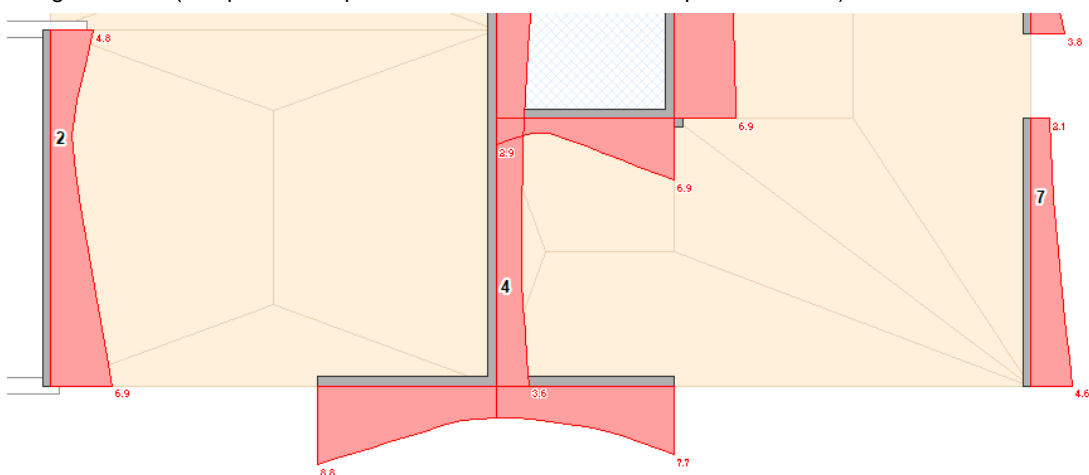
Diagrammes du béton comprimé dans les murs

Après une série de calculs itératifs appliqués aux divers « chargements élémentaires de dimensionnement » associés au plan de contreventement en cours de calcul, Épicentre détermine les sections des aciers longitudinaux éventuellement nécessaires aux extrémités du plan de contreventement.

Lorsque ce dimensionnement est terminé, Épicentre calcule l'état de déformation de la section pour chacun de ces chargements élémentaires de dimensionnement, compte tenu des éventuelles armatures de flexion obtenues, ce qui lui permet de déduire les diagrammes de béton comprimé correspondant à l'ensemble des chargements élémentaires de dimensionnement pris en compte.

Ce sont ces diagrammes qu'Épicentre dessine à l'écran, en bleu (murs armés) ou en vert (murs non armés).

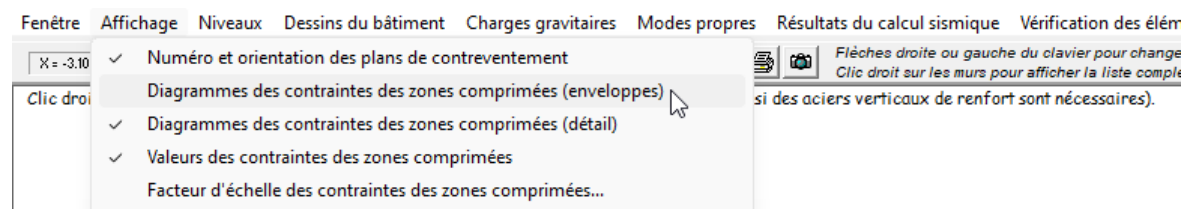
A noter : les enveloppes de ces diagrammes parabole-rectangle reproduisent de près les diagrammes des contraintes normales élastiques présentés par le menu Calcul sismique (combinaison « Newmark + descente de charges maxi ») (comparez la copie d'écran ci-dessus avec la copie ci-dessous) :



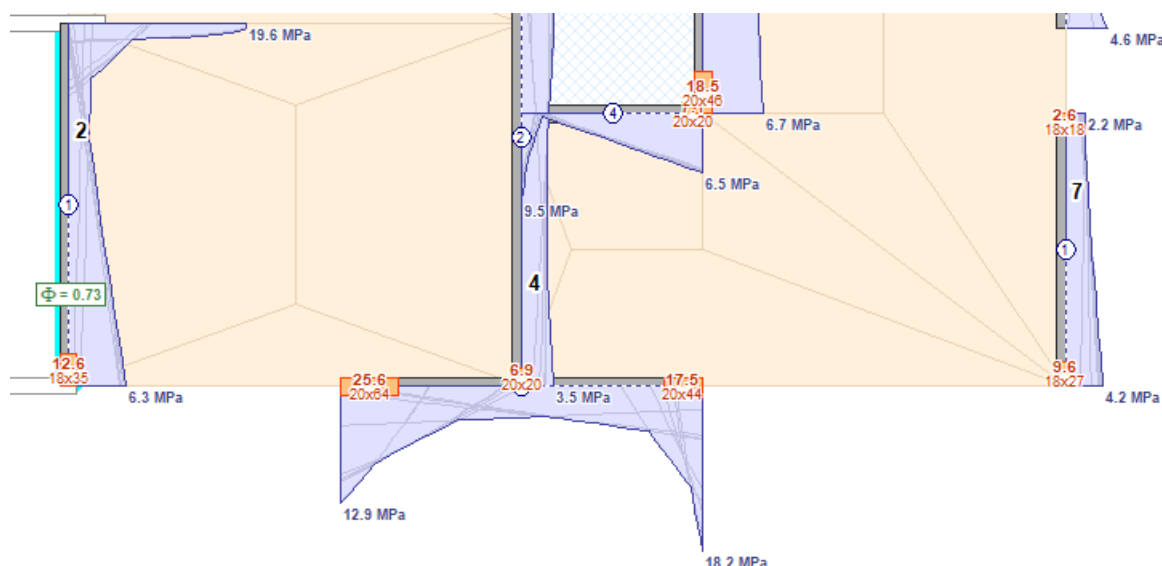
L'ordre de grandeur des contraintes est le même, mais l'aspect des diagrammes diffère un peu, notamment aux extrémités des murs, du fait des deux modes de calcul distincts : diagrammes paraboles-rectangles de la méthode des 3 pivots (copie d'écran 1) et contraintes élastiques linéaires (copie d'écran 2).

En effet, dans le cas d'une section soumise à un moment relativement élevé et à un effort normal faible, la méthode des 3 pivots trouve un équilibre mobilisant une zone de béton comprimée concentrée à l'extrémité comprimée, alors que le diagramme élastique linéaire met en traction le béton de la demi-section tendue.

D'ailleurs, dans le menu Affichage, vous pouvez demander l'affichage de l'enveloppe des diagrammes parabole-rectangle (2^{ème} ligne du menu) :



Vous obtenez ce type d'affichage :

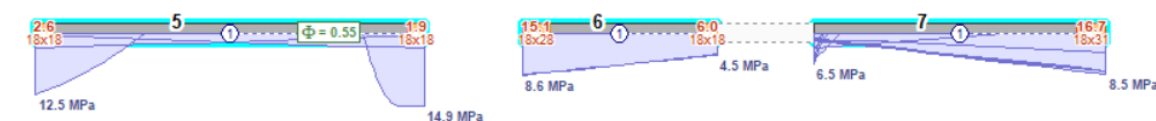


Potelets d'armatures longitudinales

Les aciers longitudinaux de flexion composée calculés, éventuellement nécessaires aux extrémités du plan de contreventement, sont organisés en potelets.

Les dimensions des potelets sont déterminées de la façon suivante :

- leur longueur est au moins égale à l'épaisseur du mur
- les pourcentages d'armature (section d'acier divisée par section du potelet) sont au plus égaux à la valeur limite π_s imposée dans le menu Description du projet > Paramètres pour le ferrailage des murs en béton... (pourcentage d'armatures maxi des potelets, imposé par l'utilisateur).



Épicentre écrit au centre de chaque potelet la section d'acier et les dimensions du potelet.

Cas des potelets dont la section d'aciers est nulle

Lorsque la section d'armatures trouvée en fin d'itération est nulle, le potelet n'est pas dessiné (voir par exemple les extrémités gauches des murs 6 et 7 de la figure précédente).

Un potelet peut avoir une section d'aciers nulle, même si certains des chargements élémentaires de dimensionnement appliqués mettent la section partiellement en traction. Dans ce cas, les diagrammes parabole-rectangle de béton comprimé trouvés par la méthode des 3 pivots équilibrent à eux seuls les torseurs (M, N) appliqués à la section, sans nécessiter d'armatures de flexion.

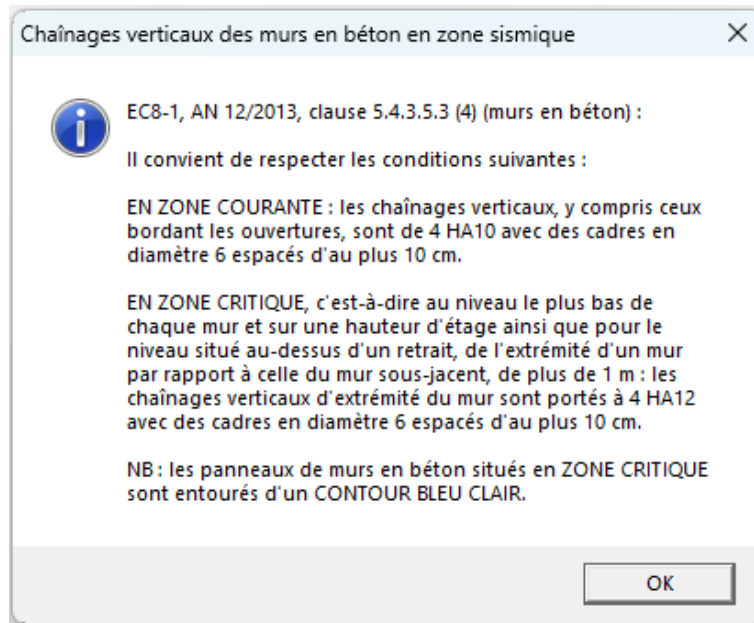
Chaînages verticaux

Bien entendu, les extrémités de murs dépourvues d'armatures verticales de flexion (ou avec des sections d'armatures de flexion très faibles) devront être équipées de chaînages verticaux correspondant aux dispositions constructives minimales prévues par les règles.

Le commentaire situé à la droite de la barre d'outils rappelle les sections réglementaires de ces chaînages verticaux. Par exemple en cas de calcul sismique :

CV aux angles et aux extrémités des murs en béton : 4 HA10 ou 4 HA12 en zone critique (voir EC8-1)
CV aux angles et aux extrémités des murs en maçonnerie chaînée : 4 HA 10 (voir EC8-1)

Le lien bleu clair en fin de commentaire permet d'appeler la fenêtre explicative ci-dessous :



Cas des potelets d'armatures qui débordent de la zone de béton tendu

Il peut arriver qu'un des potelets d'armatures (ou les deux) devienne trop grand pour rester contenu dans la zone de béton tendu du diagramme des 3 pivots. La section est donc impossible à ferrailer en flexion composée.

Pour que vous soyez informé clairement de ce problème, Épicentre signale par un cercle rouge le potelet concerné et affiche un message d'alerte rouge en haut de l'écran.

Quatre possibilités pour régler ce type de problème :

- modifiez la structure pour diminuer les sollicitations sur la section sous-dimensionnée (par exemple, en augmentant les reports de descente de charges sur ce mur ou en renforçant d'autres murs du même niveau ou en prenant en compte l'action résistante des linteaux),
- augmentez la résistance du béton de la section sous-dimensionnée,
- appliquez des coefficients de minoration des inerties à tout ou partie de la section, pour qu'elle reçoive moins d'efforts (redistribution contrôlée des efforts entre les murs voir le § A1.11).

Vous choisirez parmi ces solutions en fonction du contexte et des degrés de liberté dont vous disposez.

Cas des sections de murs trop comprimées

Il peut également arriver qu'une section soit sous-dimensionnée en compression pour les efforts qui lui sont appliqués (dépassement du moment ou de l'effort normal maximum correspondant à la zone de pivot C de la méthode des 3 pivots).

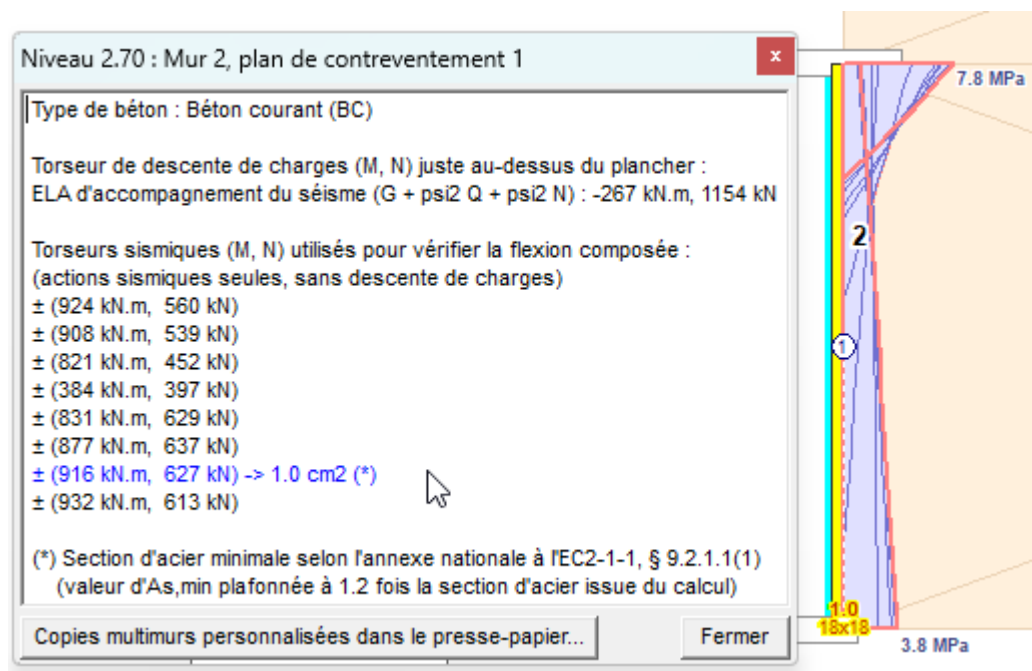
Pour que vous soyez informé clairement de ce problème, Épicentre entoure en rouge la section concernée et affiche un message d'alerte rouge en haut de l'écran.

Pour régler ce type de problème, vous disposez des quatre possibilités détaillées ci-dessus.

Vous choisirez parmi ces solutions en fonction du contexte et des degrés de liberté dont vous disposez.

Affichage des torseurs de dimensionnement

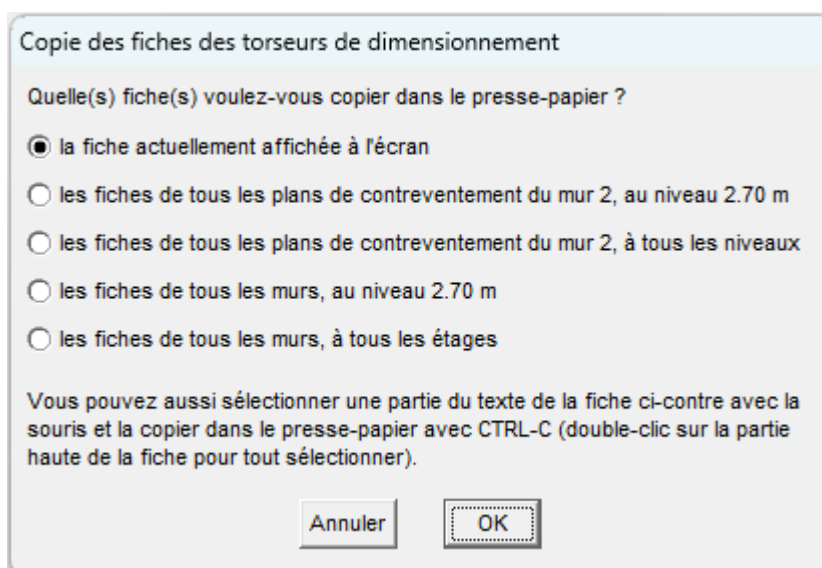
Épicentre peut vous indiquer très simplement avec quelles combinaisons d'efforts il a conduit les calculs de ferrailage de telle ou telle section de mur : il suffit pour cela de faire un clic droit avec la souris sur le plan de contreventement pour lequel on souhaite obtenir ces informations. Une fenêtre affiche alors le détail des torseurs de dimensionnement pris en compte et signale ceux qui ont conduit aux sections d'acier retenues (ci-dessous, seule l'extrémité basse du mur a reçu des aciers de flexion).



Lorsque le pointeur de la souris survole la ligne d'un des torseurs sismiques de calcul, les deux diagrammes de contraintes associés à ce torseur (pris avec les deux signes et combiné avec le torseur de descente de charges) sont dessinés en orange sur la section de mur (voir l'exemple ci-dessus).

Le titre de la fenêtre indique le numéro du mur et le numéro du plan de contreventement affiché (les plans de contreventement des murs sont numérotés et leur numéro est précisé sur le dessin des sections de murs).

En cliquant sur le bouton « Copies multimurs personnalisées dans le presse-papier », les fiches de torseurs de dimensionnement peuvent être copiées dans le presse-papier, selon diverses modalités, pour faciliter leur exploitation :



Les copies enregistrées dans le presse-papier peuvent ensuite être collées dans Word pour être utilisées pour des vérifications ou des post-traitements spécifiques.

Affichage des valeurs des contraintes du béton sous le pointeur de la souris

Lorsque vous survolez un mur avec le pointeur de la souris, le plan de contreventement survolé est redessiné en jaune et une étiquette attachée au pointeur affiche la valeur de la contrainte normale du béton au droit du point survolé.

Ferraillage des changements de sections de murs

Il s'agit ici des changements de section « simples » : au passage d'un plancher, la section d'un mur change, sans que ce mur s'appuie sur d'autres murs ou reçoive lui-même l'appui d'autres murs.

Épicentre raisonne dans ce cas sur la « section-interface » du mur, c'est à dire la partie commune entre les deux sections successives (voir § 15.7) : **il vous appartient de vérifier si le ferraillage proposé par Épicentre ne doit pas être complété par des dispositions complémentaires**, par exemple pour accompagner la formation de bielles ou pour assurer l'ancrage ou la continuité des armatures, de part et d'autre du plancher.

Ferraillage des appuis entre murs

Comme dans le cas précédent, **il vous appartient de vérifier si le ferraillage proposé par Épicentre pour les appuis ne doit pas être complété par des dispositions complémentaires**, par exemple pour accompagner la formation de bielles ou pour assurer l'ancrage ou la continuité des armatures, de part et d'autre du plancher. Il vous faudra aussi penser à ferrailler les parties de mur en encorbellement, travaillant en console.

Murs fonctionnant en poutres-voiles (poutres-cloisons)

Épicentre ne traite pas la partie suspendue des poutres-voiles. Il se contente de calculer les efforts dans les appuis situés de part et d'autre des parties suspendues.

Les ferraillements proposés par Épicentre doivent donc dans ce cas être considérés comme des points de départ et être complétés par des dispositions complémentaires pour accompagner la formation des bielles et pour assurer l'ancrage ou la continuité des armatures, de part et d'autre du plancher.

13.4. Le coefficient ϕ global, trait d'union entre la vérification de la flexion composée et celle des zones comprimées

Le coefficient ϕ global d'une section : résumé des aspects théoriques

Pour vérifier les murs à la flexion composée et au flambement des zones comprimées, au-dessous et au-dessus du plancher, Épicentre met en œuvre un dispositif itératif qui permet de combiner la justification de la flexion composée et la vérification des zones de béton comprimée en recherchant un coefficient ϕ global de réduction de la résistance à la compression du béton :

Ce coefficient ϕ global calculé par Épicentre n'est pas le coefficient ϕ de la formule 12.11 de l'EC2-1-1 (ou son équivalent pour les murs armés), mais il en découle.

Ce coefficient sert bien entendu à réduire la résistance à la compression f_{cd} du mur lors des calculs de flexion composée (méthode des 3 pivots), mais seulement si la section rencontre des problèmes de flambement (si un mur ne présente pas de problèmes de flambement des zones comprimées, son ϕ reste égal à 1 et les calculs de flexion sont menés sans réduction de la résistance à la compression du béton).

Si la section rencontre des problèmes de flambement, le coefficient ϕ global est calculé au plus juste, afin d'optimiser les dimensionnements obtenus :

- Très souvent, l'intervention de ce coefficient ϕ permet de justifier les sections à la flexion composée et au flambement des zones comprimées sans recourir à des armatures verticales de renfort vis-à-vis du flambement des zones comprimées, le surcroît d'armatures de flexion induit étant largement compensé par la suppression de ces armatures de renfort.
- Lorsque les armatures de verticales de renfort vis-à-vis du flambement des zones comprimées sont nécessaires, elles sont calculées au plus juste grâce à l'effet du coefficient ϕ qui permet généralement une atténuation significative des problèmes de flambement rencontrés.

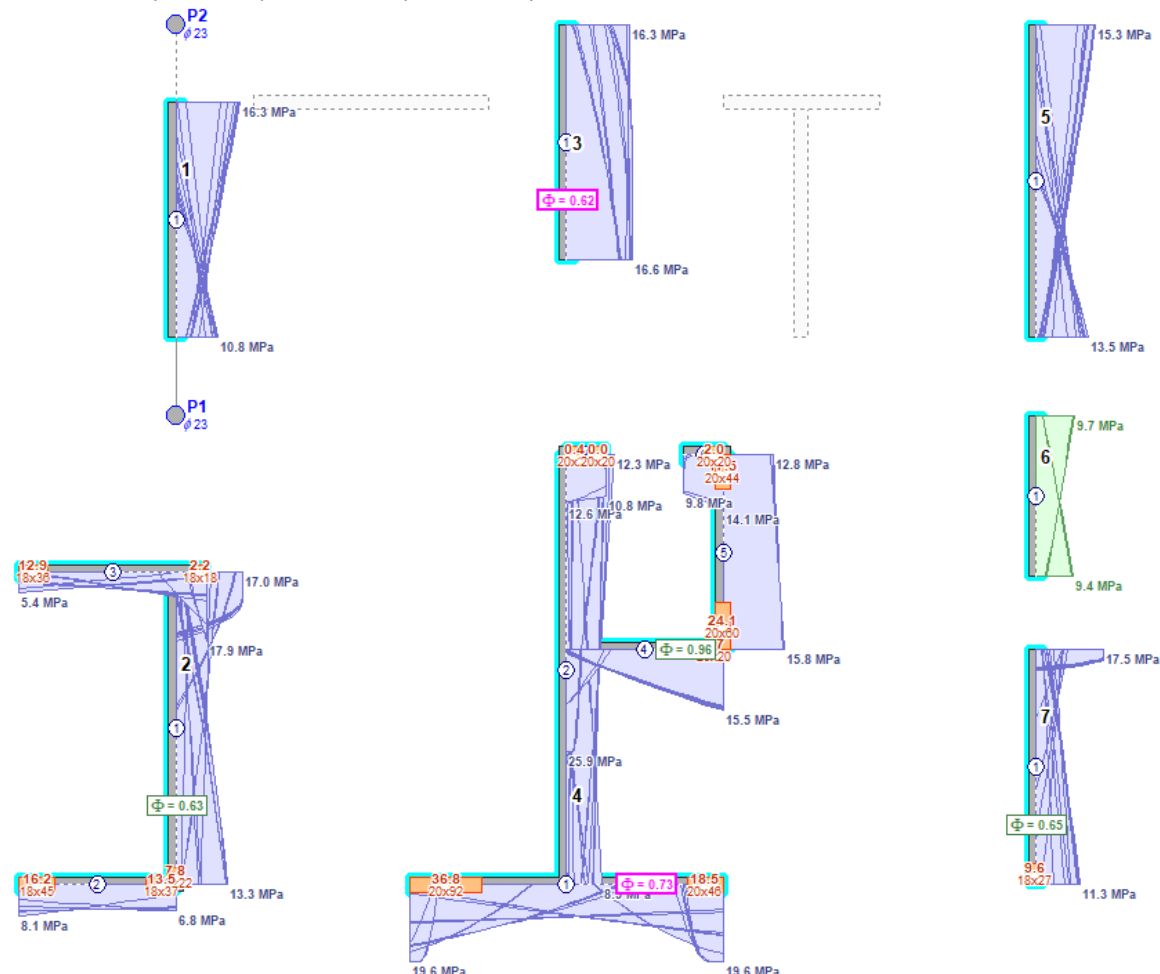
La méthode de calcul itérative mise en œuvre par Épicentre et utilisant le coefficient ϕ est décrite en détail dans les § 5 et 6 du chapitre 4 des Compléments techniques, qu'il vous est conseillé de consulter pour en savoir plus.

Le coefficient ϕ en action...

La figure ci-après montre une copie d'écran du module graphique de vérification de la flexion composée (le niveau représenté est le niveau bas du bâtiment, qui est un dallage, ce qui explique que le plancher n'est pas dessiné).

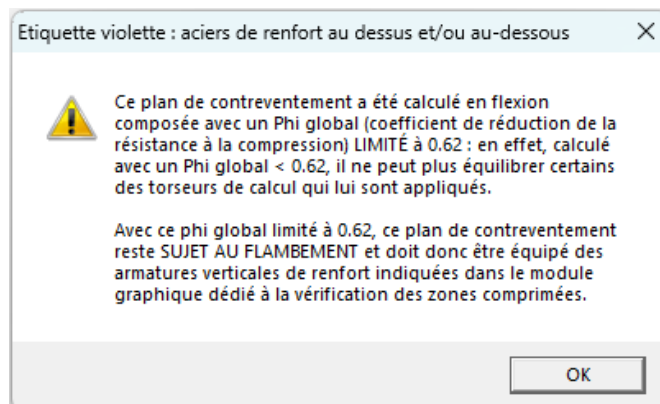
Dans cette figure, 3 plans de contreventement présentent une étiquette $\phi = \dots$, ce qui signifie qu'ils ont présenté des problèmes de flambement des zones comprimées lors du traitement :

Clic droit sur les étiquettes Phi = ... pour afficher les explications (les étiquettes sont violettes si des aciers verticaux de renfort sont nécessaires).



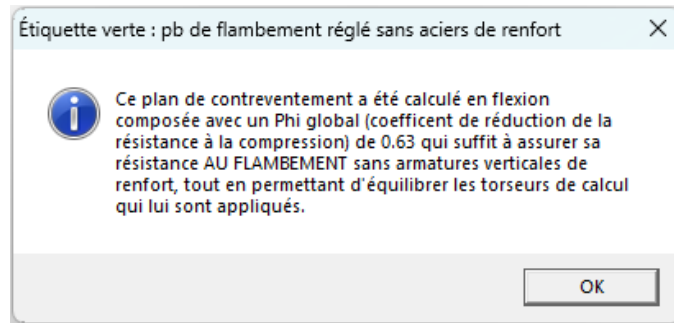
L'étiquette du mur 3 est violette : selon le commentaire du haut de l'écran, cette couleur est associée à la nécessité d'armatures de renfort vis-à-vis du flambement des zones comprimées.

Si on clique droit sur l'étiquette (le commentaire en haut de l'écran nous invite à le faire), le message explicatif suivant s'affiche :



Le message précise que les armatures de renfort nécessaires sont présentées dans le module graphique dédié à la vérification des zones comprimées (deuxième module graphique du menu Vérification des murs).

L'étiquette du mur 2 est verte, ce qui signifie que des armatures de renfort ne sont pas nécessaires, ce que confirme le message explicatif :



Nous retrouverons les murs 2, 3 et 4 dans le paragraphe suivant pour examiner en détail les compléments d'information apportés par le module dédié à la vérification des zones comprimées.

13.5. Vérification des zones de béton comprimé

Résumé des aspects théoriques

Nous venons de voir que la méthode itérative utilisée pour la justification de flexion composée et la vérification des zones comprimées fait intervenir un coefficient ϕ de réduction de la résistance à la compression du béton calculé au plus juste afin d'optimiser les dimensionnements obtenus (voir les § 5 et 6 du chapitre 4 des Compléments techniques).

La vérification des zones comprimées est effectuée au-dessus et au-dessous du plancher, pour chaque chargement élémentaire de dimensionnement et en suivant les étapes suivantes (la description détaillée du processus itératif et de ces étapes est faite au § 5 du chapitre 4 des Compléments techniques) :

- Détermination des bandes de calcul relatives au chargement élémentaire en cours, au-dessus et au-dessous du plancher
- Calcul de l'effort normal appliqué à chaque bande de calcul (NEd), obtenu en cumulant les valeurs élémentaires calculées avec un pas de 10 cm
- Calcul de l'effort normal résistant de chaque bande de calcul (NRd), obtenu en cumulant les valeurs élémentaires locales calculées avec un pas de 10 cm, sur la base du contexte local
- Vérification au flambement de chaque bande de calcul et détermination éventuelle du nouveau coefficient global de réduction de la résistance à la compression ϕ de la section de mur
- Le cas échéant, calcul des armatures de renfort nécessaires, dans les hauteurs d'étage du mur au-dessus et/ou au-dessous du plancher

Vérification des zones comprimées : présentation d'ensemble

Dans la figure de la page suivante, on reconnaît les diagrammes des contraintes du béton comprimé, en bleu (murs armés) ou vert (murs non armés).

Les diagrammes jaune clair montrent les contraintes résistantes ultimes du béton.

Dans ce dessin, nous retrouvons les murs vus précédemment dans le module de présentation des résultats de flexion composée (page précédente).

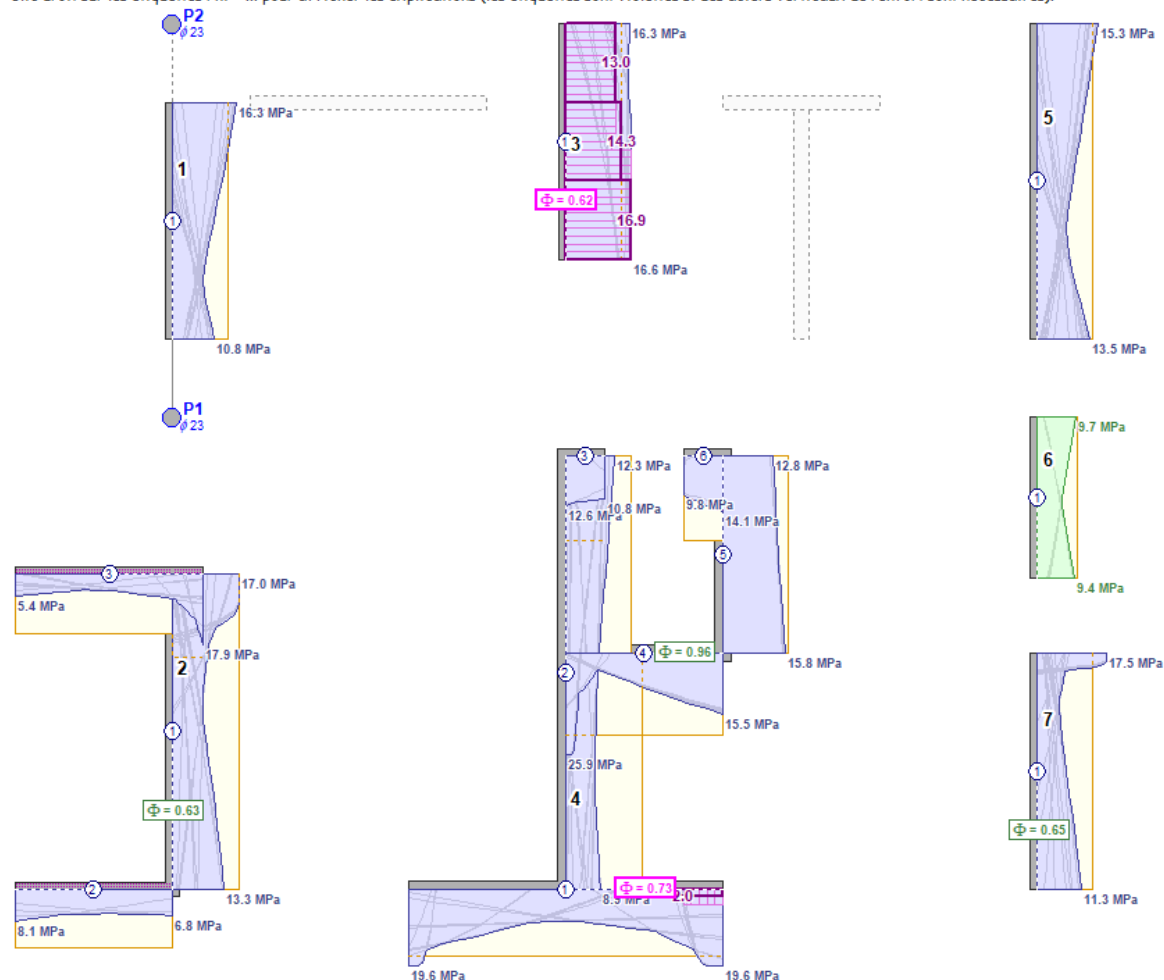
Les murs 3 et 4 sont équipés des armatures verticales de renfort vis-à-vis du flambement des zones comprimées correspondant à la couleur violette de leur étiquette $\phi = \dots$

Le plan de contreventement du mur 2 qui affiche une étiquette $\phi = \dots$ verte n'a pas d'armatures verticales de renfort.

C'est grâce à l'application du coefficient ϕ indiqué par son étiquette : sans ce coefficient, c'est-à-dire sans réduction de la résistance à la compression de leur béton pendant le calcul de flexion composée, la valeur plus élevée des contraintes de compression des zones de béton comprimées aurait entraîné le flambement des bandes d'extrémité, et donc la nécessité de prévoir des armatures verticales de renfort.

L'application d'un coefficient $\phi < 1$ n'a pas été nécessaire pour la vérification des murs qui n'affichent pas une valeur de ϕ : ils ne sont pas assez comprimés pour poser des problèmes de flambement, à l'étage en cours ou à l'étage inférieur.

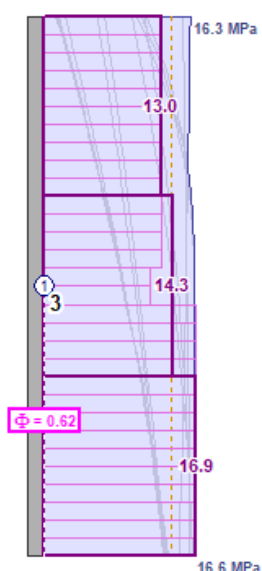
Clic droit sur les étiquettes Phi = ... pour afficher les explications (les étiquettes sont violettes si des aciers verticaux de renfort sont nécessaires).



On remarque l'effet favorable du calcul par bandes pour la vérification des zones comprimées : plusieurs diagrammes de contraintes dépassent les contraintes ultimes mais restent valides car l'effort total appliqué aux bandes concernées (NEd) reste inférieur à leur effort résistant (NRd).

On perçoit aussi l'effet du coefficient ϕ du plan de contreventement inférieur du mur 4, qui a aplati les diagrammes de compression du béton aux deux extrémités du mur.

Présentation graphique des armatures de renfort



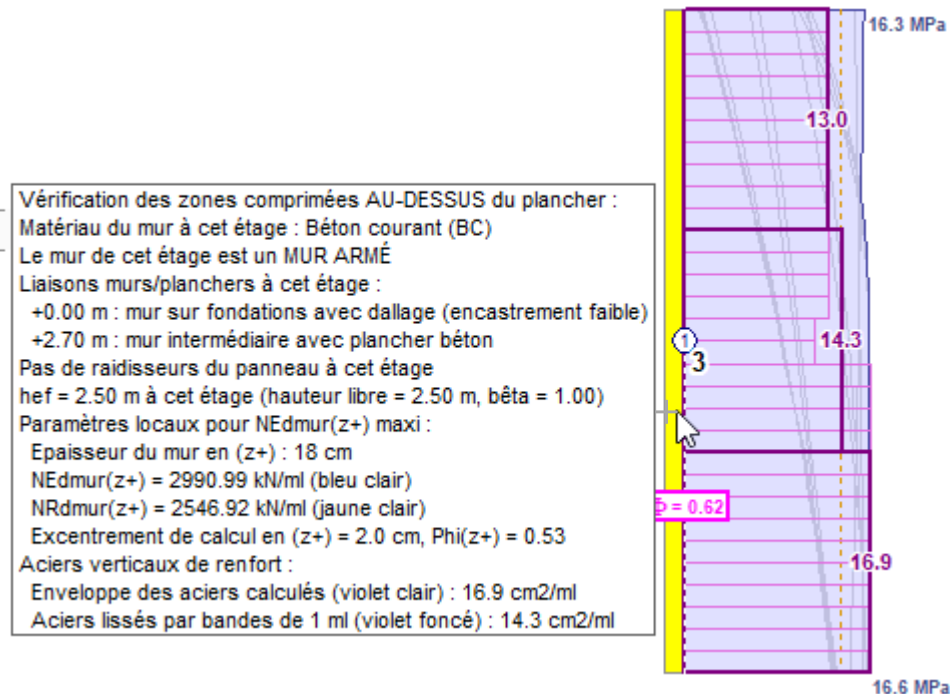
Les armatures directement issues du calcul et enregistrées selon le pas de 10 cm sont représentées sous la forme d'un diagramme violet clair.

Les armatures lissées par bandes de 1 ml pour synthétiser les résultats et les rendre plus facilement lisibles et exploitables sont représentées par les diagrammes violet foncé. Les sections d'aciers réparties lissées (cm²/ml) sont écrites en violet foncé.

Ces sections d'armatures lissées permettent de déterminer le ferrailage opérationnel du mur (pour assurer la résistance au flambement), à répartir sur les deux faces du mur.

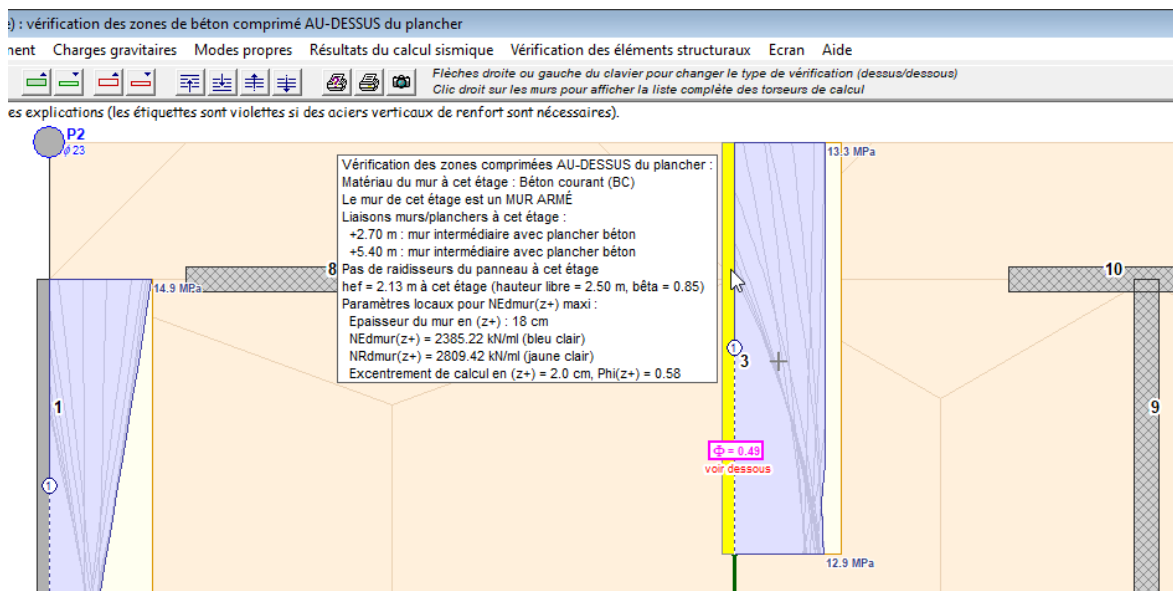
Étiquette d'information associée au pointeur de la souris

L'étiquette associée au pointeur de la souris affiche toutes les informations **locales** relatives au contexte de calcul et à ses résultats : matériau du mur, nature de ses encastrements avec les planchers haut et bas, présence de murs raidisseurs, valeurs des hauteurs libre et efficace, valeurs maxi des efforts appliqué et résistant, excentrement de calcul et valeurs réparties des sections d'acier de renfort verticaux (valeur issue du calcul et valeur lissée) :



La vérification est faite au-dessus et au-dessous du plancher

La figure ci-dessous montre un extrait d'une copie d'écran en étage (le plancher est dessiné), au-dessus du plancher (voir le titre de la fenêtre et la liste déroulante à droite de la barre d'outils) :

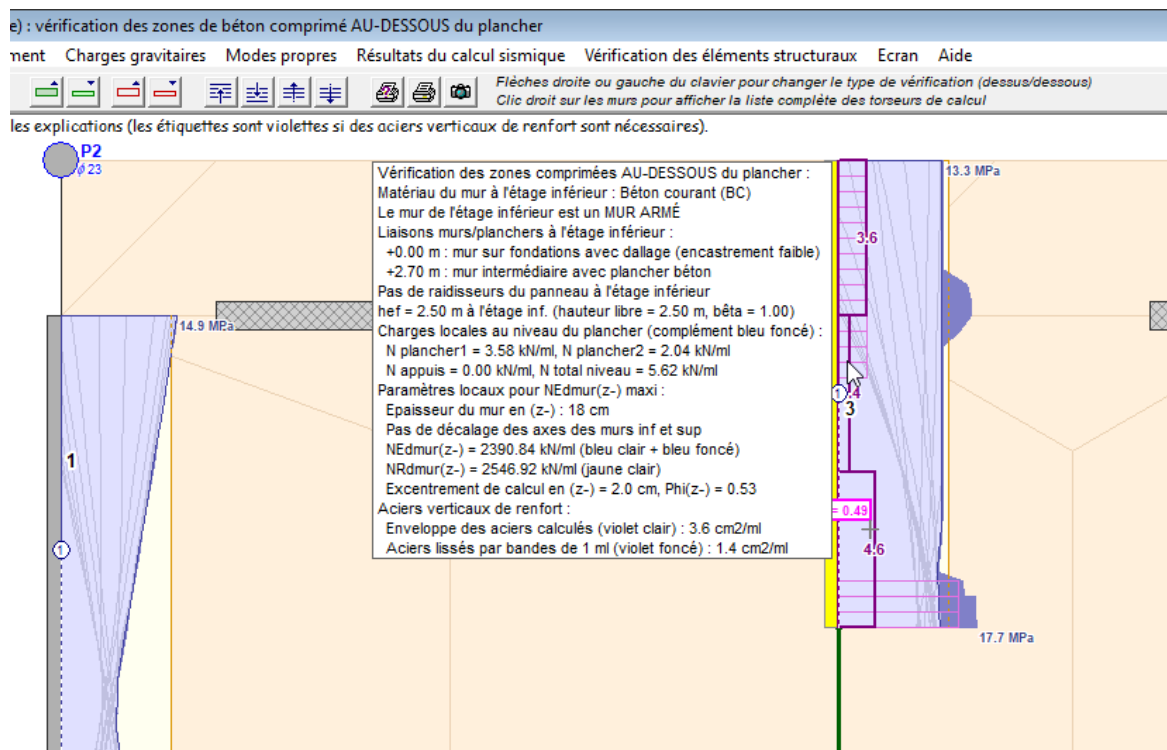


Le mur 3 affiche une étiquette violette avec une valeur de ϕ , normalement associée à l'existence d'armatures verticales de renfort, mais aucune armatures n'est dessinée...

Il n'y a donc pas d'armatures verticales de renfort à prévoir dans la hauteur d'étage au-dessus du plancher.

En revanche, l'indication « voir dessous » écrite sous l'étiquette $\phi = 0.49$ indique que des armatures sont prévues au-dessous du plancher.

La figure suivante montre la situation au-dessous du plancher (voir le titre de la fenêtre et la liste déroulante à droite de la barre d'outils) :



Les aciers annoncés sont bien là (diagrammes violets en bas du mur) !

Deux raisons expliquent qu'il y a des aciers au-dessous du plancher mais pas au-dessus :

- l'encastrement bas du mur au-dessous du plancher est médiocre (le plancher bas est un dallage), ce qui entraîne une hauteur efficace de 2.50 m au lieu de 2.25 m pour le mur au-dessus du plancher. L'effort normal résistant est donc inférieur au-dessous du plancher.
- Les charges apportées par le plancher et les appuis de poutres (diagramme bleu foncé) sont importantes dans la partie basse du mur. L'effort appliqué est donc notablement majoré dans cette partie du mur.

Pourcentages mini et maxi des aciers verticaux de renfort

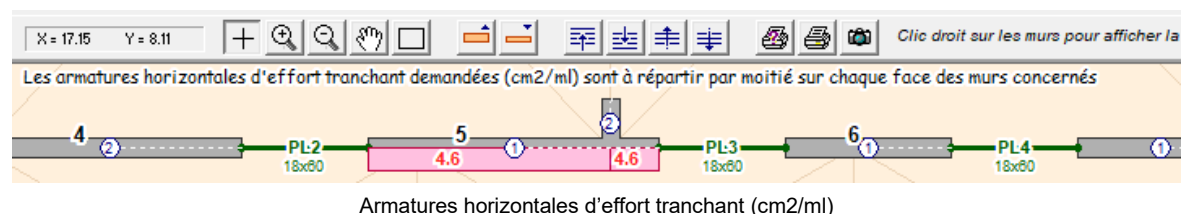
Épicentre applique les disposition de la clause 9.6.2 de l'EC2-1-1 et de ses annexes nationales :

- $A_{s,vmin} = 0,002 A_c$ (si des armatures de renfort sont nécessaires dans la bande considérée)
- $A_{s,vmax} = 0,04 A_c$

Si la section des armatures verticales de renfort calculées dépasse $0.04 A_c$, le plan de contreventement est quadrillé en rouge, l'étiquette $\phi = \dots$ est écrite en rouge et le message d'alerte suivant est affiché en haut de l'écran, en rouge : *Les murs quadrillés en rouge sont sujets au flambement.*

13.6. Armatures d'effort tranchant des murs en béton

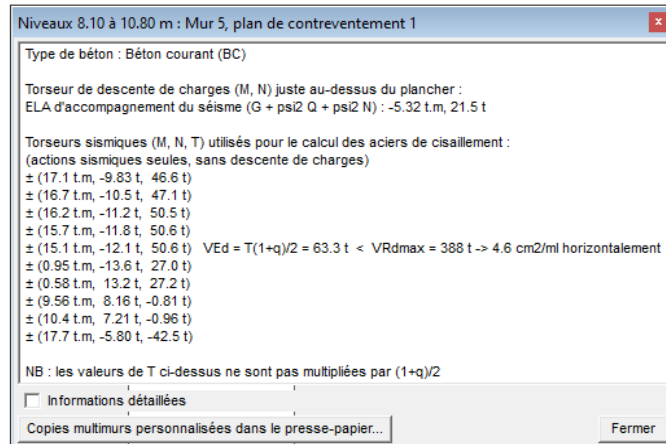
Les éventuelles armatures horizontales d'effort tranchant (cm²/ml) sont à répartir sur les deux faces des murs concernés :



Le mur 6 de la figure précédente résiste au cisaillement sans armatures.

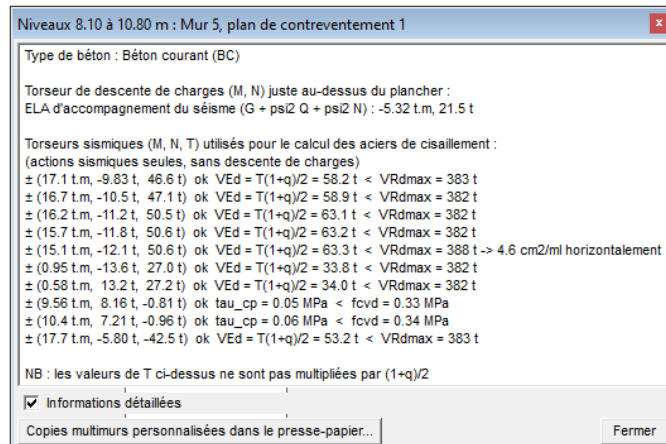
Le plan de contreventement 1 du mur 5 résiste se voit attribuer 4.6 cm²/ml d'armatures horizontales d'effort tranchant, à répartir par moitié sur chacune des deux faces du murs.

La liste des torseurs (clic droit) donne la valeur des efforts pris en compte et indique quel torseur sismique ou de vent est à l'origine de la section d'aciers de cisaillement demandée



En cas de calcul sismique dynamique, les calculs sont menés à partir des valeurs d'effort tranchant multipliées par $(1 + q) / 2$, comme le prévoit la clause 5.4.2.5(2) de l'EC8-1.

En cochant la case « informations détaillées », vous obtenez le résultat des calculs de vérification pour chacun des torseurs sismiques ou de vent :



Cas des murs mis en traction excessive ou trop sollicités à l'effort tranchant

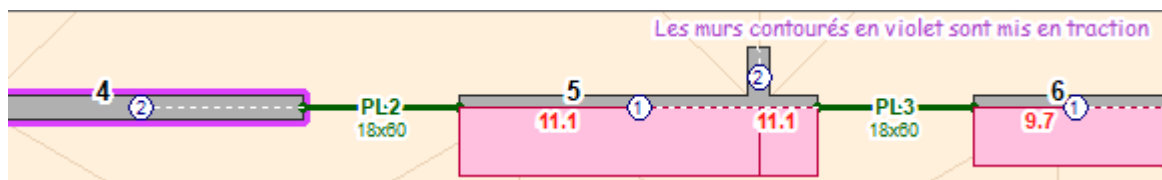
La clause 6.2.3(3) des Annexes nationales de 2007 et 2016 à l'EC2-1-1 relative au calcul des armatures de cisaillement ne permet pas que les murs en béton soient mis en tension au-delà de $-f_{ctm}$.

Par ailleurs, la formule 6.9 de la clause 6.2.3 de l'EC2-1-1 impose que l'effort tranchant de calcul V_{Ed} reste inférieur à l'effort tranchant résistant V_{Rdmax} .

Épicentre signale les plans de contreventement qui ne respectent pas ces conditions :

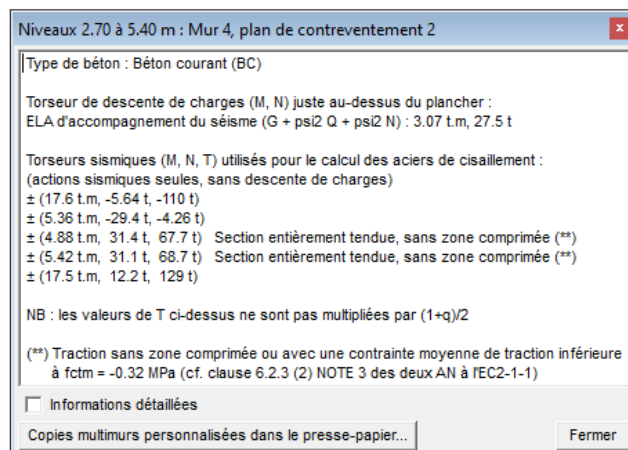
- les plans de contreventement mis en traction sont signalés par un contour violet
- les murs sollicités au-delà de V_{Rdmax} ont leur axe souligné par un trait rouge épais

En complément, des messages d'alerte colorés (violet ou rouge) sont affichés en haut de l'écran :



Dans la figure ci-dessus, le plan de contreventement 2 du mur 4 est mis en traction excessive.

La liste des torseurs (clic droit) donne la valeur des efforts pris en compte, ce qui permet d'analyser la situation : dans l'exemple ci-dessous, les deux lignes qui posent problème indiquent un effort normal sismique d'environ ± 31 t, qui met légèrement en traction le plan de contreventement 2, dont l'effort normal de descente de charges ELA n'est que de 27,5 t.

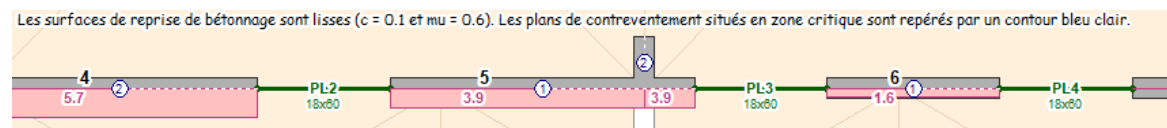


En cas de sollicitation excessive à l'effort tranchant, la liste des torseurs (clic droit) indique les valeurs de V_{Ed} et VR_{dmax} qui correspondent au(x) sous-dimensionnement(s) constaté(s), ce qui permet de situer très précisément l'ampleur du dépassement.

13.7. Armatures de couture des murs en béton

Les armatures de couture éventuelles sont dimensionnées conformément aux dispositions de l'EC2-1-1 et de l'EC8-1 (voir les explications détaillées des § A5.7 et A6.5).

La figure ci-dessous présente un exemple de dimensionnement d'armatures verticales de couture en cas de calcul sismique dynamique :



Armatures de couture au droit des reprises de bétonnage du plancher du niveau (cm²/ml)

Les voiles 4, 5 et 6 se voient attribuer respectivement 5.7, 3.9 et 1.6 cm²/ml d'armatures verticales de couture, à répartir par moitié sur chaque face du mur.

Sauf pour les murs situés en zone critique (voir ci-dessous), le calcul des armatures de couture nécessaires tient compte de l'action résistante des armatures comprimées du plan de contreventement concerné : soit les armatures de flexion composée du potelet comprimé de ce plan de contreventement, soit les armatures de chaînage vertical correspondant aux dispositions constructives minimales.

En cas de calcul sismique dynamique, comme pour les aciers d'effort tranchant, les calculs sont menés à partir des valeurs d'effort tranchant multipliées par $(1 + q) / 2$ (clause 5.4.2.5(2) de l'EC8-1).

NB : dans la figure précédente, les sections des murs sont entourées par un trait bleu clair qui signifie que ces sections sont en « zone critique » (voir ci-dessous).

Sections de murs situées en zone critique

La clause 5.4.3.5.2(4) de l'Annexe nationale à l'EC8-1 de décembre 2013 demande de ne pas prendre en compte les armatures de flexion composée ou de chaînage vertical d'extrémité dans la justification des aciers de couture pour les sections de murs situées en zone critique (c'est-à-dire au niveau le plus bas de chaque mur et sur une hauteur d'étage ainsi que pour le niveau situé au-dessus d'un retrait, de l'extrémité d'un mur par rapport à celle du mur sous-jacent, de plus de 1 mètre).

Épicentre suit cette disposition, à condition que la prise en compte de l'annexe nationale ci-dessus soit demandée pour les traitements (commande « Prise en compte de l'évolution de la réglementation » du menu Description du bâtiment).

Les sections des murs en béton qui sont en zone critique sont entourées d'un trait bleu clair (voir la figure précédente).

13.8. Vérification des murs en maçonnerie : résumé des aspects théoriques

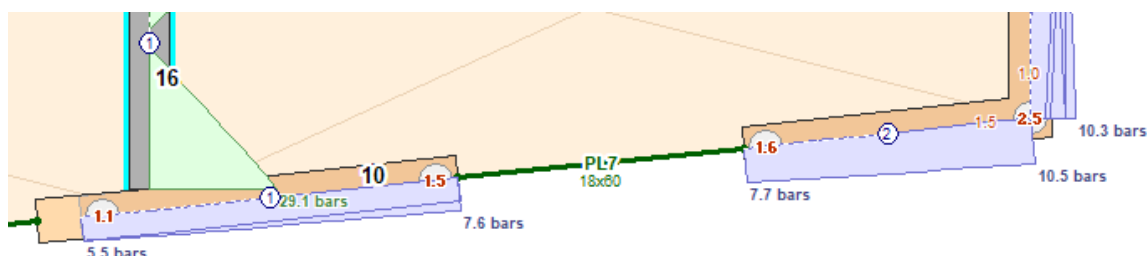
Les méthodes de calcul utilisées par Épicentre pour vérifier le comportement des murs en maçonnerie pour la flexion composée et le cisaillement sont très proches de celles utilisées pour la vérification des murs en béton (voir les articles précédents et les chapitres 4, 5 et 6 des Compléments techniques). En résumé :

- les calculs sont réalisés en stricte conformité avec les règles Eurocodes EC6-1-1 et EC8-1 et leurs annexes nationales, éventuellement modifiées par les dispositions du nouveau DTU 20.1. Les calculs mettent en œuvre la méthode des 3 pivots, avec détermination des déformations des sections à partir d'une loi de comportement de la maçonnerie de type parabole-rectangle.
- pour dimensionner une section de mur, Épicentre considère successivement de très nombreux « **chargements élémentaires de dimensionnement** », correspondant à divers états de sollicitation de la section en cours de séisme, combinés aux efforts de descente de charges.
- les calculs de flexion composée et de vérification au flambement des zones comprimées, au-dessus et au-dessous du plancher, sont menés conjointement, avec application d'un coefficient ϕ global de réduction de la résistance de la maçonnerie.
- Épicentre sait traiter les sections de murs « complexes », c'est à dire composées de plusieurs panneaux non coplanaires connectés les uns aux autres (sections en U, en L, en E, etc.). Dans ce cas, Épicentre décompose la section complexe en plusieurs « **plans de contreventement** » : par exemple, une section en U a trois plans de contreventement, une section en L en a deux, une section en E quatre, etc.

13.9. Vérification des chaînages verticaux des murs de maçonnerie

Présentation graphique des armatures calculées

La figure ci-dessous présente un exemple de dimensionnement de chaînages verticaux en cas de calcul sismique dynamique (mur 10 + mur de droite, le mur situé au-dessus à gauche étant en béton) :



La section d'acier calculée de chaque chaînage (cm²) est écrite en caractères rouges gras au droit du chaînage.

Si le chaînage est situé à un angle de mur, la section de chaînage calculée est égale à la somme des sections de chaînage calculées pour chacun des plans de contreventement qui ont ce chaînage pour extrémité (voir la figure de droite ci-dessus).

Dans ce cas, le logiciel écrit également, en caractères rouges non gras et à côté du chaînage considéré, les sections d'acier calculées pour chaque plan de contreventement associé au chaînage vertical considéré (voir la figure de droite ci-dessus).

Prise en compte simultanée des effets du 2nd ordre des zones comprimées

En pratique, la contrainte de compression des zones de maçonnerie comprimées est limitée non pas à f_b mais à $\phi \cdot f_b$, ϕ étant le coefficient global de réduction de la résistance à la compression du mur concernée (voir un peu plus loin les explications sur la vérification des zones comprimées).

Cas des chaînages verticaux sous-dimensionnés

Rappelons que parmi les caractéristiques mécaniques associées à chaque type de maçonnerie chaînée d'un projet figure la section d'acier maximum des chaînages verticaux que vous acceptez pour ce type de maçonnerie.

Si la section d'acier calculée d'un chaînage dépasse cette section d'acier maximum, Épicentre entoure le chaînage invalide par un cercle rouge et un message d'alerte en caractères rouges est affiché en haut et à droite de l'écran.

Description des murs en panneaux séparés

Épicentre vous laisse libre de modéliser de manière monolithique ou en panneaux séparés les murs multibranches complexes (murs en L, en T, en U, etc.).

Si vous avez opté pour une description de ces murs complexes en panneaux séparés, vous allez éclater en plusieurs chaînages verticaux adjacents les chaînages situés aux angles de ces murs : par exemple, deux chaînages verticaux distincts au niveau de l'angle d'un mur en L.

Il vous appartiendra de décider vous-même, au cas par cas, si vous cumulez ou non les sections d'acier correspondant à ces chaînages adjacents qui correspondent en fait à un chaînage unique partagé.

Vous pourrez vous aider pour cela d'une analyse visuelle des mouvements verticaux relatifs de ces chaînages verticaux dans les représentations dynamiques 3D des modes propres du bâtiment.

Ayez en tête qu'Épicentre ne vous signalera le dépassement de la section d'acier maximum de chaînage vertical associée aux types de maçonnerie utilisés dans les murs de votre projet qu'en cas de dépassement individuel de ce plafond, mais pas pour les sections cumulées de plusieurs chaînages attachés à un même angle de mur.

13.10. Vérification des zones de maçonnerie comprimée

Principes de calcul

Dans les calculs courants de vérification des murs en maçonnerie, la vérification des zones de maçonnerie comprimée est habituellement menée en appliquant lors de la vérification de flexion composée un coefficient ϕ de réduction de la résistance à la compression due à l'élancement déterminé de manière : 0,6 pour les murs de façade et 0,8 pour les murs intérieurs.

Épicentre met en œuvre une méthode plus élaborée permettant d'optimiser les résultats obtenus.

Cette méthode est exposée en détail dans le chapitre 6 des Compléments techniques

En résumé, comme dans le cas des murs en béton, Épicentre exploite sa très bonne connaissance géométrique et logique du bâtiment en cours de calcul et donc de l'environnement de la section de mur étudiée.

Cela lui permet de mettre en œuvre une série d'algorithmes sophistiqués qui associent étroitement les calculs de flexion composée et la vérification des zones de maçonnerie comprimée afin de rechercher, pour chaque plan de contreventement, un coefficient ϕ global de réduction de la résistance à la compression de la maçonnerie calculé au plus juste et qui permet d'optimiser les dimensionnements obtenus.

Pour la vérification des zones comprimées, ces algorithmes vérifient les sections au-dessus et au-dessous du plancher en les découpant en bandes de calcul successives et en prenant en compte l'environnement local de ces sections de murs (planchers, raidisseurs, charges, etc.) avec un pas de 10 cm.

Dans le cas des murs en maçonnerie, le traitement mis en œuvre permet très souvent de justifier les plans de contreventement à la flexion composée et au flambement des zones comprimées avec un coefficient ϕ global calculé égal à 1, bien plus favorable que les valeurs forfaitaires de 0,6 ou 0,8 admises habituellement ou que les valeurs calculées à partir des formules de l'EC6-1-1 ou du DTU 20.1 sur la base des caractéristiques locales les plus défavorables de la section et sans découper la section en bandes de calcul.

Vérification des zones comprimées : exemples de rendus graphiques

La figure de la page suivante montre un exemple d'affichage AU-DESSUS du plancher.

Les murs en maçonnerie sont coloriés en orange clair.

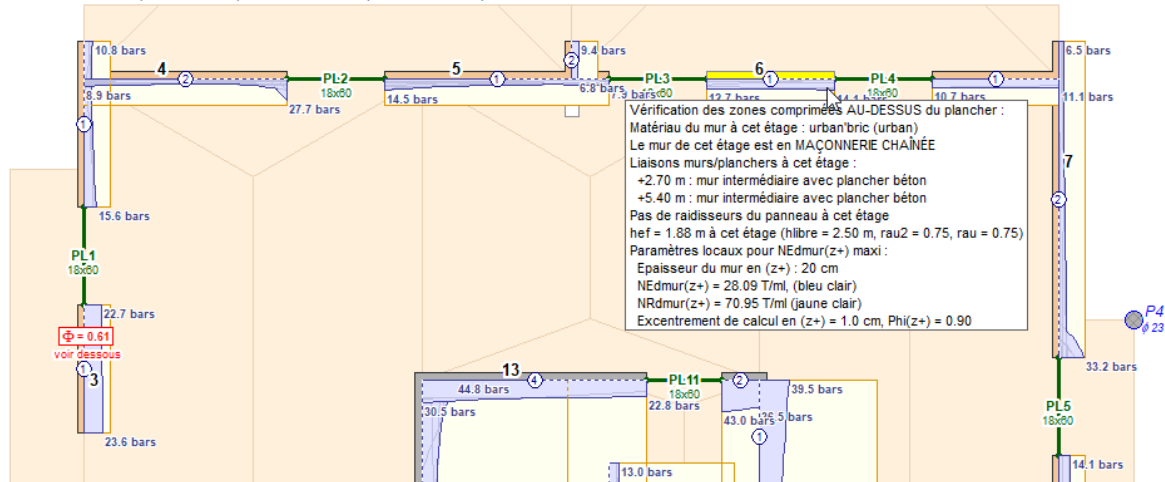
Les diagrammes de compression de la maçonnerie comprimée sont représentés sous forme de diagramme-enveloppe, avec écriture des valeurs des contraintes aux extrémités des murs.

Les diagrammes jaune clair correspondent aux valeurs locales de la résistance ultime à la compression.

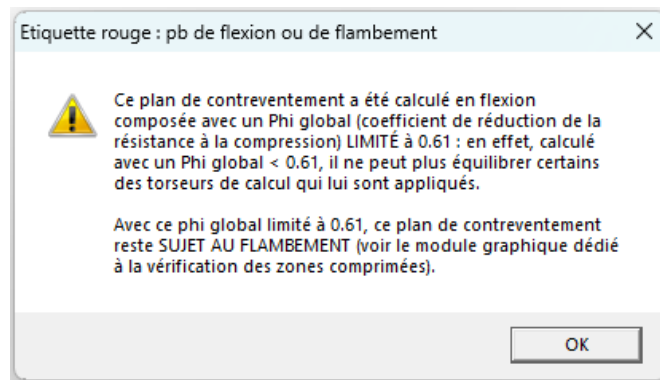
L'étiquette informative associée au mur 6 liste l'ensemble des paramètres LOCAUX (au droit du pointeur de la souris) qui ont été utilisés pour vérifier cette section de mur.

Le mur 3, à gauche, a été calculé avec une valeur de ϕ de 0.61 signalée en rouge.

Clic droit sur les étiquettes $\Phi = \dots$ pour afficher les explications (les étiquettes sont violettes si des aciers verticaux de renfort sont nécessaires).

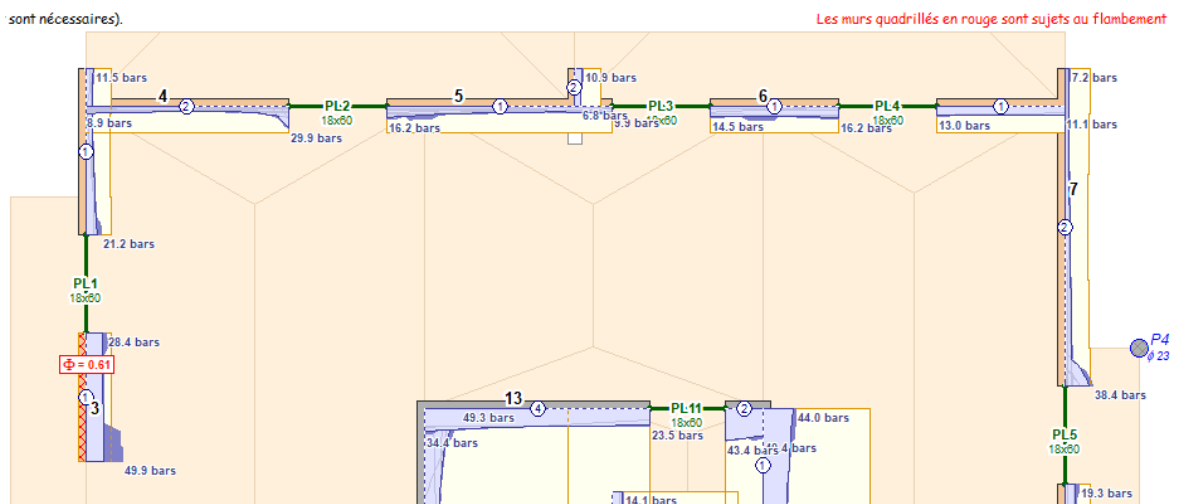


Par un clic droit sur l'étiquette $\phi = 0.61$, on provoque l'affichage du message explicatif suivant :



Le texte « voir ci-dessous » associé à l'étiquette $\phi = 0.61$, indique que le problème signalé se situe en fait en dessous du plancher, c'est-à-dire dans la hauteur de l'étage inférieur.

La figure ci-dessous montre la même zone AU-DESSOUS du plancher :



Les diagrammes jaune clair continuent à représenter les valeurs locales de la résistance ultime à la compression, calculées cette fois au-dessous du plancher (en tête du mur de l'étage inférieur).

Ces diagrammes, calculés au pas de 10 cm, montrent que la résistance ultime à la compression présente des variations locales importantes, liées notamment à la variation de l'excentrement due à l'effet des charges apportées sur le mur au niveau du plancher : planchers situés de chaque côté du mur et appuis divers éventuels sur le mur (poutres, murs portés, etc.).

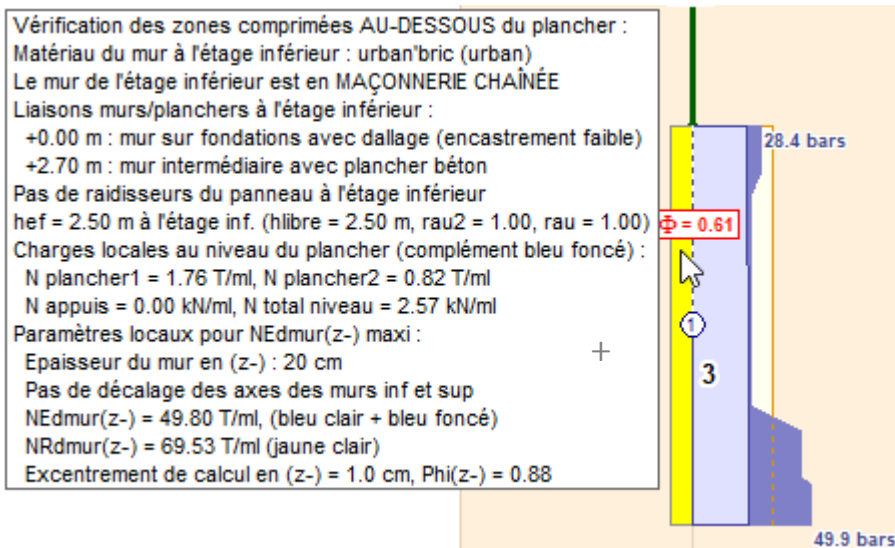
Ces charges locales sont dessinées en bleu foncé, en complément aux diagrammes bleu clair des contraintes des zones de maçonnerie comprimée.

Le quadrillage rouge du mur 3 confirme le problème de flambement signalé par l'étiquette $\phi = 0.61$, qui concerne donc la hauteur d'étage située sous le plancher en cours.

On constate visuellement que le flambement du mur 3 est provoqué par des charges localisées (bleu foncé) apportées sur la partie basse du mur au niveau du plancher (ici l'appui d'un mur porté).

Le message rouge écrit en haut à droite de l'écran donne la signification du quadrillage rouge du mur 3.

L'étiquette associée au pointeur de la souris liste l'ensemble des paramètres *locaux* mobilisés pour mener la vérification :

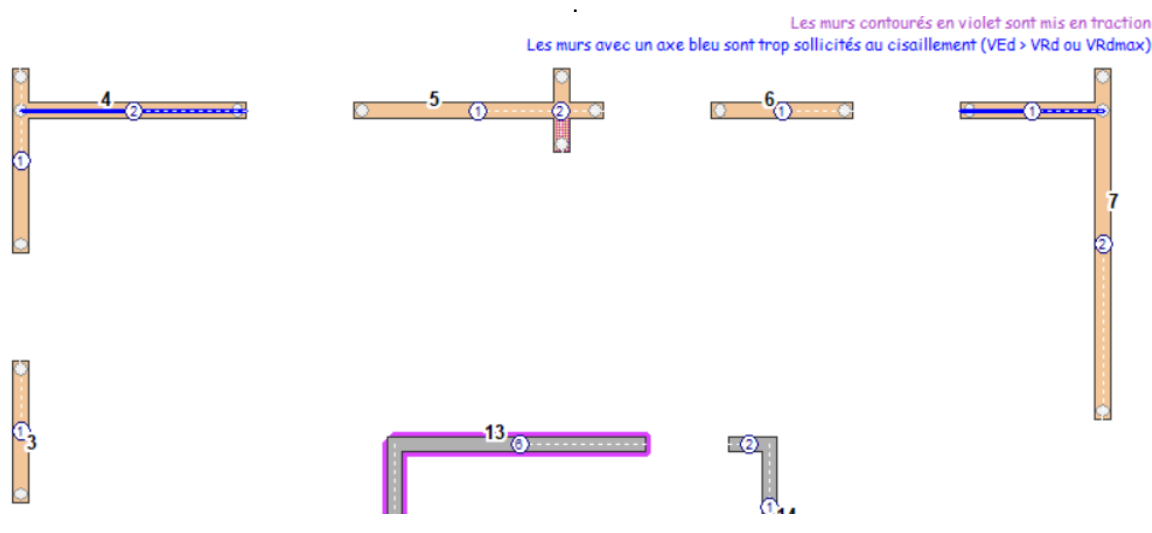


13.11. Vérification au cisaillement des murs de maçonnerie

Épicentre signale deux types d'anomalies :

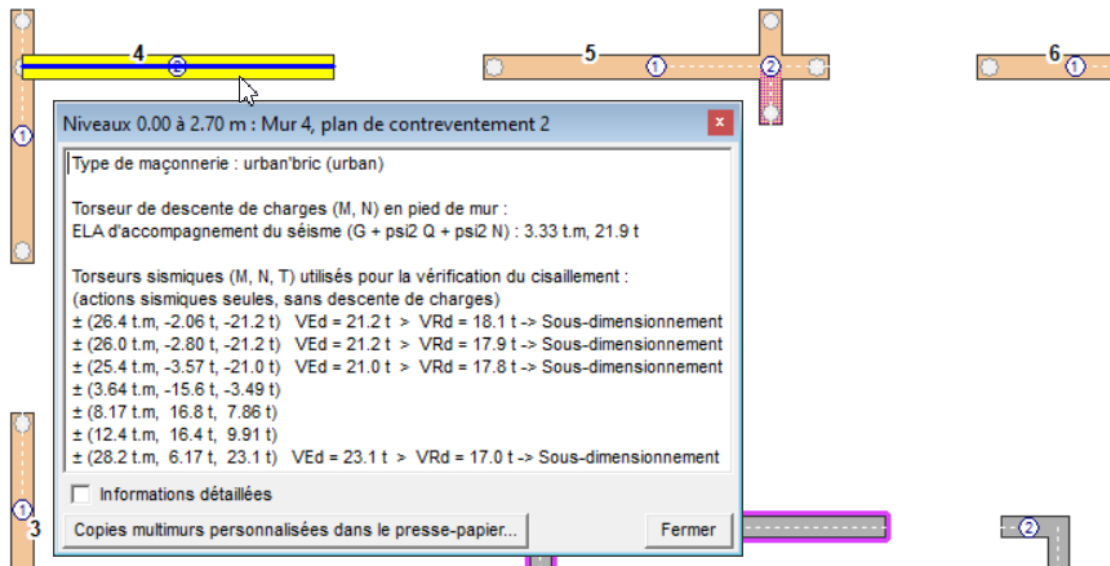
- Les axes des plans de contreventement mis en traction sont signalés par un contour violet épais et un message d'alerte en caractères violets est affiché en haut et à droit de l'écran.
- Les axes des plans de contreventement trop sollicités ($VEd > VRd$) sont signalés par un trait bleu épais et un message d'alerte en caractères bleus est affiché en haut et à droit de l'écran.

La figure ci-dessous montre un exemple avec plusieurs plans de contreventement invalides repérés par un axe violet (le plancher d'est pas dessiné car le niveau représenté est le niveau de fondation, avec un dallage) :



Si un plan de contreventement présente des anomalies signalées par les alertes graphiques ci-dessus, vous pouvez demander des précisions sur les problèmes rencontrés en affichant la liste des torseurs de dimensionnement (clic droit).

La figure ci-dessus montre la liste des torseurs de dimensionnement associés au plan de contreventement 2 du mur 4 de la figure précédente :



Ce plan de contreventement présente des problèmes de sollicitations excessives ($V_{Ed} > V_{Rd}$).

Pour chaque torseur associé à un problème de dimensionnement, Épicentre indique les valeurs de V_{Ed} , V_{Rd} ou N_{Ed} (en cas de mise en traction du plan de contreventement) correspondant au problème rencontré ce qui permet de situer très précisément l'ampleur du problème.

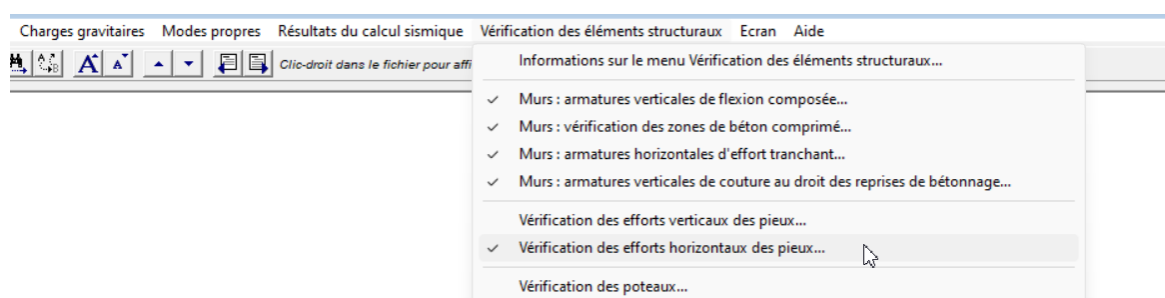
Ces informations vous orienteront dans la recherche de solutions pour valider votre modèle.

14. LES MODULES GRAPHIQUES DE VÉRIFICATION DES PIEUX

14.1. Les modules graphiques de vérification des pieux : généralités

Où trouve-t-on les modules graphiques de vérification des pieux ?

Les menus d'accès à ces modules sont situés au milieu du menu Vérification des éléments structuraux, présenté au chapitre 12 et présent dans toutes les barres de menus du logiciel :



À quoi servent les modules graphiques de vérification des pieux ?

Ils servent à présenter graphiquement et à analyser le résultat des traitements réalisés par Épicentre sur les pieux : calcul des efforts verticaux et des efforts horizontaux et dimensionnement ou vérification éventuelle des diamètres à partir des efforts résistants ultimes par diamètres éventuellement saisis.

Ils permettent également d'afficher localement avec la souris, pour chaque pieu, de nombreuses informations facilitant la compréhension et l'analyse des résultats.

Quand les lignes des menus de vérification des pieux sont-elles grisées ?

Les menus de vérification des pieux sont désactivés (grisés) si le modèle ne comporte pas de pieux.

Le menu de vérification des efforts verticaux des pieux sont activés dès qu'un calcul de descente de charges a été effectué.

Le menu de vérification des efforts horizontaux des pieux sont activés dès qu'un calcul au vent ou au séisme a été effectué.

Quand les lignes des menus de vérification des pieux sont-elles cochées ?

Elles sont cochées si Épicentre n'a pas détecté d'anomalies dans les résultats associés.

En cas d'anomalies détectées, celles-ci seront signalées en rouge dans le module graphique concerné.

Complémentarité de l'outil d'export de résultats au format Excel

Cet outil, disponible dans le menu Traitements, permet d'exporter au format Excel les efforts verticaux et horizontaux dans les pieux.

Un tableau des efforts verticaux dans les pieux est également disponible dans la note de calcul.

14.2. Rappels sur les trois options facultatives lors de la saisie des pieux

Trois options facultatives sont à votre disposition lors de la saisie des informations relatives aux pieux :

- **Pieux sans diamètre** : lors de la saisie des pieux, dans le module de saisie des porteurs verticaux, vous pouvez attribuer un diamètre « indéterminé » à tout ou partie des pieux. Cela n'empêchera pas Épicentre de procéder à la descente de charges du bâtiment. Lorsque celle-ci sera réalisée, vous pourrez affecter vous-même des diamètres à ces pieux, en fonction des efforts verticaux qu'ils reçoivent. Vous pourrez aussi demander à Épicentre de le faire, à condition que vous ayez saisi des valeurs d'efforts résistants ultimes

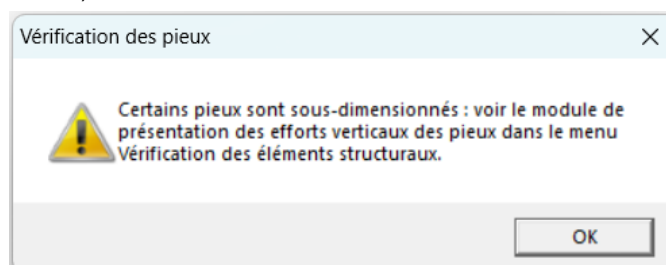
par diamètre (voir ci-dessous). Le diamètre des pieux sans diamètre est noté « ? » dans les modules graphiques montrant des pieux.

- **Pieux au diamètre bloqué** : lors de la saisie des pieux, dans le module de saisie des porteurs verticaux, vous pouvez bloquer la valeur du diamètre affectée à certains pieux. Cela est utile par exemple lorsque certains pieux sont déjà en place : le diamètre affectés à ces pieux ne pourront pas être modifiés par la suite, ni par vous involontairement ni par Épicentre lors des traitements de dimensionnement automatiques. La valeur du diamètre des pieux à diamètre bloqué est soulignée dans les modules graphiques montrant des pieux.
- **Efforts résistants ultimes par diamètre** : dans la feuille de paramétrage pour la vérification des pieux (à la fin du menu Description du projet), vous pouvez associer à chaque diamètre de pieux du projet des valeurs d'efforts résistants ultimes à la compression et à la traction. Cette saisie est indispensable si vous voulez qu'Épicentre puisse dimensionner ou vérifier lui-même les diamètres des pieux du projet.

14.3. Le module de vérification des efforts verticaux dans les pieux

Consultation des résultats après un calcul de descente de charges

A la fin du calcul de descente de charges, Épicentre affiche un message d'alerte si certains pieux ont des diamètres insuffisants par rapport aux efforts résistants ultimes par diamètre saisis (Il n'y a pas de message si ces efforts n'ont pas été saisis) :

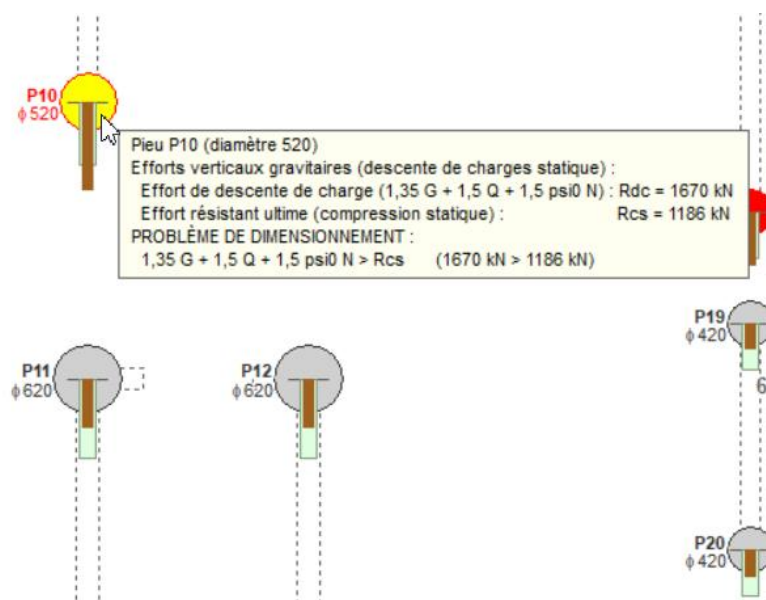


Le module graphique dessine les pieux en rappelant leur code et leur diamètre.

Il représente également les efforts gravitaires verticaux par un histogramme marron.

Si les efforts résistants ultimes par diamètres ont été saisis, il ajoute pour chaque pieu un histogramme vert qui représente l'effort résistant ultime à la compression statique saisi par vous et il signale en rouge les pieux sous-dimensionnés.

En complément, au survol de la souris, une étiquette informative récapitule toutes les informations relatives au pieu :



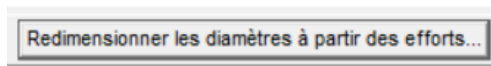
Rappel : toutes ces informations relatives aux pieux peuvent être exportées au format Excel par l'outil dédié du menu Traitements.

Redimensionnement automatique après un calcul de descente de charges

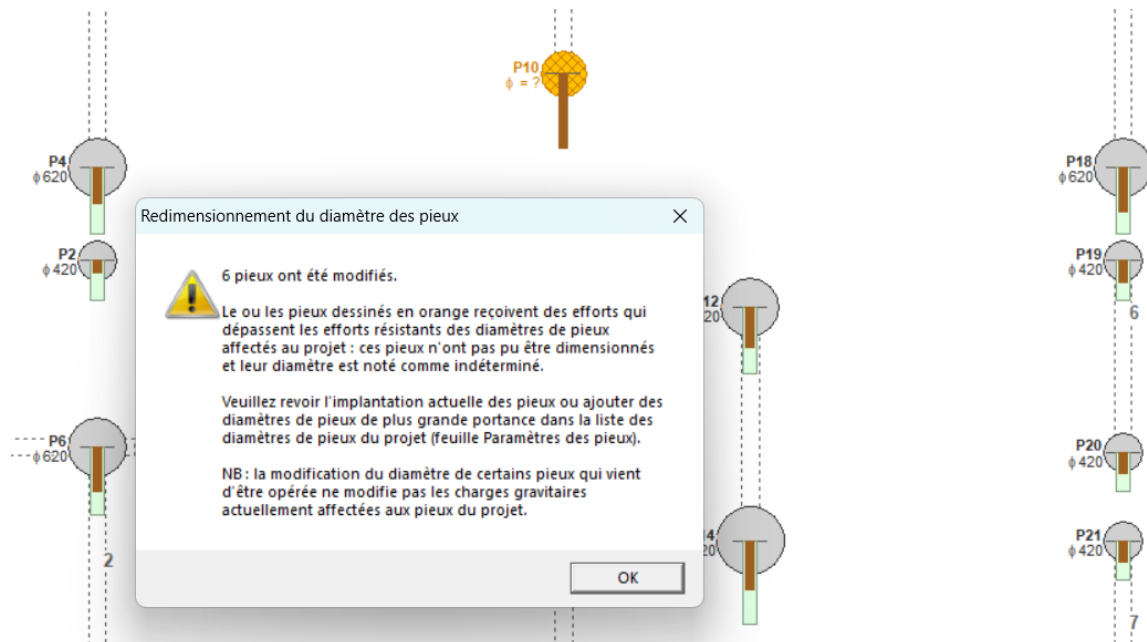
Si des pieux sont sous-dimensionnés, vous pouvez modifier leur diamètre manuellement pour augmenter leur force portante :



Si les efforts résistants ultimes par diamètres ont été saisis, vous pouvez aussi demander à Épicentre de redimensionner tous les pieux, en plus ou en moins, à partir des efforts gravitaires appliqués. Il faut pour cela actionner le bouton de redimensionnement situé à droite de la boîte d'outils :

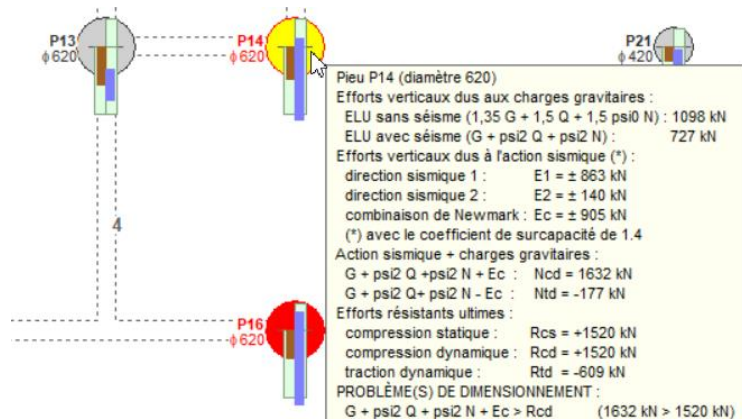


A la fin du traitement de redimensionnement, Épicentre redessine els pieux et affiche une boîte de message pour indiquer combien de pieux ont été redimensionnés (les pieux à diamètre bloqué ne sont pas modifiés). Épicentre redessine aussi en orange les pieux qui n'ont pas pu être suffisamment renforcés, faute de diamètre suffisant : leur diamètre est passé en indéterminé (représenté par un ?).

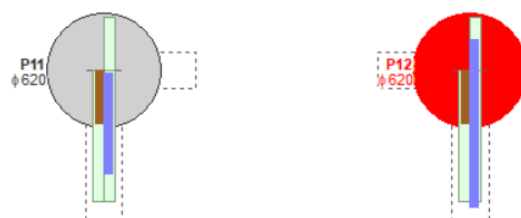


Consultation des résultats après un calcul au vent ou au séisme

Le module graphique affiche les pieux en représentant les efforts par des histogrammes : les efforts résistants sont en vert (s'ils ont été saisis), les efforts gravitaires en marron et les efforts sismiques ou de vent en bleu (efforts de compression et de traction, accrochés à l'extrémité du diagramme marron des charges gravitaires). Une étiquette informative récapitule l'ensemble des informations relatives au pieu survolé par la souris. Les pieux sous-dimensionnés sont dessinés en rouge.



Ce gros plan permet de mieux comprendre la logique de représentation des efforts avec les histogrammes :



L'historgramme marron représente l'effort gravitaire, dans sa combinaison ELU ou ELA d'accompagnement pour le vent ou le séisme (voir l'étiquette informative du pieu de la page précédente). La base de l'historgramme est repérée par un trait horizontal noir, en haut de l'historgramme (c'est la valeur 0). L'historgramme se développe vers le bas à partir du point 0 (les efforts sous le trait noir sont donc positifs).

Les efforts de vent ou de séisme s'exercent en compression et en traction et sont de la forme $\pm N$.

La valeur $+N$ est représentée par un histogramme bleu qui démarre à l'extrémité de l'historgramme marron, en le prolongeant vers le bas, dans le sens positif.

La valeur $-N$ est représentée par un histogramme bleu qui démarre lui aussi à l'extrémité de l'historgramme marron, mais se développe vers le haut c'est-à-dire dans le sens négatif.

Les histogrammes vert clair qui sont dessinés sous les histogrammes marron ou bleus montrent les efforts résistants ultimes associés aux efforts représentés en marron ou en bleu.

Le pieu 11 ci-dessus reste comprimé même sous l'effet de l'effort $-N$ (on reste juste en dessous du trait noir, c'est-à-dire dans les valeurs positives).

Le pieu P12 est mis en traction par le séisme (l'historgramme bleu $-N$ passe au dessus du trait noir, dans la zone négative), mais cette traction reste admissible (on reste dans le vert).

Ce n'est pas le cas de l'effort $+N$ de compression sismique, qui sort du vert lorsqu'il est ajouté à l'effort ELA gravitaire.

Les histogrammes verts sont absents si les efforts résistants ultimes par diamètres n'ont pas été saisis.

Redimensionnement automatique après un calcul au vent ou au séisme

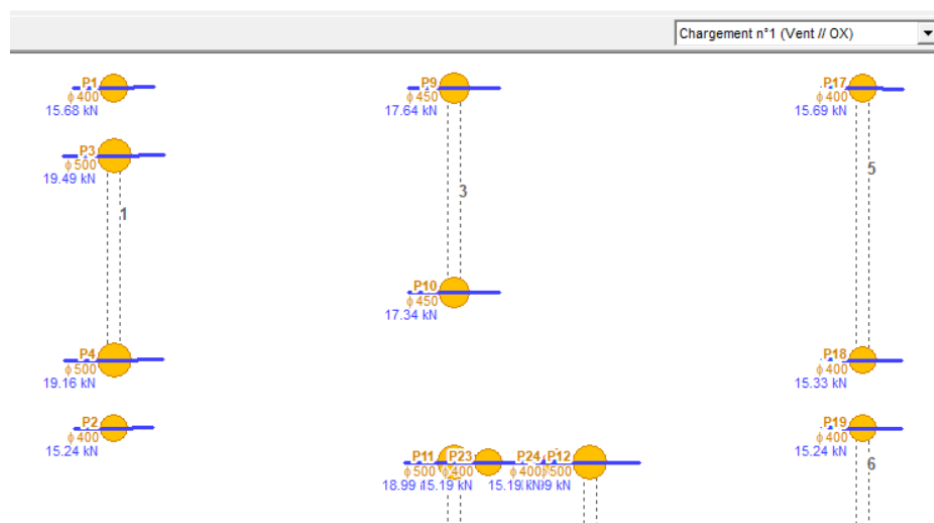
On peut redimensionner les pieux, manuellement ou automatique avec le bouton de la barre d'outils, exactement comme après un calcul de descente de charges :

14.4. Le module de consultation des efforts horizontaux dans les pieux

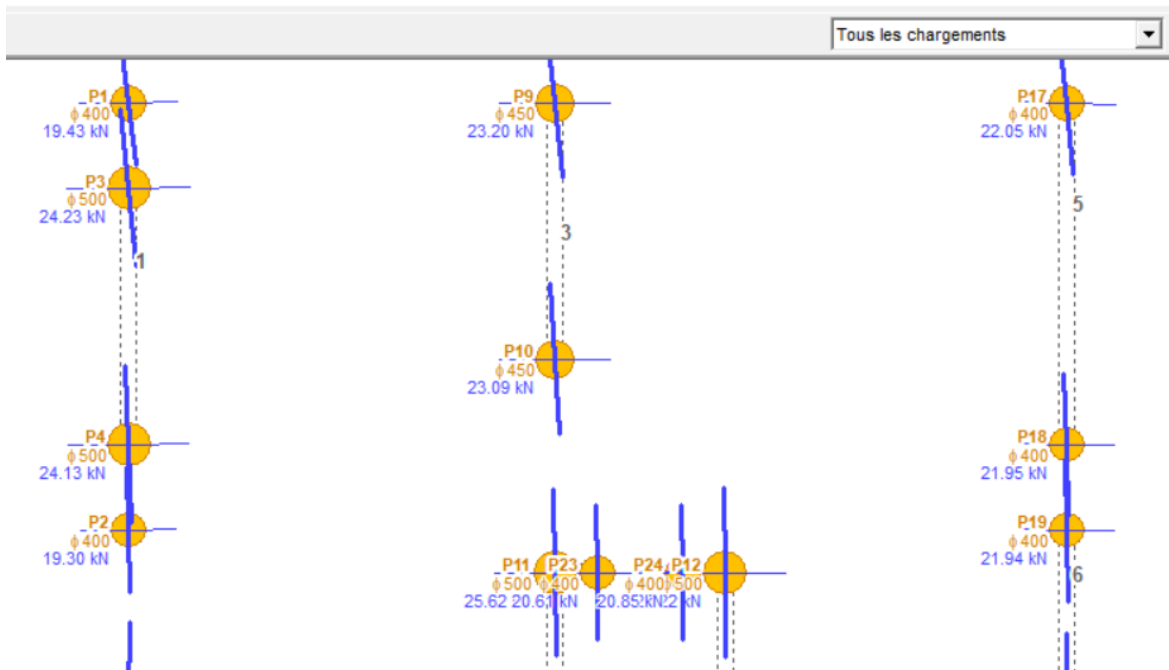
Le efforts horizontaux dans les pieux ne sont calculés que lors du calcul au vent ou au séisme du bâtiment et sont donc inaccessibles après un simple calcul de descente de charges.

Consultation des efforts horizontaux après un calcul au vent

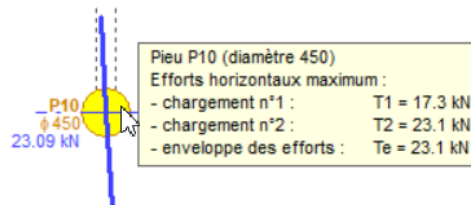
Épicentre dessine des efforts horizontaux correspondant à chacun des cas de charges de vent appliqués, en précisant la valeur des efforts :



Il propose également une vue de synthèse, qui rassemble tous les cas de charges et signale par un trait gras l'effort horizontal enveloppe. La valeur de l'effort enveloppe est précisée pour chaque pieu :



Une étiquette informative récapitule les valeurs des efforts lorsqu'un pieu est survolé par la souris :



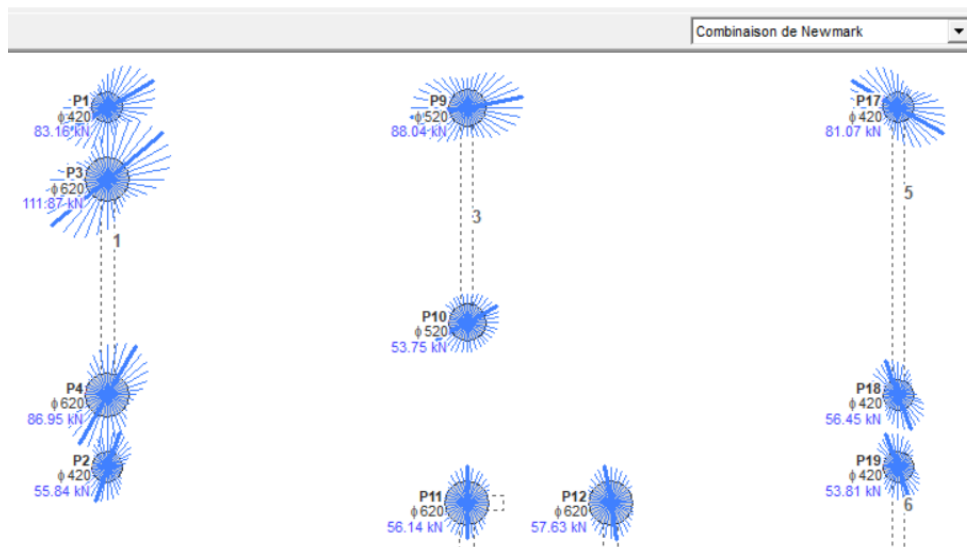
Rappel : toutes ces informations relatives aux poteaux peuvent être exportées au format Excel par l'outil dédié du menu Traitements.

Consultation des résultats après un calcul au séisme

Pendant le séisme, les pieux sont sollicités horizontalement dans toutes les directions.

Épicentre calcule les efforts horizontaux correspondants, pour chaque pieu, en parcourant toutes les directions avec un pas de 10 degrés. Il exécute ces calculs pour les directions sismiques de calcul n°1 et 2.

Il peut présenter graphiquement les efforts obtenus pour chacune des deux directions sismiques de calcul et pour leur combinaison de Newmark (ci-dessous, la combinaison de Newmark) :



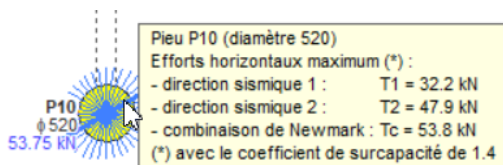
Les efforts sont représentés en traits fins pour chacune des directions du plan, prises en compte avec un pas de 10°.

L'effort horizontal maximum de chaque pieu est repéré par un trait épais et sa valeur est notée près du pieu.

Rappelons que les valeurs maximum des efforts horizontaux ne s'exercent pas sur l'ensemble des pieux du bâtiment au même moment lors du séisme.

La variation de l'inclinaison des traits épais représentant ces efforts maximum est due à l'effet des couples de torsion globaux qui s'appliquent à la base du bâtiment pendant le séisme et qui modifient notablement (surtout dans le modèle ci-dessus) les efforts induits dans les pieux par les seules sollicitations horizontales.

Une étiquette informative récapitule les valeurs des efforts lorsqu'un pieu est survolé par la souris :



Rappel : toutes ces informations relatives aux poteaux peuvent être exportées au format Excel par l'outil dédié du menu Traitements.

14.5. Méthode de calcul des efforts horizontaux dans les pieux

Les efforts horizontaux sont calculés selon les dispositions du Cahier technique n° 38 de l'AFPS de mars 2017 (Guide pour la conception et le dimensionnement des fondations profondes sous actions sismiques des bâtiments à risque normal).

Le calcul suppose que la dalle ou le radier inférieurs et/ou les longrines constituent un diaphragme indéformable au niveau des têtes de pieux.

Les efforts globaux en pied de bâtiment (efforts tranchants et couple de torsion) sont répartis dans les pieux proportionnellement à leur diamètre, conformément à la formule 4.1.2.1.1.b du CT 38 :

$$H_i = V_{ed} \times \left(\frac{D_i}{\sum D_i} + d \times \frac{D_i x_i}{\sum D_i x_i^2} \right)$$

Avec :

- $D_i = \alpha_i \cdot \Phi_i$ où $\alpha_i = 1$ quand le pieu est libre en rotation et 2 quand il est encastré ;
- Φ_i : diamètre des pieux ;
- x_i : coordonnée suivant l'une des directions horizontales dans le repère G_{xy} ;
- G : centre de raideur des pieux calculé sur la base des « D_i » (Cf. Tableau n° 64 et Tableau n° 65 de l'annexe I.5) ;
- V_{ed} : effort horizontal total (également noté « F_b » dans l'EC8) ;
- d : distance entre l'effort horizontal et le centre de raideur des pieux.

La formule ci-dessous fait intervenir le type d'encastrement de chacune des têtes de pieux (libre en rotation ou encastré). Épicentre considère pour le moment que les têtes de pieux sont toutes encastrées de manière identique (toutes encastrées ou toutes libres).

Dans le cas d'un calcul au vent, les efforts tranchants et les couples de torsion globaux en pied de bâtiment peuvent être calculés avec leurs signes pour chaque chargement de vent appliqué et la mise en œuvre de la formule ci-dessus ne pose pas de problème.

En contexte sismique, le calcul des efforts tranchants dans chaque pieu, selon les différentes directions du plan (pas de 10 degrés), est d'abord mené à partir des chargements statiques équivalents modaux, selon les deux directions de calcul sismique. Les calculs sont donc fait sans difficultés particulière, avec des grandeurs signées.

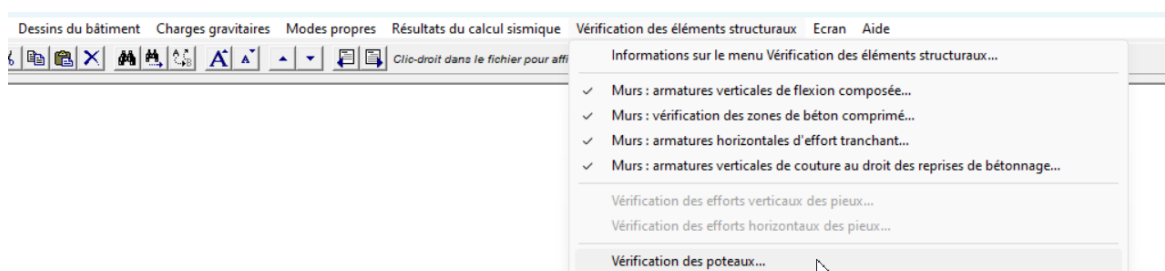
Les efforts tranchants modaux de chaque pieu, selon toutes les directions du plan (pas de 10 degrés) sont alors combinés quadratiquement, selon les deux directions de calcul sismique, puis synthétisés par la combinaison de Newmark.

15. LE MODULE GRAPHIQUE DE VÉRIFICATION DES POTEAUX

15.1. Le module graphique de vérification des poteaux : généralités

Où trouve-t-on le module graphique de vérification des poteaux ?

Le menu d'accès à ce module est situé à la fin du menu Vérification des éléments structuraux, présenté au chapitre 12 et présent dans toutes les barres de menus du logiciel :



À quoi sert le module graphique de vérification des poteaux ?

Il sert à présenter graphiquement et à analyser les résultats du post-traitement réalisé sur les poteaux.

Épicentre propose deux post-traitements pour les poteaux (voir le § 5.6) :

- **Vérification simplifiée** : Épicentre vérifie les poteaux au flambement et s'assure que la section d'aciers longitudinaux nécessaire pour équilibrer la compression et la traction est compatible avec le taux de ferrailage maximum de 4% autorisé par l'Eurocode 2-1.
- **Vérification + ferrailage longitudinal et transversal avec Épipot de XLBTP** : le post-traitement des poteaux est entièrement assuré par l'outil Épipot de la gamme d'outils XLBTP du bureau d'études SECBTP (49 Av. Jean Jaurès, 67100 Strasbourg), qui vérifie lui aussi le flambement et la résistance à la compression et à la traction des poteaux mais prépare également une proposition de ferrailage (aciers longitudinaux et transversaux), avec note de calcul et fiche de ferrailage.

Le module de vérification des poteaux permet notamment d'afficher avec la souris, pour chaque poteau, une étiquette informative facilitant la compréhension et l'analyse des résultats.

Le module de vérification des poteaux permet également de modifier manuellement (dimensions et/ou béton) les poteaux invalides (problème de dimensions, de flambement ou de résistance) pour les rendre valides.

Quand la ligne du menu de vérification des poteaux est-elle grisée ?

Le menu de vérification des poteaux reste désactivé (grisé) si le modèle ne comporte pas de poteaux.

Sinon, le menu de vérification des poteaux est activé dès qu'un calcul de descente de charges a été effectué.

Quand la ligne du menu de vérification des poteaux est-elle cochée ?

Elle est cochée si Épicentre n'a pas détecté d'anomalies dans les résultats associés.

En cas d'anomalies détectées :

- les lignes du menu Niveaux du module indique clairement les niveaux qui comportent des anomalies de poteaux (mention « pb »), les niveaux avec des poteaux sans anomalies (mention « ok ») et les niveaux sans poteaux (pas de mention). Un exemple est donné plus loin.
- les anomalies sont signalées graphiquement en rouge dans les niveaux concernés

Complémentarité avec l'outil d'export de résultats au format Excel

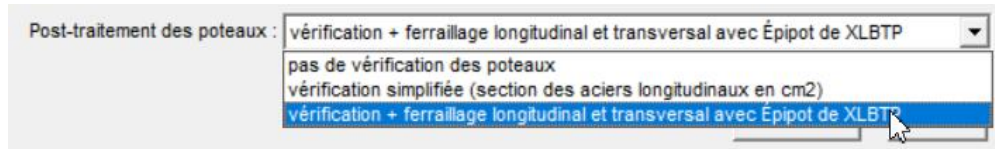
Cet outil, disponible dans le menu Traitements, permet d'exporter au format Excel les efforts verticaux dans les poteaux (efforts gravitaires et efforts dus au vent ou au séisme) ainsi qu'une récapitulation des caractéristiques des poteaux (sections et matériaux).

Un tableau des efforts verticaux dans les poteaux est également disponible dans la note de calcul.

15.2. Post-traitement avec l'outil Épipot de XLBTP

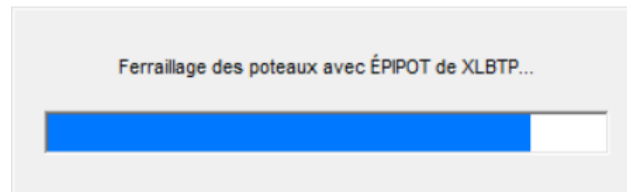
Comment demander le post-traitement avec Épipot ?

Le post-traitement avec Épipot est proposé par défaut dans la feuille Options générales du menu Description du projet (voir le § 5.6) :



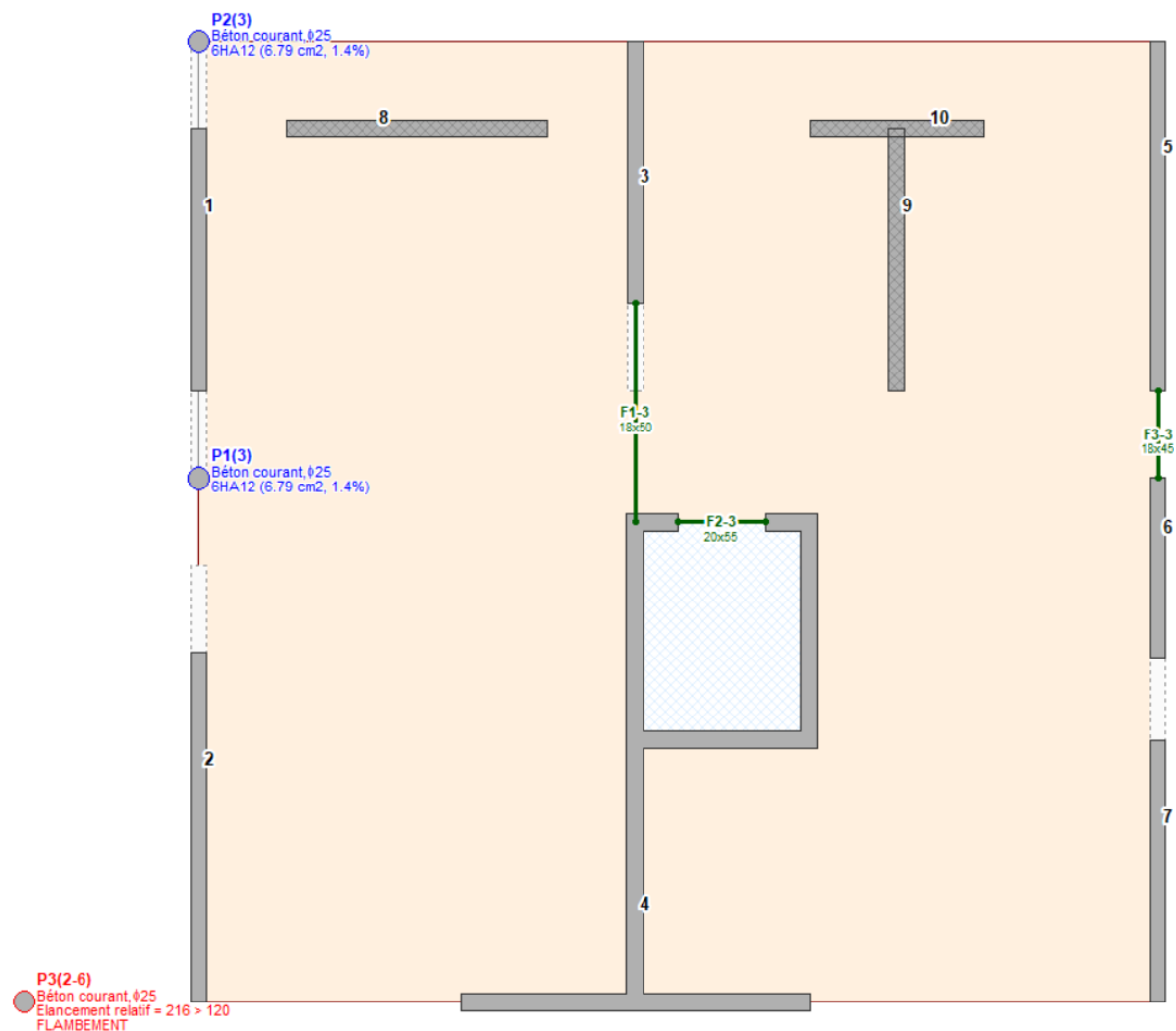
Quand a lieu le post-traitement

Tous les poteaux sont traités à la fin du calcul au vent ou au séisme, après la vérification des murs :



Présentation des résultats dans le module graphique de vérification des poteaux

Les informations essentielles sont affichées à droite de chaque poteau :



La nomenclature des aciers longitudinaux est précisée, avec leur section en cm² et le taux de ferrailage correspondant.

Les poteaux invalides sont repérés en rouge et la cause de l'invalidité est précisée en clair : DIMENSIONS NON-CONFORMES, FLAMBEMENT, DÉFAUT DE CAPACITÉ PORTANTE, TAUX DE FERRAILLAGE NON-CONFORME, FERRAILLAGE A FINALISER.

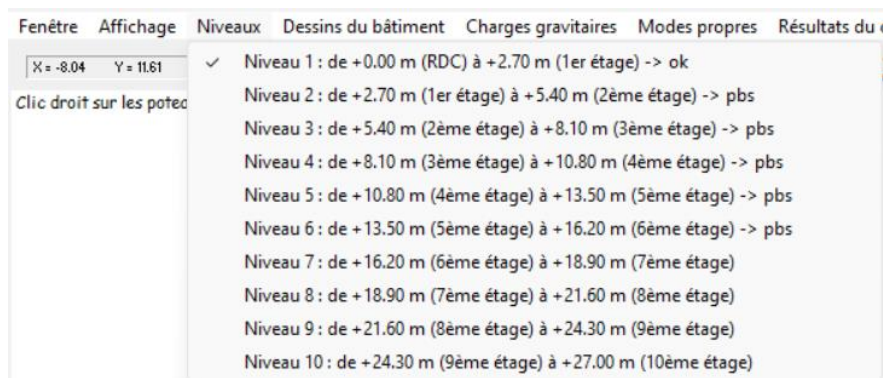
Convention de désignation des poteaux

- $P_i(k)$: poteau P_i dans la hauteur du niveau k
- $P_i(k-l)$: poteau P_i dans la hauteur des niveaux k à l (poteau multi-étages : le poteau n'est pas tenu par les planchers intermédiaires)
- $P_i(k) m$: le poteau $P_i(k)$ a été modifié depuis le dernier calcul général du bâtiment (vent ou séisme)

Exemple : dans le dessin de la page précédente, le poteau P3(2-6) est un poteau multi-étages qui règne d'un seul tenant (sans contact avec les planchers) sur la hauteur des niveaux 2, 3, 4, 5 et 6.

Quels sont les niveaux qui comportent des poteaux invalides ?

Vous pouvez afficher cette information très simplement en déroulant le menu Niveaux :



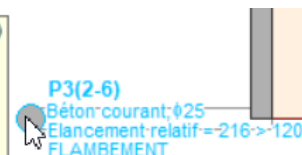
Les niveaux notés « pbs » présentent des anomalies de poteaux, ceux notés « ok » n'ont que des poteaux valides, les niveaux sans mention n'ont pas de poteaux.

Étiquette informative associée aux poteaux

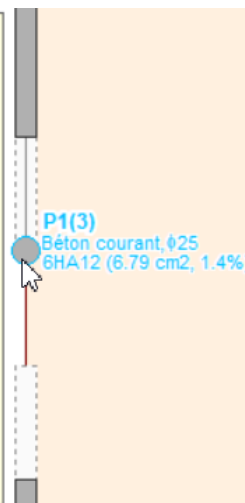
Une étiquette informative s'affiche lorsque le pointeur de la souris survole un poteau.

Les deux figures ci-dessous montrent deux exemples d'étiquette, pour des poteaux avec et sans anomalies :

P3(2-6) = poteau P3 dans la hauteur des niveaux 2 (1er étage) à 6 (5ème étage)
 Poteau primaire multiétages (le poteau participe au contreventement)
 Béton : C35/45, aciers : $f_{yk} = 500$ Mpa
 Section circulaire diam. 25 cm ($A_c = 491$ cm²)
 Épaisseur dalle sup = 0 cm, retombée de poutre = 0 cm
 Hauteur brute = 13.50 m, hauteur libre sous dalle = 13.50 m
 Longueur de flambement = hauteur libre = 13.50 m
 FLAMBEMENT (élancement relatif = 216 > 120)

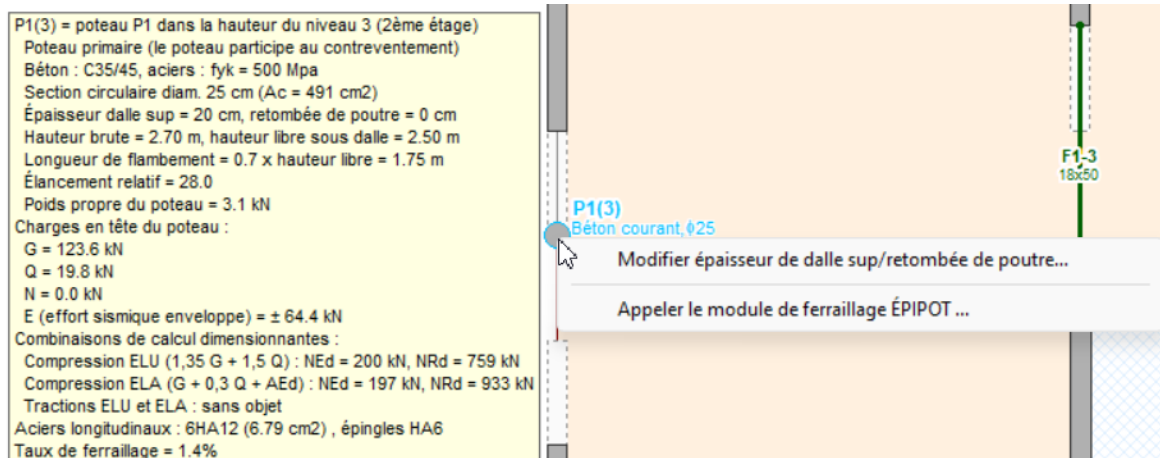


P1(3) = poteau P1 dans la hauteur du niveau 3 (2ème étage)
 Poteau primaire (le poteau participe au contreventement)
 Béton : C35/45, aciers : $f_{yk} = 500$ Mpa
 Section circulaire diam. 25 cm ($A_c = 491$ cm²)
 Épaisseur dalle sup = 20 cm, retombée de poutre = 0 cm
 Hauteur brute = 2.70 m, hauteur libre sous dalle = 2.50 m
 Longueur de flambement = $0.7 \times$ hauteur libre = 1.75 m
 Élancement relatif = 28.0
 Poids propre du poteau = 3.1 kN
 Charges en tête du poteau :
 G = 123.6 kN
 Q = 19.8 kN
 N = 0.0 kN
 E (effort sismique enveloppe) = ± 64.4 kN
 Combinaisons de calcul dimensionnantes :
 Compression ELU ($1.35 G + 1.5 Q$) : NEd = 200 kN, NRd = 759 kN
 Compression ELA ($G + 0.3 Q + AEd$) : NEd = 197 kN, NRd = 933 kN
 Tractions ELU et ELA : sans objet
 Aciers longitudinaux : 6HA12 (6.79 cm²), épingles HA6
 Taux de ferrailage = 1.4%



Menu contextuel associé aux poteaux

Le menu contextuel est appelé par un clic droit sur un poteau :



Les deux actions proposées par le menu sont présentées ci-après.

Modification de l'épaisseur de dalle et/ou de la retombée de poutre

Cette ligne du menu contextuel appelle la feuille de saisie suivante :

Épaisseur de la dalle sup et retombée de poutre

Rappel : valeurs déterminées par Épicentre
 Épaisseur de la dalle sup : 20 cm
 Retombée de poutre : 0 cm

Valeurs imposées pour la vérification de ce poteau

Épaisseur de la dalle sup cm (saisissez "-" pour annuler une valeur imposée)
 Retombée de poutre cm

Annuler OK

Le feuille de saisie permet de préciser si nécessaire le contexte local au niveau de la tête du poteau pour la hauteur d'étage en cours (utile pour la vérification de flambement et le dessin de la fiche de ferrailage).

Le bouton OK a deux effets :

- les valeurs saisies sont enregistrées par Épicentre dans le projet.
- le post-traitement par Épipot est relancé, pour tenir compte des nouvelles valeurs saisies.

Appel du module de ferrailage Épipot

Cette ligne du menu contextuel lance Épipot et affiche un assistant de saisie en haut à droite de l'écran :

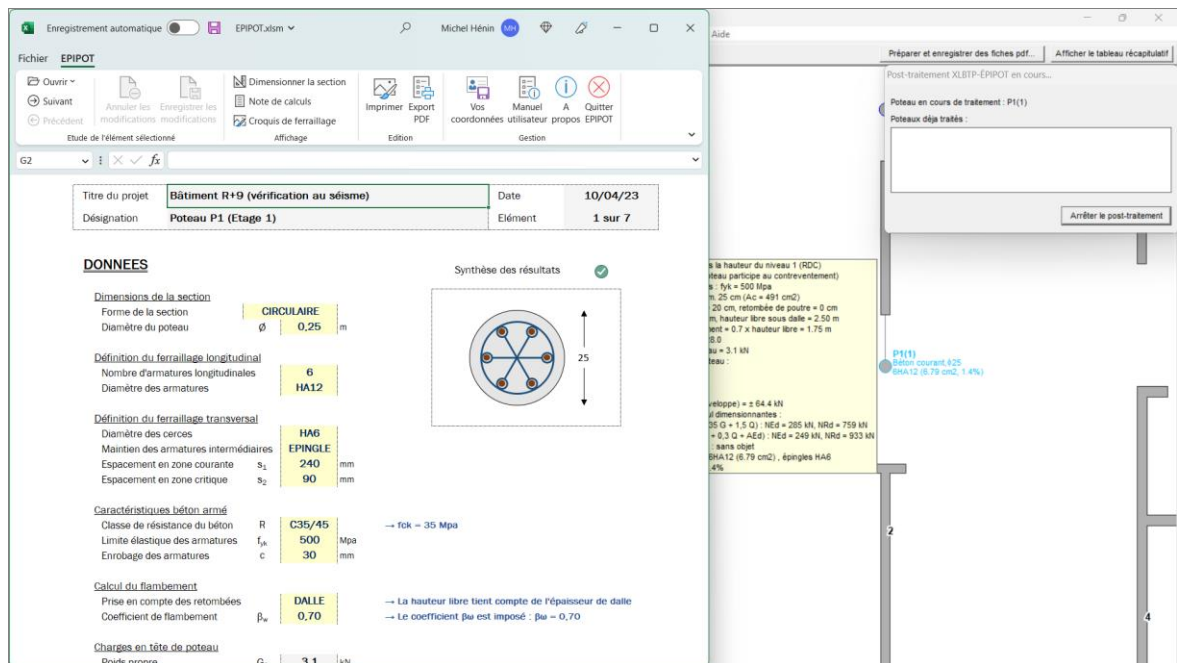
Post-traitement XLBTP-ÉPIPOT en cours...

Poteau en cours de traitement : P1(1)

Poteaux déjà traités :

Arrêter le post-traitement

L'écran d'Épicentre est automatiquement réorganisé pour offrir un contexte de saisie clair et fluide :



La réorganisation de l'écran est faite selon les principes suivants :

- la feuille de calcul Épipot occupe la moitié gauche de l'écran. Elle est réglée pour rester constamment au premier plan, même si vous cliquez dans le module graphique d'Épicentre.
- l'assistant de saisie, en haut à droite de l'écran, affiche le code du poteau en cours de saisie. Il vous donnera également la liste complète des poteaux que vous avez déjà modifiés depuis de dernier calcul au vent ou au séisme que vous avez effectué. Son bouton « Arrêter le post-traitement » constitue un des moyens de fermer Épipot.
- Épicentre redessine le niveau de façon à présenter le poteau en cours de traitement dans la moitié droite de l'écran, avec son étiquette.
- toutes les commandes d'Épicentre sont désactivées pendant la durée de la session Épipot, à l'exception du bouton de fin de post-traitement de l'assistant.

Si vous changez le poteau en cours de traitement depuis Épipot, Épicentre mettra à jour la partie droite de l'écran : elle sera cadrée sur le nouveau poteau, à l'étage de ce poteau.

Manuel de l'utilisateur d'Épipot

Ce document est présent au format pdf dans le sous-dossier XLBTP du dossier d'installation d'Épicentre.

Il peut être appelé directement à partir d'Épipot.

Veuillez vous reporter à ce document pour découvrir les fonctionnalités d'Épipot.

Épipot vous permet de travailler sur tous les poteaux du projet, en liaison directe avec Épicentre :

- vous pouvez consulter la fiche de dimensionnement, la note de calcul et la fiche de ferrailage de tous les poteaux du projet, en parcourant la liste de ces poteaux de manière très fluide.
- vous pouvez modifier la section (dimension/béton) et/ou les ferrailages longitudinaux ou transversaux des poteaux
- Vous pouvez enregistrer dans Épicentre les modifications faites, si elles vous conviennent.
- Épicentre met à jour tous les affichages (dessin et étiquettes informatives) à mesure des enregistrements.

Affichage du tableau récapitulatif des poteaux

Le bouton « Afficher le tableau récapitulatif » situé à l'extrême droite de la barre d'outils vous permet d'afficher un tableau récapitulatif de tous les poteaux du projet :

Afficher le tableau récapitulatif

Ce tableau est préparé automatiquement par Épicentre à l'issue du post-traitement des poteaux et est enregistré au format pdf dans le sous-dossier « Poteaux » du dossier de résultats du projet (dossier de même nom que le projet, sans l'extension .dat). Il est mis à jour par Épicentre si des poteaux sont modifiés.

Le tableau récapitulatif enregistré au format pdf rassemble toutes les informations utiles relatives aux poteaux :

Logiciel ÉPICENTRE + EPIPOT : vérification des poteaux (compression, traction éventuelle et flambement)

Projet : Bâtiment R+9 (vérification au séisme)
Date : 11 avril 2023 à 09:17

Poteaux	Statut	Béton Classes	f _{vk} Mpa	Enrobage mm	Section dimensions	Ac (cm ²)	Retombées dalle + poutre	bsw	Hauteurs			Élançement relatif	Ferrailage longitudinal	Aciers cm ²	Taux de ferrailage
									Totale	Libre	Flambement				
P1(1)	primaire	C35/45	500	30	Ø 25	491	20 + 0	0,70	2,70	2,50	1,80	28,0	ØH412	6,79	1,40%
P1(2)	primaire	C35/45	500	30	Ø 25	491	20 + 0	0,70	2,70	2,50	1,80	28,0	ØH412	6,79	1,40%
P1(3)	primaire	C35/45	500	30	Ø 25	491	20 + 0	0,70	2,70	2,50	1,80	28,0	ØH412	6,79	1,40%
P2(1)	primaire	C35/45	500	30	Ø 25	491	20 + 0	0,70	2,70	2,50	1,80	28,0	ØH412	6,79	1,40%
P2(2)	primaire	C35/45	500	30	Ø 25	491	20 + 0	0,70	2,70	2,50	1,80	28,0	ØH412	6,79	1,40%
P2(3)	primaire	C35/45	500	30	Ø 25	491	20 + 0	0,70	2,70	2,50	1,80	28,0	ØH412	6,79	1,40%
P3(2-6)	primaire	C35/45	500	30	Ø 25	491	0 + 0	0,70	13,50	13,50	13,50	248 > 120	-	-	-

Les poteaux sont rangés par identifiants croissants.
Les poteaux primaires sont décrits en caractères normaux, les poteaux secondaires en italiques.
Les poteaux décrits en rouge présentent un problème de dimensionnement.

Convention de désignation des poteaux vérifiés :

- P1(k) : poteau P1 dans la hauteur du niveau k
- P1(k-l) : poteau P1 dans la hauteur des niveaux k à l (poteau multi-étages : le poteau n'est pas tenu par les planchers intermédiaires)
- P1(k) m : le poteau P1(k) a été modifié depuis le dernier calcul général du bâtiment (vent ou séisme)

nb : les fiches pdf des poteaux ainsi que la présente récapitulation sont rangées dans le sous-dossier "Poteaux" du dossier de résultats du projet (dossier de même nom que le projet, sans l'extension .dat)

Il permet de vérifier d'un coup d'œil les caractéristiques des poteaux et les résultats obtenus et facilite l'exploitation de ces résultats.

Préparation et enregistrement des notes de calcul et fiches de ferrailage de poteaux

Actionnez le bouton « Préparer et enregistrer des fiches pdf » situé à droite de la barre d'outils :

Préparer et enregistrer des fiches pdf...

Il affiche une boîte de dialogue qui vous permet de préciser votre demande :

Préparation et enregistrement de fiches pdf des poteaux

Choisissez les types de fiches pdf à préparer

☒ Notes de calcul

☒ Fiches de ferrailage

Sélectionnez les poteaux dont vous voulez préparer les fiches pdf

Poteaux à traiter : ☐ aucun ☐ tous ☒ 2 poteaux sur 7

P1(1)
P1(2)
P1(3)
P2(1)
P2(2)
P2(3)
P3(2-6)*

Les poteaux repérés par un astérisque présentent un problème de dimensionnement.

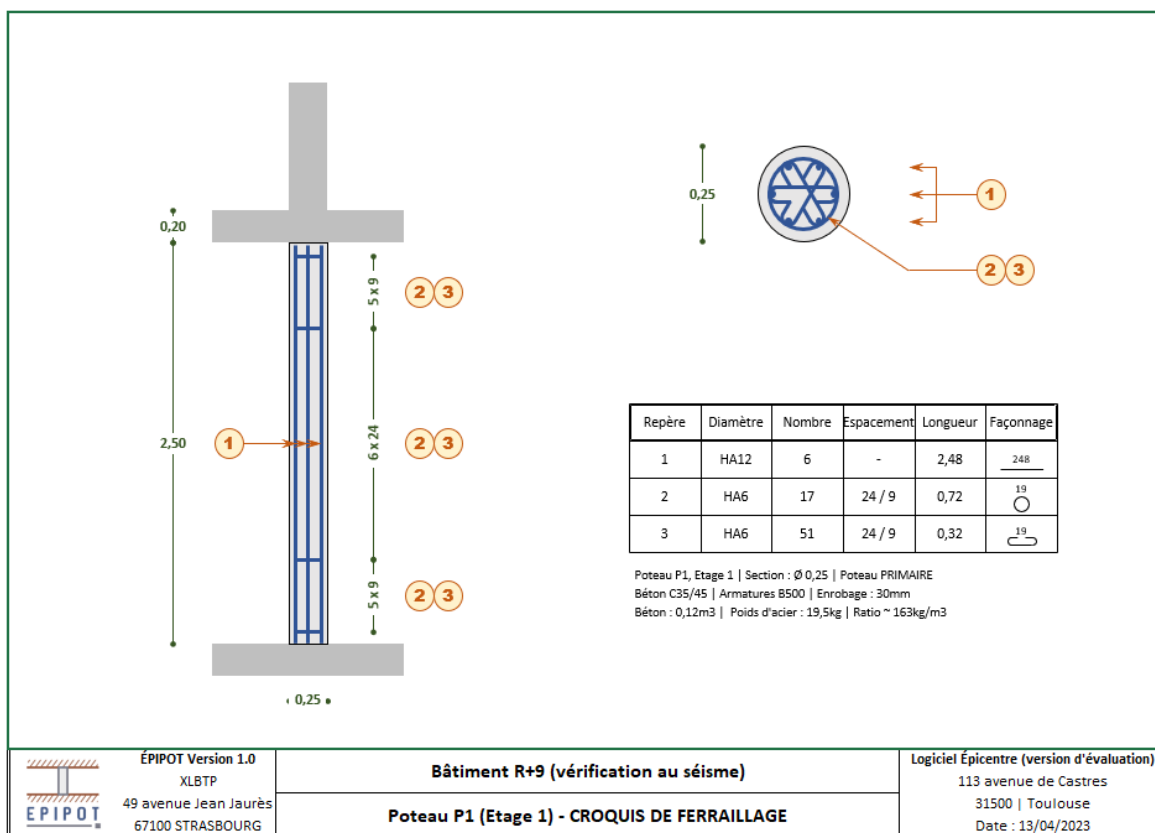
Clic : sélection d'un poteau
Clic + glissé : sélection de plusieurs poteaux successifs
Clic + Ctrl : ajout ou suppression d'un poteau dans la sélection en cours

Annuler OK

Les fiches seront enregistrées au format pdf dans le sous-dossier « Poteaux » du dossier de résultats du projet (dossier de même nom que le projet, sans l'extension .dat).

Les fiches seront nommées avec le préfixe nc (note de calcul) ou ff (fiche de ferrailage) suivi du code du poteau. Un suffixe « pb » est ajouté si le poteau est invalide.

Exemples de note de calcul et de fiche de ferrailage de poteau



Exemple de fiche de ferrailage

<p>ÉPIPOT Version 1.0 XLBT 49 avenue Jean Jaurès 67100 STRASBOURG</p>	Bâtiment R+9 (vérification au séisme)	<p>Logiciel Épicentre (version d'évaluation) 113 avenue de Castres 31500 Toulouse Date : 13/04/2023</p>
	Poteau P1 (Etage 1) - CROQUIS DE FERRAILAGE	

<p>ÉPIPOT Version 1.0 XLBT 49 avenue Jean Jaurès 67100 STRASBOURG</p>	Bâtiment R+9 (vérification au séisme)	<p>Logiciel Épicentre (version d'évaluation) 113 avenue de Castres 31500 Toulouse Date : 13/04/2023</p>
	Poteau P1 (Etage 1) - NOTE DE CALCUL	

4 - CALCUL DU FLAMBEMENT AUX ELA

4.1 CALCUL DE L'EFFORT NORMAL MAXIMAL
 Cas dimensionnant → Combinaison { G + 0,3 Q + AEd }
 Effort normal NEd = 249,56 kN

4.2 CALCUL DES CARACTÉRISTIQUES BETON ARMÉ
 Contrainte béton de calcul : $f_{cd} = 29,17$ Mpa
 Contrainte acier de calcul : $f_{yd} = 500,00$ Mpa

4.3 VÉRIFICATION DE L'EFFORT NORMAL RÉDUIT
 Effort normal réduit : $n_d = 0,17$ → Résultat valide
 Effort réduit limite : $n_{lim} = 0,65$ → Limite réglementaire (ECS §5.4.3.2.1-3)

4.4 VÉRIFICATION DE LA STABILITÉ
 Caractéristiques de flambement identiques au calcul ELU
 Effort résistant : $N_{Rd} = k_h \cdot k_s \cdot \alpha \cdot [A_c \cdot f_{cd} + A_s \cdot f_{yd}] = 933,77$ kN
 Stabilité : $N_{Rd} > N_{Ed}$ → Résultat valide

5 - VÉRIFICATION À LA TRACTION

5.1 CALCUL AUX ELU
 Effort de traction sollicitant : $N_{Ed} = 0,00$ kN → Combinaison { G }
 Effort de traction résistant : $N_{Rd} = 295,04$ kN > N_{Ed} → Résultat valide

5.2 CALCUL AUX ELA
 Effort de traction sollicitant : $N_{Ed} = 0,00$ kN → Combinaison { G + 0,3 Q - AEd }
 Effort de traction résistant : $N_{Rd} = 339,29$ kN > N_{Ed} → Résultat valide

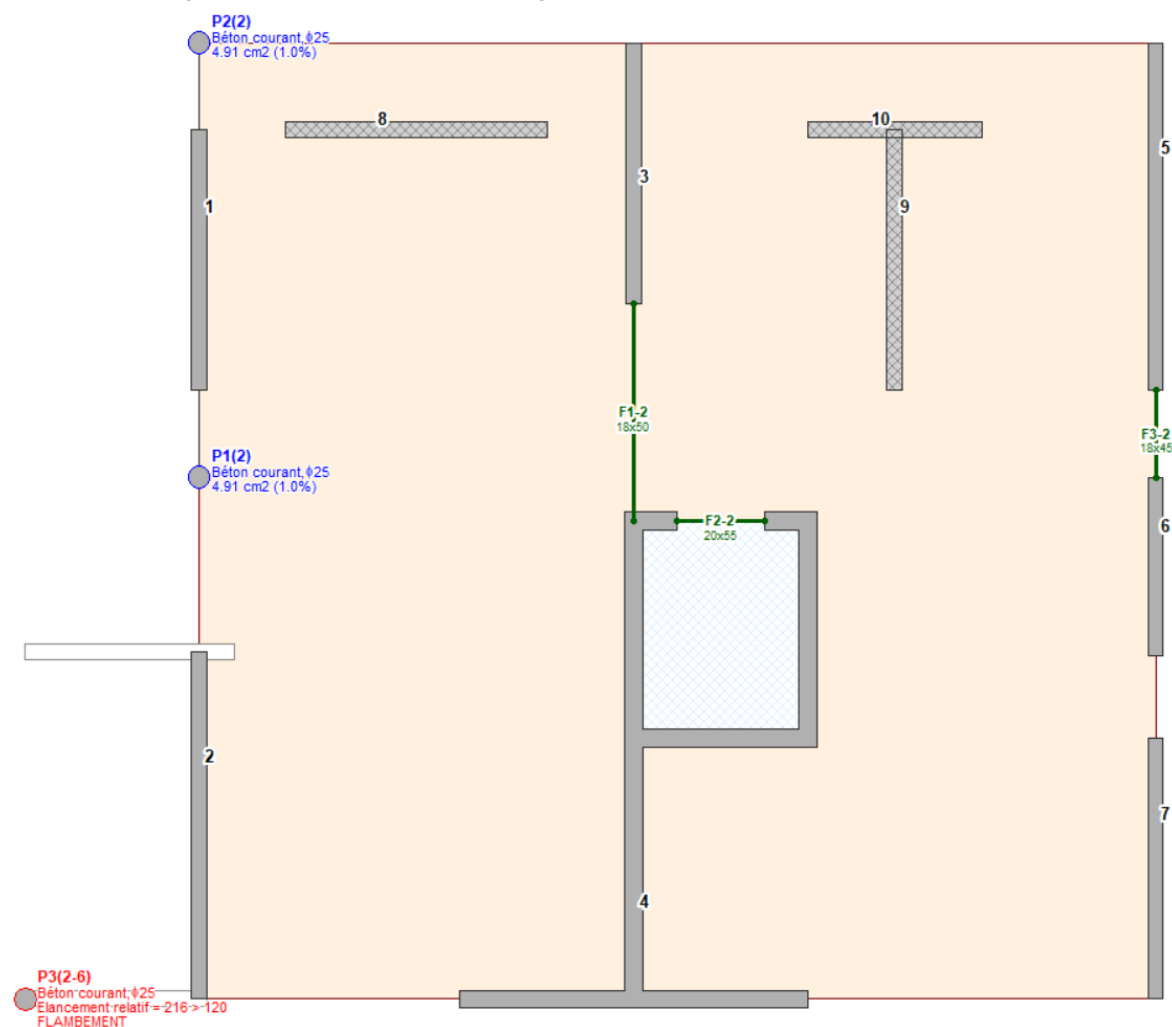
Dernière page d'une note de calcul

15.3. Post-traitement de vérification simplifiée des poteaux

Une bonne partie des explications données pour le post-traitement avec Épipot sont également valables pour le post-traitement de vérification simplifiée des poteaux :

- le choix du post-traitement de vérification simplifiée des poteaux se fait dans la feuille Options générales du menu Description du projet (voir le § 5.6) :
- le post-traitement est effectué à la fin du calcul au vent ou au séisme, après la vérification des murs.
- la convention de désignation des poteaux est la même (des codes de la forme P2(3) ou P3(2-6)).
- il est facile de repérer les niveaux présentant des poteaux invalides, simplement en déroulant le menu Niveaux.

La présentation graphique des résultats est analogue à celle du post-traitement avec Épipot :



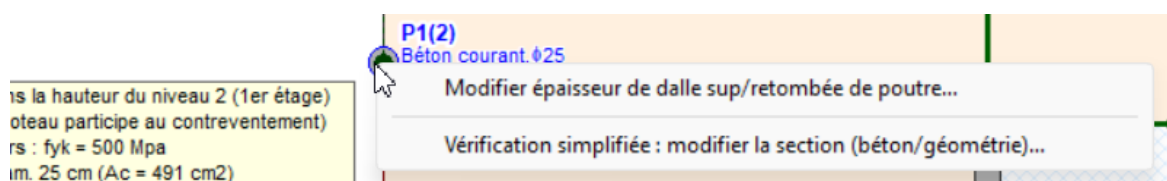
La seule différence est l'absence de la nomenclature des aciers longitudinaux.

La section d'acier mentionnée est la section longitudinale calculée.

La section définitive et le taux de ferrailage correspondant seront donc légèrement supérieurs aux valeurs affichées, du fait du choix des armatures.

Menu contextuel associé aux poteaux

Le menu contextuel est appelé par un clic droit sur un poteau :



Il permet de modifier de modifier l'épaisseur de la dalle supérieure ou la retombée de poutre, exactement comme dans le cas du traitement avec Épipot.

Modification de la section d'un poteau (géométrie ou type de béton)

La ligne du menu appelle un outil dédié qui permet, en quatre étapes, de modifier la section, de la vérifier puis de l'appliquer au poteau si les résultats conviennent :

The figure consists of four screenshots of a software dialog box titled 'Modification du poteau P3(2-6)'. Each screenshot shows a different step in the process of modifying a column section.

- Top Left Screenshot (Step 1: Préremplir le projet de modification):**
 - Section actuelle du poteau:** Béton courant (BC), Section circulaire 25 cm ($A_c = 491 \text{ cm}^2$), Élancement relatif : 216.0 (doit être < 120), Aciers longitudinaux : ###, Taux de ferrailage : ##.
 - Projet de modification de la section:** Béton (dropdown), Géométrie de la section (Circulaire dropdown), Diamètre (input field) cm. Below this is a button labeled 'Préremplir le projet de modification'.
 - Buttons at the bottom: 'Retour à la section initiale' and 'Fermer'.
- Top Right Screenshot (Step 2: Vérification simplifiée de la section):**
 - Section actuelle du poteau:** Same as the first screenshot.
 - Projet de modification de la section:** Béton (BC (Béton courant) dropdown), Géométrie de la section (Circulaire dropdown), Diamètre (25 cm input field). Below this is a button labeled 'Vérification simplifiée de la section'.
 - Buttons at the bottom: 'Retour à la section initiale' and 'Fermer'.
- Bottom Left Screenshot (Step 3: Appliquer le projet de modification):**
 - Section actuelle du poteau:** Same as the first screenshot.
 - Projet de modification de la section:** Béton (BC (Béton courant) dropdown), Géométrie de la section (Circulaire dropdown), Diamètre (50 cm input field). Below this is a button labeled 'Appliquer le projet de modification'.
 - Buttons at the bottom: 'Retour à la section initiale' and 'Fermer'.
- Bottom Right Screenshot (Step 4: Validation):**
 - Section actuelle du poteau:** Béton courant (BC), Section circulaire 50 cm ($A_c = 1963 \text{ cm}^2$), Élancement relatif : 108.0 (doit être < 120), Aciers verticaux : 19.63 cm², Taux de ferrailage : 1.00%.
 - Projet de modification de la section:** Béton (dropdown), Géométrie de la section (Circulaire dropdown), Diamètre (input field) cm. Below this is a button labeled 'Préremplir le projet de modification'.
 - Buttons at the bottom: 'Retour à la section initiale' and 'Fermer'.

Les 4 figures ci-dessus illustrent les 4 étapes : pré-remplissage, modification, vérification, validation.

Méthode de calcul

Les poteaux sont supposés biarticulés, l'épaisseur des poutres et des dalles n'est pas prise en compte. Pour la vérification du flambement, Épicentre met en œuvre les formules de l'article 5.8.5 (1) du Guide d'application des normes NF EN 1992 (FD P18-717) de décembre 2013 :

Section rectangulaire	Section circulaire
$N_{Rd} = k_h \cdot k_s \cdot \alpha \cdot [b \cdot h \cdot f_{cd} + A_s \cdot f_{yd}]$	$N_{Rd} = k_h \cdot k_s \cdot \alpha \cdot \left[\frac{\pi D^2}{4} \cdot f_{cd} + A_s \cdot f_{yd} \right]$
$\alpha = \frac{0,86}{1 + \left(\frac{\lambda}{62} \right)^2} \quad \text{si } \lambda \leq 60$	$\alpha = \frac{0,84}{1 + \left(\frac{\lambda}{52} \right)^2} \quad \text{si } \lambda \leq 60$
$\alpha = \left(\frac{32}{\lambda} \right)^{1,3} \quad \text{si } 60 < \lambda \leq 120$	$\alpha = \left(\frac{27}{\lambda} \right)^{1,24} \quad \text{si } 60 < \lambda \leq 120$
$k_h = (0,75 + 0,5 h) \cdot (1 - 6 \rho \cdot \delta) \text{ pour } h < 0,50$	$k_h = (0,7 + 0,5 D) \cdot (1 - 8 \rho \cdot \delta) \text{ pour } D < 0,60$
sinon $k_h = 1$	sinon $k_h = 1$
$k_s = 1,6 - 0,6 \frac{f_{yk}}{500} \text{ pour } f_{yk} > 500 \text{ et } \lambda > 40$	$k_s = 1,6 - 0,65 \frac{f_{yk}}{500} \text{ pour } f_{yk} > 500 \text{ et } \lambda > 30$
sinon $k_s = 1$	sinon $k_s = 1$

Le calcul de la section des aciers longitudinaux est faite selon les formules classiques de l'EC2-1, à partir des combinaisons ELU et ELA notées dans les étiquettes informatives associées aux poteaux.

Affichage du tableau récapitulatif des poteaux

Ce tableau est enregistré par Épicentre au format pdf dans le sous-dossier « Poteaux » du dossier de résultats du projet. Il est affiché avec le bouton « Afficher le tableau récapitulatif situé à droite de la barre d'outils.

Il est quasi-identique au tableau récapitulatif obtenu avec le post-traitement Épipot (il manque les colonnes « enrobage » et « ferrailage longitudinal ») :

Logiciel ÉPICENTRE : vérification des poteaux (compression, traction éventuelle et flambement)												
Projet	Bâtiment R+9 (vérification au séisme)											
Date	11 avril 2023 à 16:46											
Poteaux	Statut	Béton Classes	Section		Retombées dalle + poutre	bw	Hauteurs			Élancement relatif	Aciers cm2	Taux de ferrailage
			dimensions	Ac (cm2)			Totale	Libre	Flambement			
P1(1)	primaire	C35/45	φ 25	491	20 + 0	0,70	2,70	2,50	1,80	28,0	4,91	1,00%
P1(2)	primaire	C35/45	φ 25	491	20 + 0	0,70	2,70	2,50	1,80	28,0	4,91	1,00%
P1(3)	primaire	C35/45	φ 25	491	20 + 0	0,70	2,70	2,50	1,80	28,0	4,91	1,00%
P2(1)	primaire	C35/45	φ 25	491	20 + 0	0,70	2,70	2,50	1,80	28,0	4,91	1,00%
P2(2)	primaire	C35/45	φ 25	491	20 + 0	0,70	2,70	2,50	1,80	28,0	4,91	1,00%
P2(3)	primaire	C35/45	φ 25	491	20 + 0	0,70	2,70	2,50	1,80	28,0	4,91	1,00%
P3(2-6) m	primaire	C35/45	φ 25	491	0 + 0	0,70	13,50	13,50	13,50	216 > 120	-	-

Épicentre V19.1.a

Les poteaux sont rangés par identifiants croissants.
 Les poteaux primaires sont décrits en caractères normaux, les poteaux secondaires en italiques.
 Les poteaux décrits en rouge présentent un problème de dimensionnement..

Convention de désignation des poteaux vérifiés :

- P(k) : poteau Pi dans la hauteur du niveau k
- P(k-l) : poteau Pi dans la hauteur des niveaux k à l (poteau multi-étages : le poteau n'est pas tenu par les planchers intermédiaires)
- P(k) m : le poteau P(k) a été modifié depuis le dernier calcul général du bâtiment (vent ou séisme)

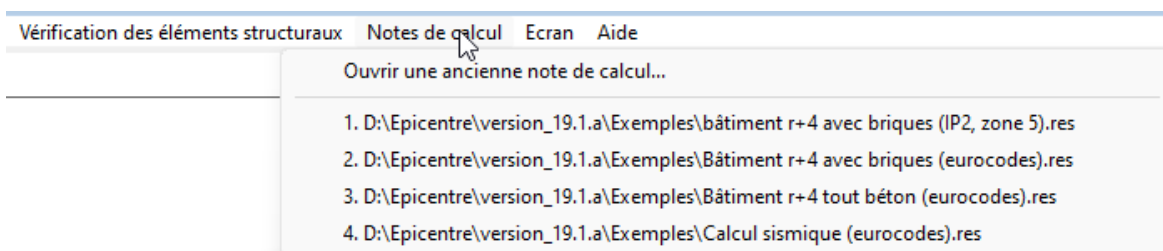
NB : les fiches pdf des poteaux ainsi que la présente récapitulation sont rangées dans le sous-dossier "Poteaux" du dossier de résultats du projet (dossier de même nom que le projet, sans l'extension .dat)

16. LE MENU NOTES DE CALCUL

16.1. Le menu Notes de calcul : présentation générale

Où trouve-t-on le menu Notes de calcul ?

Ce menu est présent dans toutes les barres de menus du logiciel :



Commandes du menu Notes de calcul

Ce menu comporte les commandes suivantes :

- | | |
|--|---|
| Ouvrir une note de calcul... | La boîte de dialogue classique pour choisir le fichier à ouvrir |
| Liste numérotée des 5 derniers fichiers ouverts... | Pour ouvrir d'un clic l'un des derniers fichiers appelés |

16.2. L'environnement de travail « Notes de calcul »

Dès ouverture d'une note de calcul, Épicentre bascule dans l'environnement « Notes de calcul » pour afficher la note de calcul qui vient d'être appelée.

À quoi sert l'environnement de travail « Notes de calcul » ?

- ouvrir et consulter les notes de calcul
- imprimer les notes de calcul
- gérer les notes de calcul (ouvrir, enregistrer, fermer, renommer, supprimer, imprimer)

État de la barre de titre de l'application en environnement « Notes de calcul »

Lorsque vous êtes dans l'environnement « Notes de calcul », la barre de titre de l'application située le long du bord supérieur de l'écran affiche le chemin complet de la note de calcul ouverte.

Si le fichier a été modifié depuis son ouverture, la barre de titre ajoute la mention (modifié) après l'identification du fichier, tant que celui-ci n'a pas été enregistré.

Peut-on ouvrir plusieurs notes de calcul ?

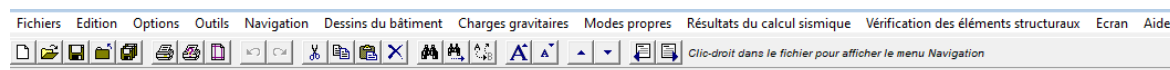
On peut ouvrir et consulter **plusieurs notes de calcul** : utilisez le menu Écran pour passer de l'une à l'autre...

Comment repasser à un autre environnement de travail ?

Le plus simple est d'utiliser le menu Écran qui vous permet de choisir la fenêtre que vous voulez activer.

16.3. Les menus de l'environnement « Notes de calcul »

La barre de menus située en haut de l'écran propose les 11 menus déroulants suivants :



Les 5 premiers menus sont propres à l'environnement « Notes de calcul » :

- Fichiers.....Gestion des notes de calcul (ouvrir, enregistrer, fermer, renommer, supprimer, imprimer)
- ÉditionDiverses commandes pour aider à la consultation ou à la modification des notes de calcul
- Options.....Diverses commandes pour agir sur la présentation des notes de calcul
- OutilsAppel d'une calculette
- NavigationListe des sections de la note de calcul (pour accès direct aux sections)

Ces 5 commandes sont présentées plus en détail dans les paragraphes qui suivent.

Les 6 menus suivants sont partagés avec tous les environnements de travail d'Épicentre et ont déjà été présentées précédemment.

Commandes du menu Fichiers

Le menu Fichiers sert à gérer les notes de calcul (ouvrir, enregistrer, fermer, renommer, supprimer, imprimer). Il comporte les commandes suivantes, dont la signification est évidente :

Nouveau	Ctrl+N
Ouvrir...	Ctrl+O
Fermer	
Enregistrer	Ctrl+S
Enregistrer sous...	
Enregistrer tous les fichiers	
Renommer...	
Supprimer...	
Imprimer...	Ctrl+P
Mise en page...	
Configuration de l'imprimante...	
1. D:\Epicentre\version_19.1.a\Exemples\bâtiment r+4 avec briques (IP2, zone 5).res	
2. D:\Epicentre\version_19.1.a\Exemples\Bâtiment r+4 avec briques (eurocodes).res	
3. D:\Epicentre\version_19.1.a\Exemples\Bâtiment r+4 tout béton (eurocodes).res	
4. D:\Epicentre\version_19.1.a\Exemples\Calcul sismique (eurocodes).res	
Retour à la page d'accueil	
Quitter Épicentre	

L'avant-dernier bloc présente la liste des 4 dernières notes de calcul précédemment ouvertes

Les commandes ci-dessus fonctionnent conformément aux conventions habituelles de Windows et utilisent les boîtes de dialogue classiques pour ce genre d'opérations.

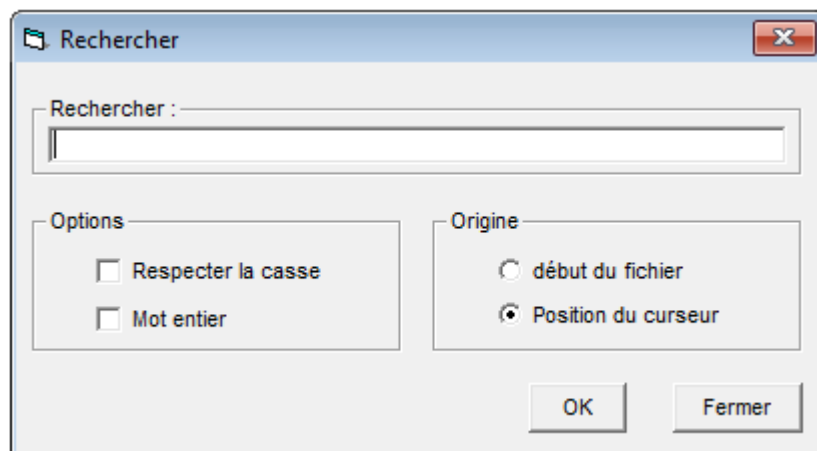
On peut ouvrir **plusieurs notes de calcul** : utilisez le menu Écran pour passer de l'une à l'autre...

Commandes du menu Édition

Le menu comporte les commandes classiques suivantes, dont la signification est évidente :

Annuler	Ctrl+Z
Rétablir	Ctrl+Y
Couper	Ctrl+X
Copier	Ctrl+C
Coller	Ctrl+V
Effacer	Del
Tout Sélectionner	
Rechercher...	Ctrl+F
Remplacer...	Ctrl+H
Suivant	F3

Par exemple, la commande remplacer appelle l'outil de recherche de chaînes de caractères suivant :



Commandes du menu Options et du menu Outils

Le menu Options comporte les 2 commandes suivantes :

- ✓ Barre d'outils
- ✓ Pages numérotées à l'impression

Barre d'outils : Permet d'activer ou de désactiver la barre d'outils.

Pages numérotées à l'impression : ligne cochée quand la numérotation est demandée

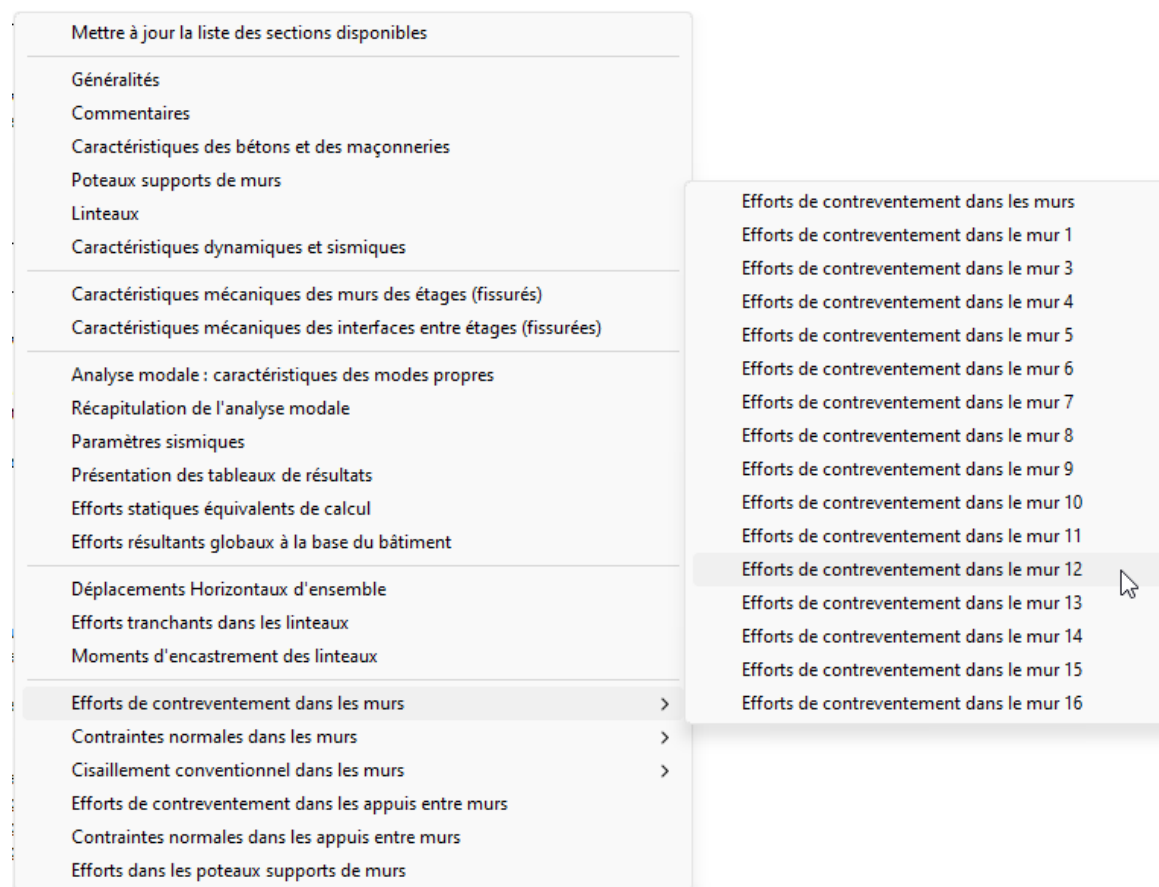
Commandes du menu Outils

Le menu Outils permet d'appeler une calculatrice :

Calculatrice F5

Commandes du menu Navigation

Le menu Navigation vous propose un sommaire complet de la note de calcul affichée (liste des sections successives du fichier) :



Si vous sélectionnez une des lignes du menu, la section correspondante de la note de calcul s'affiche immédiatement à l'écran.

Épicentre repère les débuts de sections grâce aux deux lignes de tirets qui encadre les titres de sections : si vous supprimez une ou plusieurs sections de la note de calcul, les lignes correspondantes subsisteront dans le menu Navigation, mais elles seront en fait inopérantes : en cas d'appel d'une de ces sections, Épicentre vous signalera que la section choisie n'est plus présente dans le fichier et il procédera automatiquement à la mise à jour du menu Navigation.

Vous pouvez demander vous-même la mise à jour des sections du menu Navigation par la première commande du menu : Mettre à jour la liste des sections disponibles.

Pour gagner du temps, affichez le menu Navigation en cliquant dans la zone de texte avec le bouton droit de la souris.

Vous pouvez également utiliser les deux boutons situés à droite de la barre d'outils pour parcourir le fichier de section en section, dans un sens ou dans l'autre.

16.4 Compréhension et interprétation des notes de calcul

Les notes de calcul sont largement commentées de façon à pouvoir être interprétées par un lecteur non familiarisé avec Épicentre.

Quelques compléments d'information utiles à la bonne compréhension des différents tableaux de résultats sont cependant rassemblés ci-dessous.

Si vous êtes plutôt débutant en matière de calcul de contreventement ou de calcul sismique dynamique, il vous est vivement conseillé de lire attentivement les diverses fiches pédagogiques présentées dans le site du logiciel (www.logiciel-epicentre.com) sous la rubrique « Infos & Doc : théorie et pratique ».

16.5. Les deux grandes parties d'une note de calcul

Une note de calcul comprend deux grandes parties :

Récapitulation des données :

Cette première partie récapitule en tableaux successifs l'ensemble des caractéristiques du projet (caractéristiques des bétons, des poteaux supports de murs, des linteaux, caractéristiques dynamiques, paramètres sismiques, etc.)

À la fin de cette première partie, les caractéristiques mécaniques des murs des étages et des niveaux d'étage complets sont présentées dans des tableaux récapitulatifs, en situation fissurée en cas de calcul sismique selon les Eurocodes. Épicentre propose deux séries de tableaux :

- caractéristiques mécaniques des murs des étages dans les hauteurs d'étages successives
- caractéristiques mécaniques des sections interfaces des murs au niveau des changements de groupes d'étages (y compris appuis entre murs).

Résultats du traitement :

Cette troisième partie est constituée de l'ensemble des tableaux de résultats correspondant au traitement effectué (calcul statique, analyse modale ou calcul sismique dynamique). Ces tableaux de résultats sont ordonnés par murs, poteaux, poutres, etc. et par étages croissants et sont accompagnés de commentaires et de notes explicatives. Rappelons que l'utilisateur peut personnaliser la sortie des résultats grâce aux commandes du menu Options de la note de calcul.

16.6. Caractéristiques mécaniques des murs

Les tableaux donnent d'abord, pour chaque étage, les **caractéristiques mécaniques des sections des murs** calculées par Épicentre.

Ces caractéristiques sont données **en situation fissurée** en cas de calcul sismique selon les Eurocodes :

Pour chaque hauteur d'étage, le logiciel calcule en outre les caractéristiques mécaniques de l'étage complet : il s'agit des caractéristiques de l'ensemble des murs de la hauteur d'étage considérée, contraints de travailler conjointement du fait de l'action d'entretoisement des planchers (les notations sont analogues à celles décrites ci-dessus pour les sections des murs).

Rappelons qu'Épicentre ne prend pas en compte les sections des murs suspendus dans le calcul de contreventement du bâtiment (voir A2.17 : « Murs portés ou suspendus et calcul de contreventement »). Ces sections ne sont donc pas non plus prises en compte dans le calcul des caractéristiques des hauteurs d'étages.

Comme expliqué au paragraphe 5.11, les caractéristiques mécaniques des sections de murs sont calculées en prenant en compte :

- la fissuration des murs, en cas de calcul sismique selon les Eurocodes (fissuration complète ou partielle, selon le choix de l'utilisateur)
- les déformations de cisaillement, par la méthode de l'inertie équivalente (option)
- les déformations des parties de mur en avancée ou en retrait de part et d'autre des changements de section (option)

Dans la note de calcul, les hypothèses de calcul prises en compte sont clairement indiquées, avec les explications relatives aux notations, en tête des tableaux qui récapitulent les caractéristiques des sections de murs, étage par étage.

16.7. Sections interfaces des murs

Section interface d'un mur : définition

Lorsqu'un mur change de section, la section efficace du mur au voisinage de ce changement de section est en pratique réduite à la portion de section commune aux deux tronçons de mur situés de part et d'autre de la discontinuité de section.

Nous appellerons **section interface du mur** cette portion de section commune.

Sections interfaces des murs : rôle dans les calculs

La section interface d'un mur caractérise la capacité réelle de résistance du mur au voisinage du changement de section :

- c'est donc à partir de la section interface de chaque mur que sera calculée la répartition globale des efforts internes entre les murs, à chaque changement de groupe d'étages.
- c'est aussi à partir des sections interfaces de murs que seront calculées les contraintes normales au droit des changements de section.

Les sections interfaces des murs sont donc prises en compte par Épicentre pour affiner le calcul des efforts internes et des contraintes dans les murs au droit des discontinuités de sections (voir ci-dessous).

Les explications données dans le paragraphe précédent sur les hypothèses de calcul des caractéristiques des sections de murs sont valables pour les sections-interfaces et les appuis entre murs.

16.8. Tableaux de résultats : calcul statique

Organisation des tableaux

Les résultats sont organisés en tableaux spécifiques :

- déplacements horizontaux d'ensemble
- déplacements horizontaux en des points choisis (facultatif)
- efforts tranchants et moments dans les linteaux
- efforts de contreventement dans les murs
- efforts dans les appuis entre murs, les poteaux et les pieux

Ces tableaux sont ordonnés par niveaux d'étages.

Lorsque plusieurs cas de charges ont été décrits, les résultats des différents cas de charges sont présentés en lignes successives repérées par les numéros d'ordre de ces cas de charges.

Dans certains tableaux, une ligne « enveloppe » repérée par un « E » est ajoutée après les résultats du dernier cas de charges pour rassembler les valeurs maxima constatées sur l'ensemble des cas de charges.

Les unités utilisées sont systématiquement mentionnées dans les tableaux.

Rappelons que les tableaux de résultats qui n'intéressent pas l'utilisateur peuvent être supprimés (options de personnalisation des sorties du menu Options d'Épicentre).

Déplacements horizontaux d'ensemble des étages

Ils sont caractérisés par la donnée des flèches horizontales selon OX et OY calculées au niveau de l'axe OZ (OXYZ : repère utilisateur) et de l'angle de torsion autour de OZ (positif dans le sens direct de OXY).

Les flèches horizontales $V_x(M)$ et $V_y(M)$ d'un point quelconque $M(x,y)$ de l'étage s'en déduisent aisément (l'angle de torsion $t\acute{e}ta$ est supposé petit et donc quasi-égal à son sinus) :

$$\begin{aligned} V_x(M) &= V_x(OZ) - t\acute{e}ta * x(M) & x \text{ et } y, \text{ coordonnées de } M \text{ dans le repère utilisateur} \\ V_y(M) &= V_y(OZ) + t\acute{e}ta * y(M) & t\acute{e}ta \text{ en radians} \end{aligned}$$

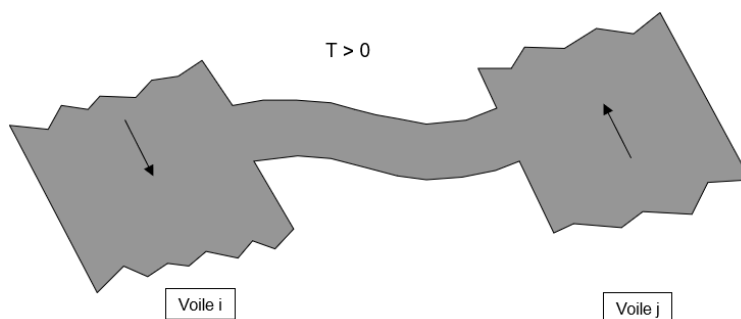
Efforts tranchants et moments dans les linteaux

L'effort tranchant est positif si le linteau exerce un effort descendant sur son « premier » mur d'encastrement.

Le calcul des moments tient compte du mode d'encastrement du linteau sur ses murs d'appui :

- poutre bi-encastree $\rightarrow M = -T * \text{portée} / 2$
- poutre mono-encastree $\rightarrow M = -T * \text{portée}$

Dans le schéma ci-dessous, le mur i est le premier mur d'encastrement de la poutre : T est positif. :



Efforts internes dans les murs

Les efforts internes sont présentés mur par mur, par étages croissants.

Ils sont donnés *dans le repère utilisateur OXYZ*.

M_x (resp. M_y) : moment d'axe parallèle à OX (resp. OY).

T_x (resp. T_y) : effort tranchant suivant OX (resp. OY).

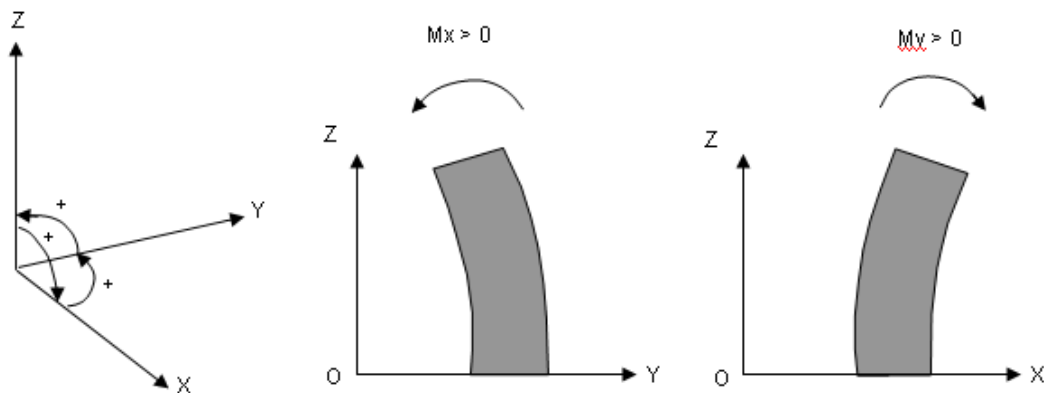
B : bimoment (grandeur caractérisant la torsion avec gauchissement des sections).

N : effort normal dû au chargement actif (vent ou séisme).

NB : N est exclusivement dû à l'action résistante des linteaux et n'inclut pas les charges permanentes ou d'exploitation.

Conventions de signe...

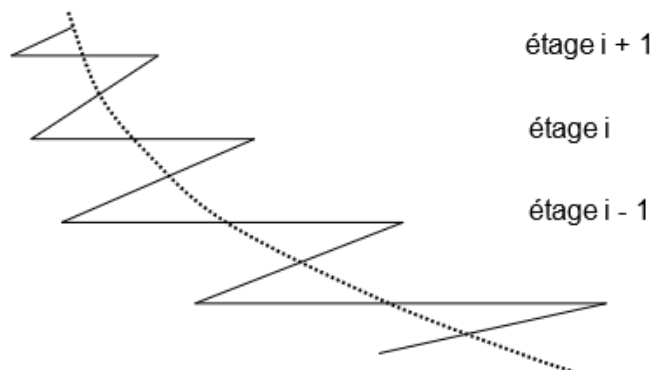
- 1) les efforts calculés sont ceux exercés par la partie de mur située au-dessus de la section considérée sur la partie située au-dessous.
- 2) efforts normaux : positifs si l'effort est une compression.
- 3) bimoments : un effort vertical ascendant appliqué en un point d'aire sectorielle oméga exerce sur la partie de mur située dessous un bimoment du signe d'oméga.
- 4) moments : ils sont comptés positivement suivant les sens directs du repère utilisateur OXYZ



Convention de signe des moments de flexion

Ces efforts subissent généralement des sauts de valeur au passage de chaque niveau d'étage : action localisée des éventuelles linteaux ou poteaux, discontinuité de section du mur avec changement des centres de gravité, etc.

Par exemple, le schéma ci-dessous montre l'allure classique d'une courbe de moment, avec les sauts de moment aux étages dus aux couples résistants des linteaux connectés au mur :



En fait ces sauts de moments se font de part et d'autre d'une valeur moyenne correspondant à ce que serait la courbe des moments si ces sauts de moment étaient répartis le long du mur (idem pour le bimoment).

Cette valeur moyenne correspond à peu près à la part d'effort interne due aux actions exercées sur le mur *en des points suffisamment éloignés* de la section considérée.

Les sauts de moments constatés au droit de chaque plancher d'étage correspondent eux à des actions localisées, appliquées au niveau d'étage lui-même, ou à des redistributions d'efforts internes dus aux éventuels changements de section des murs à ce niveau d'étage.

Cette analyse conduit donc à séparer en deux composantes de nature différente les efforts internes d'un mur à un niveau donné :

- 1) la part d'efforts internes due aux actions exercées sur le mur en des points suffisamment éloignés de la section considérée : on peut valablement supposer que les contraintes correspondant à cette part d'efforts internes sont **réparties** dans la section suivant la loi des sections planes (efforts normaux et moments fléchissants) et la loi des aires sectorielles (bimoment). Ces contraintes seront reprises par un ferrailage d'ensemble de la section, destiné à assurer l'équilibre globale de la section considérée.
- 2) la part d'efforts internes due à des actions exercées sur le mur au niveau même de la section considérée : les contraintes correspondantes seront **localisées** près des points d'application de ces actions (encastrement de linteau, encastrement de poteau, appui de poutre porteuse, etc.). Ces contraintes seront reprises par des ferrillages eux-mêmes localisés, destinés à permettre leur diffusion vers les autres parties du mur.

Les tableaux de résultats donnent les efforts internes de la première nature, sollicitant l'ensemble de la section du mur au niveau de calcul.

Lorsqu'un mur change de section, le calcul des efforts internes se fait à partir de sa « section interface », qui caractérise sa capacité de résistance réelle au droit de ce changement de section (utilisation de la « section interface » entre groupe d'étage pour la répartition des efforts globaux entre les murs voir § 8.4).

Contraintes normales dans les murs

Dans la version 17, les tableaux de présentation des contraintes normales et de cisaillement issues du calcul élastique ont été supprimés car redondants par rapport aux présentations graphiques à l'écran et moins utiles. Mais les explications qui suivent, sur la manière dont ces contraintes sont calculées, sont conservées.

Nous avons vu précédemment que, dans une section transversale quelconque d'un mur, les contraintes normales sont de **deux types** :

- 1) les contraintes dues à des actions exercées sur le mur en des points suffisamment éloignés de la section considérée : ces contraintes sont supposées **réparties** dans la section suivant la loi des sections planes (efforts normaux et moments fléchissants) et la loi des aires sectorielles (bimoment).
- 2) les contraintes dues à des actions exercées sur le mur au niveau même de la section considérée : ces contraintes sont **localisées** près des points d'application de ces actions (encastrement de linteau, encastrement de poteau, etc.).

Dans le module graphique « Calcul sismique/statique », Épicentre donne les contraintes réparties (de type 1) auxquelles l'utilisateur superposera les contraintes localisées (de type 2), dont la répartition dépend en particulier du mode de ferrailage choisi.

Calcul des contraintes normales

Soit M un point quelconque d'un mur. Les coordonnées de M (dans le repère utilisateur) sont x, y et ω (ω est l'aire sectorielle : coordonnée généralisée utilisée pour caractériser le gauchissement de la section du mur dans la théorie de la torsion des murs établie par Vlassov).

Le repère principal du mur est G X' Y' (G centre de gravité du mur) et β est l'angle (OX, GX').

Le mur est sollicité par les efforts internes suivants :

- \mathcal{M}_x (moment d'axe OX) et \mathcal{M}_y (moment d'axe OY)
- \mathcal{B} (bimoment, caractérisant la torsion gauchie)
- \mathcal{N} (effort axial)

Le calcul des contraintes normales doit être mené dans le repère (G X' Y'), repère principal du mur. Les composantes du moment de flexion global \mathcal{M} dans le repère principal du mur sont :

$$\mathcal{M}_{x'} = + \mathcal{M}_x \cos \beta + \mathcal{M}_y \sin \beta$$

$$\mathcal{M}_{y'} = - \mathcal{M}_x \sin \beta + \mathcal{M}_y \cos \beta$$

Les coordonnées de M dans le repère principal du mur sont :

$$\begin{aligned}x' &= + (x - xG) \cos \beta & + (y - yG) \sin \beta \\y' &= - (x - xG) \sin \beta & + (y - yG) \cos \beta\end{aligned}$$

Si S est l'aire de la section du mur, $I_{x'}$ et $I_{y'}$ ses inerties principales, J_{ω} son inertie sectorielle, la contrainte normale $\sigma(M)$ est donnée par la formule ci-après :

$$\sigma(M) = - \frac{M_{x'} * y'}{I_{x'}} + \frac{M_{y'} * x'}{I_{y'}} - \frac{B * \omega}{J_{\omega}} + \frac{N}{S}$$

Convention de signe : $\sigma(M) > 0$: compression
 $\sigma(M) < 0$: traction

Contraintes de cisaillement élastiques et conventionnelles dans les murs

L'effort tranchant dans les murs est constant sur chaque hauteur d'étage

Dans ses calculs, Épicentre considère que les efforts horizontaux appliqués globalement au bâtiment (vent, séisme) sont répartis à chaque niveau entre les murs par l'intermédiaire des planchers, supposés infiniment rigides horizontalement.

Les actions appliquées localement aux murs par les éléments structuraux autres que les planchers (action des linteaux, des poteaux supports de murs, des appuis entre murs superposés) ne peuvent leur être appliquées qu'au niveau des planchers d'étage (c'est une conséquence des conventions de modélisation et de saisie d'Épicentre).

De ce fait, les murs ne subissent aucune action localisée entre deux niveaux d'étages successifs. On en déduit que **les efforts tranchants dans les murs restent constants dans chaque mur entre deux planchers d'étages successifs**.

Calcul du cisaillement élastique et conventionnel dans les murs

Les cisaillements élastiques théoriques sont calculés selon les formules classiques de résistance de matériaux applicables à une section travaillant en flexion déviée (utilisation des moments statiques par rapport aux axes principaux des sections).

Les flux de cisaillement ainsi calculés sont ensuite uniformisés panneau par panneau, pour donner le cisaillement conventionnel de chaque panneau (cumul des flux de cisaillement théoriques du panneau divisé par sa section).

La note de calcul présente uniquement les cisaillements conventionnels.

Par contre, les deux familles de cisaillement sont proposées en dessin écran (cisaillement élastique théorique et conventionnel).

Les contraintes de cisaillement calculées par Épicentre sont présentées sans signe.

Cas particulier des calculs sismiques dynamiques selon les Eurocodes

Dans le cas d'un calcul réalisé dans le cadre des Eurocodes, **l'effort tranchant est multiplié par $(1+q)/2$** pour le calcul des contraintes de cisaillement, par application des règles.

NB : les efforts tranchants dans les murs présentés dans les tableaux de résultats d'Épicentre relatifs aux efforts internes ne sont pas multipliés par ce coefficient.

16.9. Tableaux de résultats : analyse modale

Les caractéristiques complètes des modes propres calculés sont présentées mode après mode.

Une récapitulation de l'analyse modale rassemble les principaux résultats et fait le bilan de l'analyse modale.

Le lecteur peu familiarisé avec la dynamique des structures (facteurs de participation, masses modales effectives, facteurs de direction modale, etc.) trouvera un rappel de ces notions de base dans l'annexe 4 de la présente notice (« Méthode de l'analyse modale spectrale ») et dans la section « théorie et pratique » du site Épicentre (www.logiciel-epicentre.com).

16.10. Tableaux de résultats : calcul sismique dynamique

Il est vivement conseillé à l'utilisateur de lire les fiches pédagogiques relatives au calcul sismique par analyse modale spectrale présentées dans le site Épicentre (www.logiciel-epicentre.com).

Certains points sont résumés dans l'annexe 4 (Calcul sismique selon l'EC8-1) de la présente notice :

- sélection des modes propres utiles
- choix des deux directions perpendiculaires de calcul
- détermination des coefficients sismiques et des chargements sismiques
- calcul des chargements statiques équivalents correspondant à chaque mode et à chacune des deux directions de calcul
- calculs statiques successifs du bâtiment soumis à chacun de ces chargements statiques équivalents
- pour chacune des deux directions de calcul, combinaison quadratique des valeurs obtenues, selon les dispositions de l'article 4.3.3.2(3)P (combinaisons quadratiques complètes, faisant intervenir un « terme croisé » pour les modes propres non indépendants entre eux, au sens de la clause 4.3.3.2(1)).
- combinaison des résultats des deux directions de calcul (séisme complet), selon la combinaison de Newmark (EC8-1, 4.3.3.5.1)

Les résultats comportent :

- les résultats de l'analyse modale
- les paramètres sismiques de calcul du projet (paramètres propres aux Eurocodes), les directions sismiques, etc.
- les composantes sismiques modales (chargements statiques spectraux correspondant à chacun des modes)
- les tableaux de résultats proprement dits :
 - chargements statiques équivalents modaux de calcul
 - efforts globaux à la base du bâtiment
 - déplacements horizontaux d'ensemble
 - déplacements horizontaux en certains points (optionnel)
 - efforts tranchants et moments dans les linteaux
 - efforts de contreventement dans les murs et appuis entre murs
 - efforts de contreventement dans les poteaux supports de murs
 - efforts de contreventement dans les pieux

À chaque niveau d'étage, les tableaux présentent les résultats correspondant à chacune des deux directions de calcul (repérées par leur numéro, 1 ou 2).

Les efforts présentés dans les tableaux de résultats sont calculés selon les principes de base énoncés précédemment dans le cas des calculs statiques (il est conseillé au lecteur de s'y référer).

Ces résultats sont bien entendu systématiquement positifs (en fait sans signe), puisqu'ils sont issus d'une analyse modale spectrale (pour plus de détails, reportez-vous au site Internet d'Épicentre, partie « Info & doc », section « Théorie et pratique »).

Dans certains tableaux une ligne supplémentaire repérée par la lettre « c » présente la combinaison de Newmark sur les deux directions sismiques horizontales.

16.11. Difficulté pratique d'exploitation des combinaisons de Newmark

Rappelons que l'expression « combinaison de Newmark » désigne les combinaisons de l'article 4.3.3.5 de l'Eurocode 8-1 (« Combinaison des effets des composantes de l'action sismique »). Ces combinaisons ont pour but de calculer pour chaque résultat recherché (un déplacement, un effort, une contrainte, etc.) la valeur maximum théorique que ce résultat va présenter au cours du séisme.

Les résultats sous forme de « combinaison de Newmark » sont souvent peu commodes à exploiter.

En effet, les résultats obtenus étant les valeurs maximum qui risquent d'apparaître en cours du séisme, ces valeurs maximum ne seront généralement pas atteintes au même moment. Par exemple pour les efforts dans les murs, les deux moments MX et MY ne seront sans doute pas maximum simultanément. Il serait donc très pénalisant de dimensionner la section pour qu'elle puisse équilibrer ces deux moments à la fois.

De plus, les combinaisons de Newmark donnent des résultats sans signe (c'est aussi le cas des résultats correspondant aux deux directions sismiques, issus de CQC), ce qui compliquent souvent un peu plus leur utilisation en liaison avec d'autres résultats.

En résumé, les résultats donnés par Épicentre sous forme de combinaison de Newmark ne peuvent être interprétés facilement que s'ils sont exploités seuls, sans liens avec d'autres résultats : par exemple, un déplacement dans une direction, un effort dans une section, une contrainte en un point, etc.

Par contre, les exploitations s'appuyant sur plusieurs résultats de nature différente sont souvent délicates à mener et risquent de conduire à des surestimations ou à des résultats sans signification réelle.

Il est important de comprendre que ces difficultés ne concernent que les calculs réalisés en dehors d'Épicentre à partir des résultats d'Épicentre. Les résultats produits par Épicentre ne sont pas concernés par ces réserves car Épicentre les calcule à chaque fois de manière rigoureuse à partir de l'ensemble des résultats intermédiaires avec signes issus de l'analyse modale spectrale.

Par exemple, quand Épicentre calcule la contrainte en un point d'un mur, il ne raisonne pas à partir des efforts internes sans signes de la section du mur mais à partir des valeurs algébriques de contrainte correspondant aux calculs statiques menés à partir des chargements statiques équivalents correspondant à chaque mode et à chacune des deux directions de calcul.

Il en va de même pour le dimensionnement des ferrailages : le module de ferrillage d'Épicentre raisonne de manière rigoureuse à partir des résultats intermédiaires de l'analyse modale spectrale et détermine les sections d'acier et les contraintes de compression du béton en tenant compte de la non simultanéité des efforts maximum dans les sections des murs.

Pour plus de détail sur ces aspects liés à l'exploitation des résultats, reportez-vous aux fiches pédagogiques de la section « théorie et pratique » du site Épicentre ainsi qu'aux explications détaillées des annexes 5 et 6 de la présente notice (dimensionnement des ferrailages des murs).

16.12. Anomalies détectées en cours de calcul

Diverses anomalies peuvent être détectées par Épicentre pendant les calculs.

Dans ce cas, Épicentre vous informe de plusieurs manières :

- un message d'alerte explicatif vous est adressé dans une boîte de message pendant le traitement, au moment où l'anomalie est détectée (pour certaines anomalies, le calcul sera interrompu après la fermeture de la boîte de message) ;
- un message d'alerte explicatif est écrit dans le corps de la note de calcul, dans la section où l'anomalie est intervenue ;
- Lorsque vous affichez dans Épicentre une note de calcul contenant un message signalant une anomalie, la note de calcul s'ouvre automatiquement sur la page où l'anomalie est signalée.

Quelques explications complémentaires sont données ci-après à propos de deux types d'anomalies spécifiques.

16.12.1. Divergence des calculs

La convergence générale des calculs est testée en cours de traitement : en cas de divergence, le calcul est stoppé après émission d'un message d'alerte.

La divergence des calculs peut être due à une erreur dans la description géométrique de la structure, ou à l'utilisation de linteaux de trop grande raideur entraînant un mauvais conditionnement de la matrice-transfert.

Dans ce dernier cas, il faut :

- vérifier la géométrie et les dimensions des linteaux
- éviter de décrire des linteaux trop raides (portée très faible par rapport à la hauteur)
- éviter les associations linteaux très raides / trumeaux flexibles.

16.12.2. Blocage de la torsion du bâtiment par des appuis entre murs

Les bâtiments, même très symétriques, sont soumis à des mouvements de torsion d'ensemble.

Ces mouvements de torsion provoquent le gauchissement des murs de contreventement :

- gauchissement interne des sections de murs en forme de lignes brisées (cages d'ascenseur en U par exemple) qui du fait de la torsion ne restent pas planes.
- basculement des sections de murs les unes par rapport aux autres, la torsion du bâtiment se traduisant au niveau de chaque mur par des mouvements de flexion accompagnant la rotation d'ensemble et provoquant l'inclinaison des sections des murs.

Ce gauchissement du système de contreventement entraîne des déplacements relatifs verticaux entre les bords des murs voisins ou entre les bords d'un même mur. On peut montrer que ces déplacements relatifs verticaux sont proportionnels à la dérivée première de l'angle de torsion à l'étage considéré (résultat à rapprocher des déplacements verticaux des sections simplement fléchies, proportionnels à la dérivée première de la flèche horizontale).

Dans certains cas, des configurations particulières d'appuis entre murs situés à un même étage vont s'opposer au gauchissement des sections : par exemple, « ceinture » d'appuis reliant un groupe de murs voisins, en formant une « ronde » fermée de murs (par exemple : appui entre V1 et V2, appui entre V2 et V5, appui entre V5 et V1).

Dans ce cas, la présence de cette ceinture d'appuis empêche le gauchissement des murs concernés à l'étage considéré. Ceci a pour effet d'annuler la dérivée première de la torsion, c'est à dire de bloquer complètement la torsion à cet étage (c'est une conséquence mathématique immédiate de la relation de proportionnalité mentionnée plus haut).

Des messages d'alerte sont émis par Épicentre, afin de vous prévenir de la survenance de ce phénomène. Il vous appartient alors de vérifier soigneusement si les appuis concernés sont capables d'encaisser les efforts a priori très importants que ce rôle bloquant risque de générer : par exemple, il est illusoire de penser bloquer les mouvements de torsion d'ensemble d'un bâtiment, à un étage donné, en empêchant le gauchissement des deux extrémités d'une cage d'ascenseur liaisonnées par un mur situé au-dessus. En pratique, la liaison cédera et le bâtiment pourra se tordre librement : c'est donc cette modélisation qu'il faut décrire.

ANNEXE 1 : MODULE DE SAISIE DES PORTEURS VERTICAUX ET DES LINTEAUX

Ce module est appelé par la commande « Porteurs verticaux et linteaux » du menu Description du projet.

NB : les planchers (dalles et poutres porteuses) sont décrits dans un module distinct de celui-ci.

A1.1. Objectifs du module

Ce module est conçu pour vous permettre de saisir rapidement puis de modifier facilement l'ensemble des éléments de structure qui constituent le système de contreventement du bâtiment : murs, poteaux, linteaux entre murs, pieux.

Le module met à votre disposition un environnement de travail très convivial :

- La **saisie** se fait en **plein écran**, par niveaux d'étage complets, avec une **interface-utilisateur très conviviale**.
- **Gestion de l'historique des commandes** (annulation/rétablissement des commandes précédentes).
- **Zoom et déplacement des vues** avec la molette centrale de la souris.
- Vous pouvez décrire des **axes de construction**, avec effet magnétique, et des **grilles** de repérage (les axes et les grilles peuvent varier selon les niveaux).
- Possibilité d'afficher un **fond « magnétique »** sur lequel on peut s'accrocher durant la saisie (un fichier DXF ou autre étage)
- Possibilité de saisie en « **mode orthogonal** » (la saisie est forcée selon deux directions perpendiculaires).
- Vous pouvez importer des **fichiers DXF** des axes ou des parements de murs et les afficher en fond d'écran (ces fichiers DXF permettront une saisie très rapide des murs et des autres éléments de structure).
- Vous pouvez utiliser **plusieurs matériaux** (bétons et maçonnerie).
- Vous pouvez facilement **désactiver pour le calcul de contreventement** des sections de murs ou des parties de sections de murs : elles ne serviront donc que pour la descente de charges.
- **Pour la saisie des murs**, en plus de la saisie classique à partir de la géométrie des plans du projet, la Épicentre propose **deux outils de saisie très rapides** à partir de fonds DXF : (1) avec un fichier DXF des parements des murs, en cliquant simplement à l'intérieur des panneaux des sections (2) avec un fichier DXF des axes des murs, en cliquant sur les axes DXF des panneaux. Ces deux outils permettent la saisie des murs soit en panneaux disjoints soit en panneaux assemblés en sections monolithes.
- Épicentre propose également un **outil de renumérotation automatique des murs** du projet : réduction du nombre de numéros de murs en appliquant une logique de continuité verticale (un mur garde son numéro sur toute sa hauteur), élimination des murs sans aucune section décrite et renumérotation des murs en fonction de leur position dans le bâtiment (de la gauche vers la droite et du bas du bâtiment vers le sommet).
- Ces trois outils permettent d'accélérer considérablement la saisie initiale des murs du projet : les sections de murs, saisies très rapidement en cliquant sur le fond DXF, sont numérotées à la volée par le logiciel (un numéro de mur par section) avant d'être renumérotées et réorganisées de manière optimale en fin de saisie.
- Les opérations de **modification des murs** intègrent de **très nombreuses fonctionnalités facilitant les corrections et les évolutions du projet** : ajout ou suppression de panneaux, déformation ou déplacement des sections, copie, découpage ou fusion de sections existantes, recherche automatique des appuis linéaires ou ponctuels entre murs, copie vers les autres étages, etc.
- Pendant la saisie, Épicentre s'efforce de **préserver la logique et la cohérence du modèle** : par exemple, si une section de mur est déformée ou déplacée, les appuis de poutres ou de poteaux placés sur la section sont eux aussi déplacés.
- Pendant la saisie, les **éléments de structure invalides et les anomalies éventuelles vous sont clairement signalés** (messages d'alerte, affichage des éléments de structure invalides en rouge, récapitulation des anomalies dans un menu spécial).
- le module de saisie dispose également d'un outil permettant d'importer un étage complet à partir d'un modèle Arche Ossature. Les éléments de structure de l'étage choisi (murs, poteaux, poutres, dalles) remplacent ceux du modèle Épicentre. Cet outil complète l'outil d'import d'un bâtiment complet présenté dans le menu Description du projet en permettant la mise à jour d'un étage complet sans modifier les autres..
- Enfin, la page d'accueil du logiciel affiche une **fiche de synthèse du projet en cours**, mise à jour à mesure de l'avancement de la saisie (nombre de murs, poteaux, pieux et linteaux)

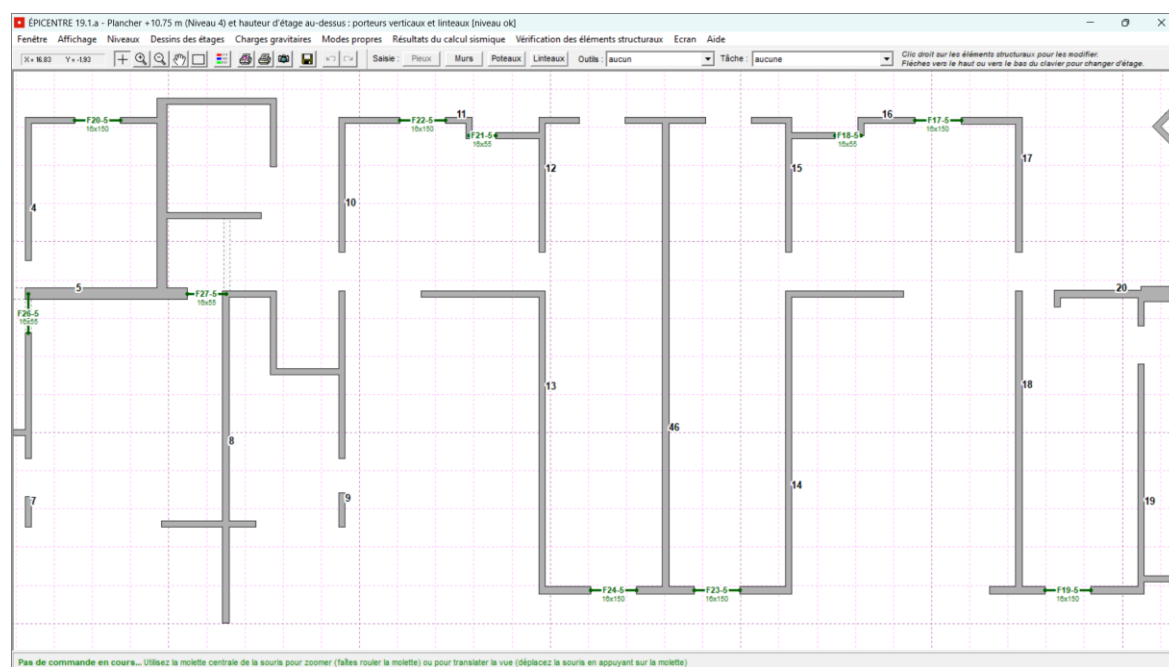
A1.2. Modélisation des divers éléments de structure par Épicentre

Ce sujet a déjà été abordé dans la section 3.2 (domaine d'utilisation) du chapitre 3 « Présentation du logiciel » du présent manuel, qui détaille la manière dont Épicentre prend en compte les divers éléments de structure d'un bâtiment : murs, poteaux, linteaux, pieux, planchers (dalles et poutres porteuses), etc.

A1.3. Environnement de travail du module

Organisation générale de l'écran

L'écran est organisé en 5 secteurs horizontaux superposés (voir la figure ci-dessous) : tout en haut, la barre de titre, puis la barre de menu, la barre d'outils, la zone de dessin et enfin, en bas d'écran, la zone de messages d'aide (aide contextuelle en cours de commande).



Organisation de l'écran du module de saisie des porteurs verticaux et des linteaux

La barre de titre

ÉPICENTRE 19.1.a - Plancher +10.75 m (Niveau 4) et hauteur d'étage au-dessus : porteurs verticaux et linteaux [niveau ok]

Si l'étage en cours est valide, c'est à dire s'il ne comporte aucune anomalie, erreur ou indétermination, la barre de titre précise « [niveau ok] ».

Si le niveau n'est pas « ok », le menu ANOMALIES récapitule les problèmes détectés par Épicentre.

La barre de menus

La barre de menus propose les menus suivants :

Fenêtre Affichage Niveaux Dessins des étages Charges gravitaires Modes propres Résultats du calcul sismique Vérification des éléments structuraux Ecran Aide ANOMALIES

Si vous débutez la saisie d'un projet, seuls les 4 premiers onglets seront actifs (les autres ne serviront qu'après saisie complète du projet et vous seront présentés plus loin).

Le menu Niveaux permet de choisir directement l'étage sur lequel vous allez travailler. Mais, comme dans tous les autres environnements graphiques d'Épicentre, vous pouvez aussi vous déplacer d'un étage à l'autre en utilisant les flèches « vers le haut » ou « vers le bas » du clavier.

Le menu ANOMALIES ne s'affiche que lorsque le niveau présente des erreurs ou des indéterminations qui empêchent qu'il soit validé par Épicentre : le menu ANOMALIES apporte alors des indications aidant à localiser les anomalies en cause.

La barre d'outils

La moitié gauche de la barre d'outils propose les outils suivants :



Les boutons de gauche sont familiers : coordonnées du pointeur, commandes de gestion de l'affichage, impression, copie du dessin (l'appareil photo).

Le bouton « légende » (case colorée) permet d'afficher la légende graphique du module (voir § A1.25).

Le bouton « disquette » permet d'enregistrer les dernières modifications sur disque, dans le fichier du projet.

Les boutons « flèche en arrière » et « flèche en avant » permettent d'annuler les dernières actions ou de les rétablir.

Les boutons Pieux, Murs, Poteaux et Linteaux appellent les commandes de saisie de ces éléments.

La moitié droite de la barre d'outils propose les outils suivants :



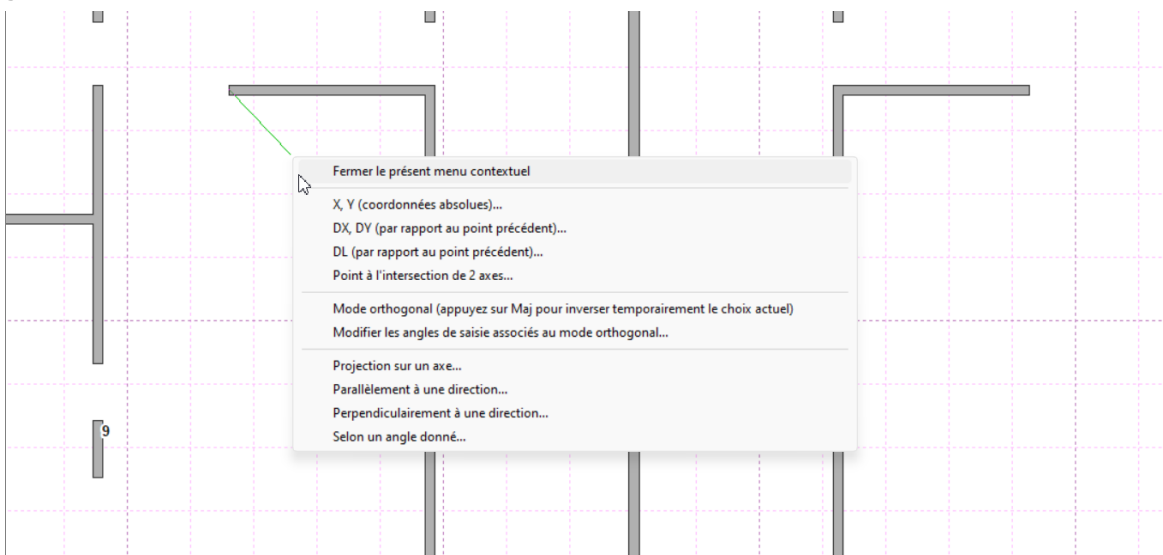
Les deux listes déroulantes « Outils » et « Tâches » permettent d'accéder très simplement à l'ensemble des outils complémentaires mis à votre disposition.

La zone de message vous donne des indications utiles relatives au contexte de travail en cours et complète les messages d'aide affichés en bas de l'écran.

La zone de dessin

La zone de dessin accueille de temps à autre des boîtes de dialogue associées aux commandes en cours.

Très important : dans la plupart des commandes, vous pouvez appeler le **menu contextuel de construction géométrique** (très utile !) par un **clic-droit** dans la zone de dessin, comme représenté ci-dessous :



Au début, le problème pour vous sera de **penser à utiliser** ce menu lorsque vous en aurez besoin !

La zone de messages d'aide

La plupart des commandes donnent lieu à l'affichage d'une ou plusieurs boîtes de dialogues affichées en haut et à droite de l'écran. Ces assistants vous guident pendant le déroulement de la commande et recueillent éventuellement les données nécessaires.

Lorsqu'il n'y a pas d'assistant affiché, Épicentre présente des messages explicatifs et des conseils dans la zone de messages en bas de l'écran :



Pensez à les lire ! En effet, pendant les opérations de saisie, votre regard sera plutôt concentré sur la zone de dessin et vous aurez tendance à ne pas remarquer les messages.

A1.4. Principes de base pour le fonctionnement du module

Appel des commandes de saisie des Pieux, Murs, Poteaux ou Linteaux

Cliquez sur le bouton correspondant. Les commandes de saisie sont présentées plus loin..

Activation des commandes Outils et Tâches

Indiquez votre choix en sélectionnant successivement l'Outil et la Tâche dans les deux listes déroulantes de la barre d'outils.

Arrêt en cours de commande

Il suffit de positionner la liste « Tâche » sur « aucune », pour interrompre la commande en cours.

Boutons « annuler » et « rétablir »

Ces deux boutons de la barre d'outils (flèches bleues) vous donnent le droit à l'erreur : vous pouvez annuler une à une chacune des actions précédentes puis les rétablir.

À chaque annulation ou rétablissement d'action, Épicentre affiche en haut de l'écran un message indiquant de manière précise la nature de l'action annulée ou rétablie ainsi que l'identification du ou des éléments de structure concernés.

Zoom avant, zoom arrière et recentrage avec la molette de la souris

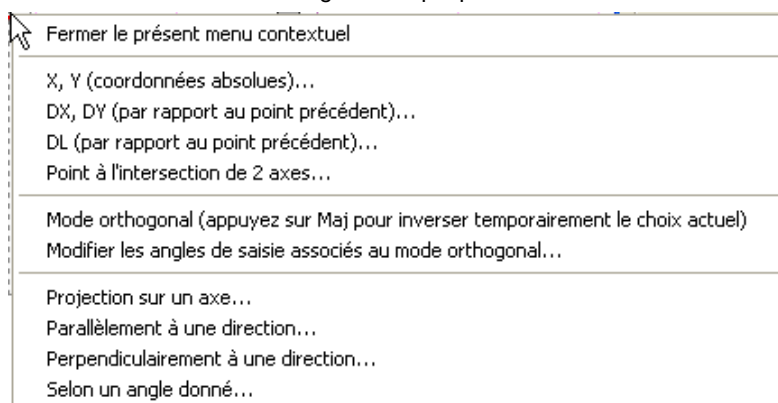
Les boutons de zoom+, zoom-, pan, etc. de la barre d'outils vous permettent de recadrer la zone affichée.

Pour reprendre la main dans la saisie après avoir activé un bouton de recadrage de la vue (zoom, translation, etc.), il vous suffira de **cliquer sur le bouton « coordonnées X et Y »** (la croix à gauche des zooms).

Vous pouvez aussi zoomer ou déplacer le dessin directement à partir de la souris **en utilisant la molette centrale** : faites rouler la molette pour zoomer/dézoomer et appuyez dessus en glissant la souris pour déplacer le dessin.

Menu contextuel de construction géométrique

Au cours des commandes impliquant des saisies de points dans la zone de dessin, vous pouvez appeler par un clic droit le menu contextuel de construction géométrique présenté ci-dessous :



Les options de ce menu contextuel seront expliquées en détail plus loin.

Sélection d'un élément de structure avec la souris (clic gauche)

De nombreuses commandes vous demanderont de désigner un élément de structure déjà saisi (une section de mur, un poteau, une poutre), etc.) :

- approchez le pointeur de la souris de l'élément à sélectionner
- lorsque le pointeur de la souris est suffisamment proche, l'élément devient bleu clair
- faites un clic gauche : l'élément devient vert foncé, il est sélectionné

Si la commande en cours n'attend qu'un seul élément sélectionné, chaque nouvelle sélection par clic gauche désélectionnera l'élément précédemment sélectionné, s'il y en avait un.

Si la commande accepte de fonctionner sur plusieurs éléments, chaque nouvel élément cliqué s'ajoutera à la sélection en cours, mais si vous recliquez sur un élément déjà sélectionné, il sera désélectionné.

Sélection de plusieurs éléments structuraux avec la souris (rectangle de sélection)

Faites un rectangle de sélection avec la souris pour sélectionner/désélectionner plusieurs éléments groupés.

NB : si votre rectangle de sélection contient des éléments déjà sélectionnés, ils resteront sélectionnés.

Pour tout désélectionner dans le rectangle de sélection au lieu de tout sélectionner, appuyez sur la touche « Majuscules » (grosse flèche vers le haut à gauche du clavier) en dessinant le rectangle.

Enregistrement périodique des modifications faites (raccourci clavier : Ctrl+S)

Utilisez le bouton « disquette » de la barre d'outils ou appuyez simultanément sur les touches Ctrl et S du clavier.

A1.5. Gestion des grilles et des axes

Définition des grilles

Une grille est un ensemble de lignes organisées en damier.

Les grilles facilitent le repérage visuel mais n'ont **pas d'effet « magnétique »** sur le pointeur de la souris.

Chaque grille possède un nom, une couleur et des caractéristiques géométriques (pas, orientation, point de passage).

Chaque grille peut être associée à un ou plusieurs étages (elle est affichée seulement pour ces étages).

Le nombre de grilles d'un projet n'est pas limité.

Épicentre ajoute par défaut deux grilles au pas de 1 m et de 5 m aux nouveaux projets et aux projets importés de V13

Définition des axes

Une axe est soit une ligne infinie soit un segment borné par deux points.

Les axes facilitent le repérage visuel et ont **un effet « magnétique »** sur le pointeur de la souris.

Chaque axe possède un nom, une couleur et est associé à deux points : ces deux points sont soit deux points de passage définissant un axe de longueur infinie, soit les extrémités du segment de l'axe (axe borné).

Chaque axe peut être associé à un ou plusieurs étages (il est affiché seulement pour ces étages).

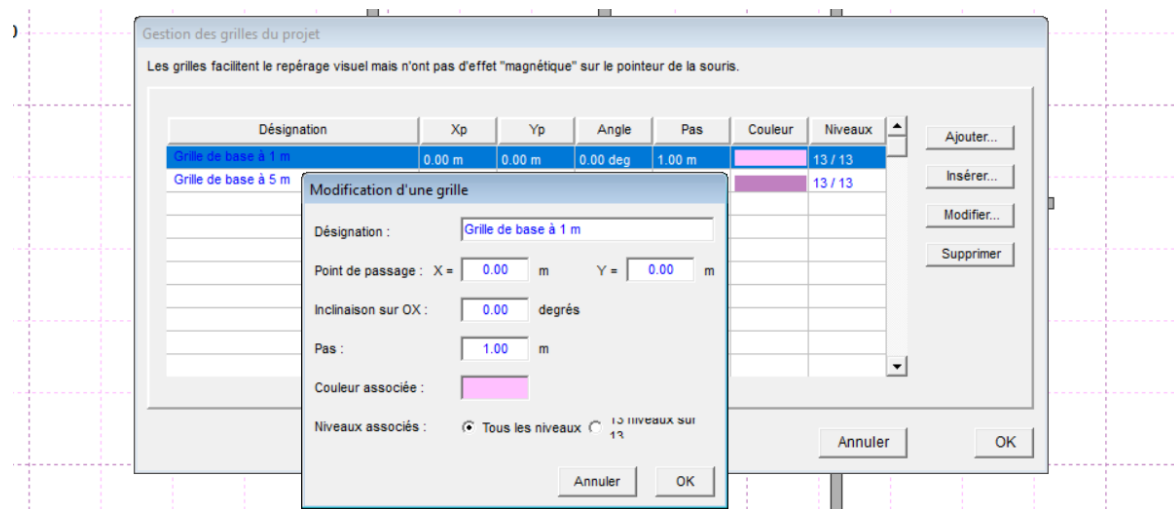
Le nombre d'axes d'un projet n'est pas limité.

Gestion des grilles et des axes du projet

Dans la liste « Cible » de la barre d'outils, choisissez « les grilles et les axes... ».

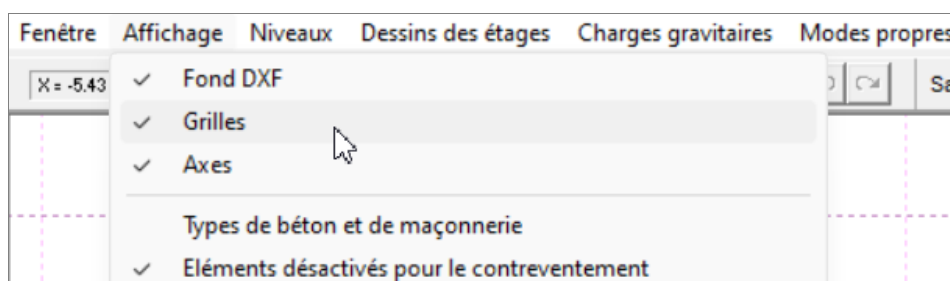
Le menu Tâches vous propose alors deux commandes : « gérer les grilles du projet... » ou « gérer les axes du projet... »

Ces commandes appellent des boîtes de dialogues très faciles à utiliser qui vous permettent de modifier ou de supprimer les éléments déjà saisis ou d'en ajouter de nouveaux :



Masquage temporaire des grilles ou des axes

Décochez les lignes correspondantes du menu Affichage :



A1.6. Importation et affichage de fichiers DXF

Utilité des fichiers DXF

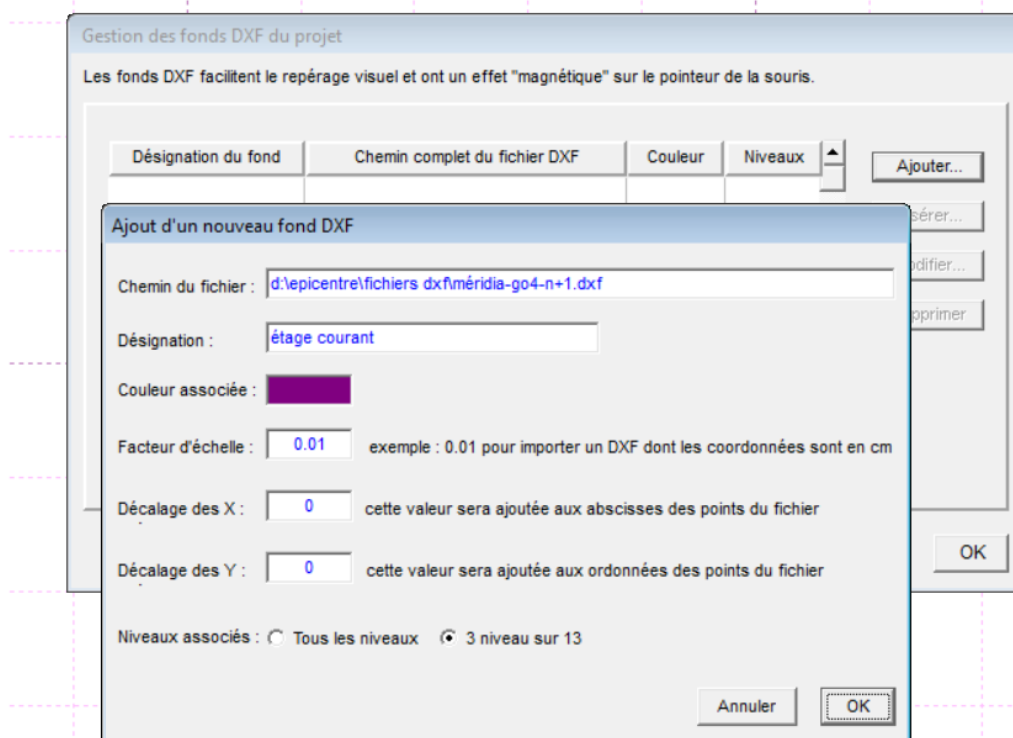
Les fonds DXF facilitent le repérage visuel et ont un effet « magnétique » sur le pointeur de la souris au cours de certaines commandes de saisie.

Importation de fichiers DXF

On peut importer des fichiers DXF dans le projet et associer chacun d'eux à un ou plusieurs niveaux de plancher (un fichier DXF par niveau au plus).

Pour cela, choisissez « les fonds DXF... » comme cible et « gérez les fonds DXF du projet... » comme tâche.

Des boîtes de dialogues très faciles à utiliser vous permettent d'ajouter, modifier ou supprimer des fonds DXF :



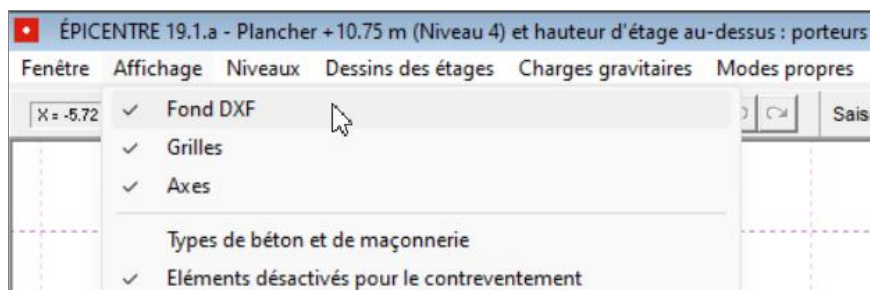
Dans l'exemple ci-dessus, le facteur d'échelle 0.01 permet de passer du système d'unités du fichier DXF (le mètre) à celui d'Épicentre (le cm).

Un fichier DXF placé dans la liste n'est importé par Épicentre que lorsqu'il en a effectivement besoin, pour afficher un niveau d'étage auquel ce fichier DXF est associé.

Épicentre enregistre dans le fichier « projet » la liste des fonds DXF importés dans le projet. Ils vous seront donc proposés lors des sessions de travail ultérieures.

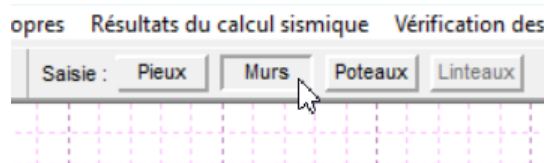
Masquage temporaire des fichiers DXF

Décochez la ligne correspondante du menu Affichage :

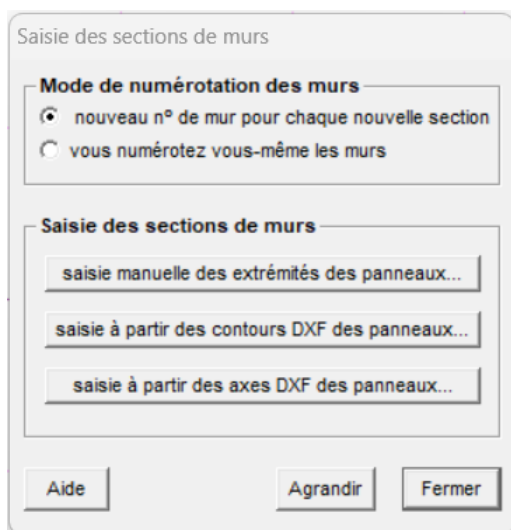


A1.7. Accès aux commandes de saisie des murs

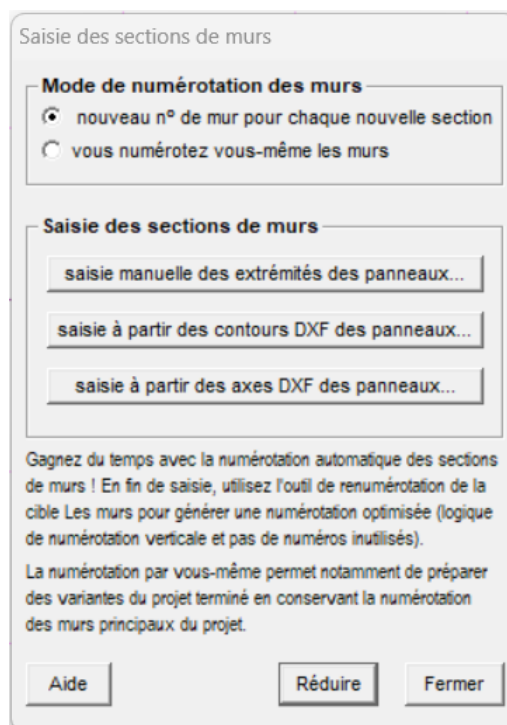
Il vous suffit de cliquer sur le bouton « Murs » situé au milieu de la barre d'outils :



Ce bouton appelle l'assistant de saisie des sections de murs, en haut et à droite de l'écran :



Par défaut, la fenêtre est affichée sous forme réduite (ci-dessus), ce qui permet de dégager la surface de l'écran, mais elle peut être agrandie (à droite), pour présenter quelques explications.



Cette boîte de dialogue permet de choisir le mode de saisie des sections de murs et le mode de numérotation des murs.

A1.8. Mode de saisie des sections de murs et mode de numérotation des murs

Avant de saisir les murs de votre premier projet, lisez attentivement les explications des pages suivantes qui rassemblent quelques POINTS ESSENTIELS pour une bonne utilisation des commandes que vous allez rencontrer !

Modes de saisie des sections de murs proposés par Épicentre

Trois modes sont proposés :

- saisie manuelle des extrémités des panneaux de murs à partir des plans du projet
- saisie à partir des contours DXF des panneaux de murs
- saisie à partir des axes DXF des panneaux de murs

Ils sont décrits en détail dans les trois articles qui suivent. Pour un projet donné, vous choisirez un de ces modes selon les circonstances (notamment, existence ou non de fichiers DXF des murs).

Quelle modélisation pour les sections complexes : panneaux disjoints ou associés ?

Vous aurez aussi à faire un choix d'un autre ordre, et qui est de votre seul ressort, quant à la manière dont vous allez modéliser les sections de mur complexes (sections en L, en U, etc.) : panneaux disjoints (3 panneaux distincts pour une cage en U) ou panneaux associés (la cage en U est décrite comme une section monolithique).

Voici quelques remarques pour guider votre choix :

- La modélisation des sections complexes en panneaux associés a évidemment pour effet de rendre le bâtiment plus rigide, ce qui le rend a priori plus résistant (les murs « travaillent mieux »).
- Mais, en cas de calcul sismique, cette plus grande rigidité va aussi avoir un impact direct sur l'ordre de grandeur des efforts sismiques appliqués, selon la position des périodes des premiers modes propres par rapport au plateau du spectre de dimensionnement appliqué.
- En cas de modélisation par panneaux associés, il faut bien sûr s'interroger sur la résistance au glissement de la jonction verticale entre ces panneaux. Pour le moment, ce point n'est pas vérifié par Épicentre, mais s'il l'était il faudrait une vérification spécifique pour les liaisons entre panneaux qui feront l'objet de reprises de bétonnage sur le chantier (information généralement indisponible au moment de l'étude).
- Il est intéressant de noter que les panneaux de murs sont généralement décrits disjoints dans les modélisations de bâtiments par éléments finis. Mais en pratique les murs adjacents disjoints se retrouvent généralement solidement agrafés à chaque étage par les éléments finis de plancher et se comportent donc comme des murs associés (à ce propos, voir la dernière partie du mémoire de Mickael Giroud à partir du lien <https://www.logiciel-epicentre.com/decouverte/etude-comparative.htm>).

Un compromis raisonnable semble être (1) de dissocier systématiquement les sections de murs de grandes dimensions horizontales par rapport à leur hauteur (notamment les murs périphériques de sous-sol) et (2) de considérer comme monolithes les sections complexes régulières de faibles dimensions horizontales et de plusieurs étages.

Numérotation des murs : limitez le nombre de numéros de murs de votre projet !

Vous avez intérêt à le faire :

- pour rendre plus lisibles et plus exploitables les documents produits par Épicentre
- pour accélérer les calculs (les dimensions de la matrice transfert globale du bâtiment sont augmentées de deux lignes et d'une colonne par mur)

Pour avoir moins de numéros de murs, numérotez les murs avec une logique de continuité verticale (un mur garde son numéro sur toute sa hauteur).

La cible « les murs » propose un **outil de renumérotation automatique des murs** qui permet de nettoyer et d'optimiser après coup une numérotation de murs faite sans précautions, en se chargeant des tâches suivantes : réduction du nombre de numéros de murs en appliquant une logique de continuité verticale, élimination des murs sans aucune section décrite et renumérotation des murs en fonction de leur position dans le bâtiment (de la gauche vers la droite et du bas du bâtiment vers le sommet).

En pratique, Épicentre propose deux modes de numérotation des murs lors de la saisie :

- un mode très rapide : un nouveau n° de mur est attribué automatiquement à chaque nouvelle section
- un mode personnalisé : vous numérotez vous-même les murs

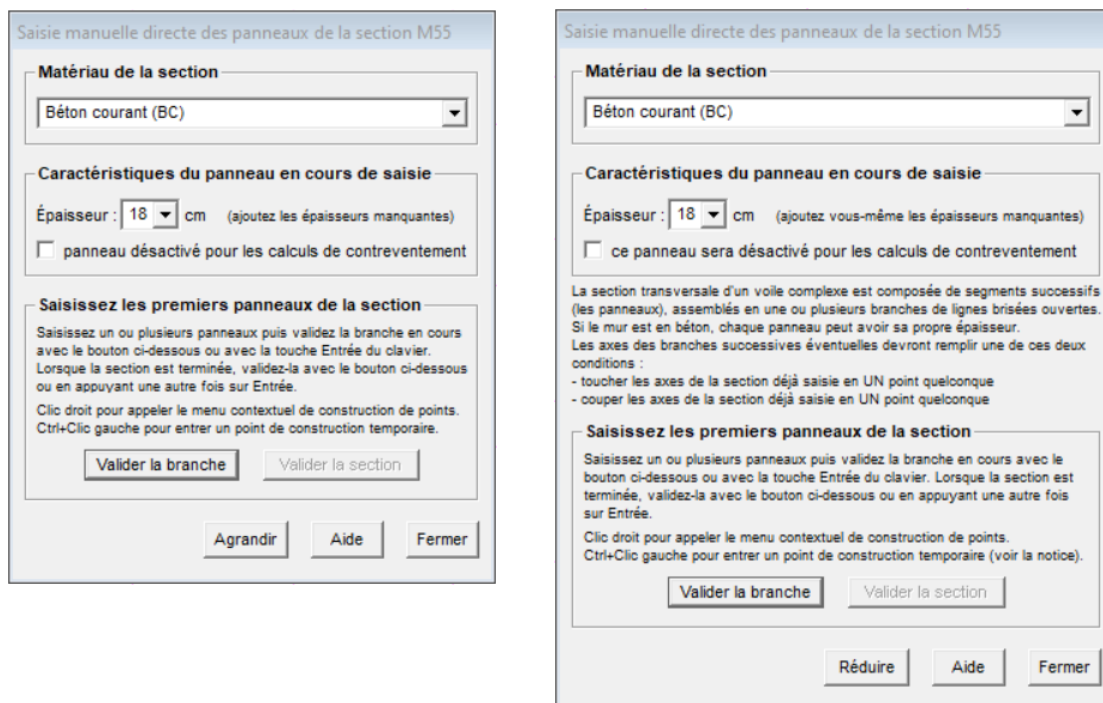
Le premier mode de numérotation, très rapide, vous permet de saisir à la suite toutes les sections de murs du projet sans vous préoccuper de leur numérotation. En fin de saisie, procédez à un "ménage" général en utilisant l'outil de renumérotation automatique des murs.

Le second mode de numérotation est utile si vous devez ajouter/modifier/supprimer des murs alors que vous avez déjà travaillé sur le projet et que vous ne souhaitez pas chambouler la numérotation actuelle des murs.

A1.9. Saisie manuelle des extrémités de murs à partir des plans du projet

C'est le premier choix de la boîte de dialogue « Saisir des section de mur » vue précédemment.

La boîte de dialogue appelée peut être affichée sous forme réduite ou détaillée (bouton en bas à gauche) :



L'utilisation de base de la commande est simple : une suite de clics dans le dessin génère une série de panneaux de murs dont l'épaisseur et la désactivation pour le contreventement correspondent aux choix en cours de la boîte de dialogue au moment de chaque clic. La série de panneaux est validée par un clic sur le bouton « Valider la branche » ou en appuyant sur la touche « Entrée ».

Vous pouvez ensuite générer une ou plusieurs autres séries de panneaux que vous connecterez à la section déjà construite par un point de contact quelconque ou une intersection.

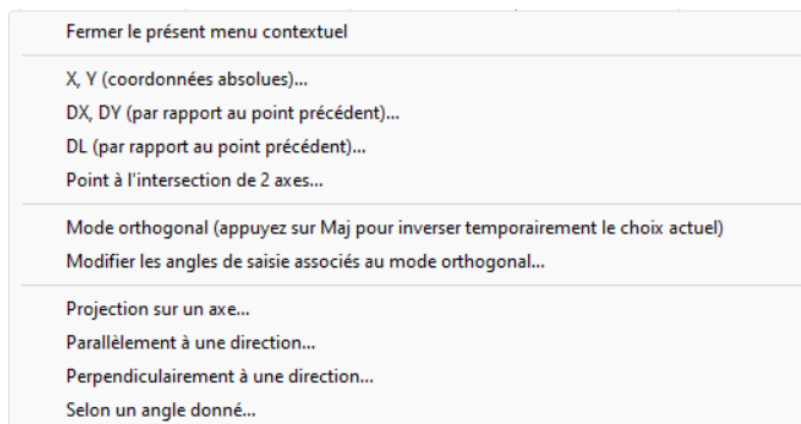
En fin de saisie, la section terminée est validée avec bouton « Valider la section » ou la touche « Entrée ».

le matériau choisi s'applique bien sûr à toute la section. Si ce matériau est un type de maçonnerie, l'épaisseur de tous les panneaux sera celle de ce type de maçonnerie.

Les explications données dans les paragraphes suivants vous aideront à positionner rapidement et facilement les extrémités des panneaux de murs à partir des informations lues sur les plans du projet et en vous calant par rapport aux murs déjà saisis.

Clic droit pour appeler le menu contextuel de construction de points

À tout moment en cours de saisie, vous pouvez appeler par un clic droit le menu contextuel de construction :



Ce menu vous fournit des outils facilitant la saisie du prochain point (construction de ce point, mode orthogonal, etc.).

Ctrl + Clic pour entrer un point de construction temporaire

La première partie du menu contextuel de construction permet de placer le prochain point par rapport au point précédent (DX, DY ou DL).

Or il arrive fréquemment qu'on veuille placer le prochain point non pas par rapport au point précédent mais par rapport à un autre point du dessin (par exemple l'extrémité d'un mur voisin).

Pour cela, cliquez sur ce point en appuyant en même temps sur la touche Ctrl du clavier (il y a une touche Ctrl de chaque côté du clavier !) :

- l'élastique rouge attaché au dernier point saisi disparaît et est remplacé par un élastique vert accroché au point de construction temporaire que vous venez d'indiquer
- vous pouvez définir le prochain point saisi par rapport à ce point de construction temporaire, en utilisant toutes les ressources du menu construction (par exemple, DX et DY ou une longueur imposée DL).

Option « DL » du menu contextuel de construction de point

La manip ci-après vous fera gagner du temps si vous voulez vous positionner par rapport à l'extrémité d'un panneau de mur de direction quelconque, à une certaine distance « d » dans le prolongement de ce panneau et à l'extérieur de celui-ci (vous serez souvent dans ce cas !) :

- **Ctrl + Clic** sur l'extrémité du panneau (point de construction temporaire)
- Placez votre souris sur l'axe du panneau (un cercle rouge vous montre que le pointeur de la souris a été capturé par l'axe du panneau)
- Appelez le menu contextuel de construction par un clic droit (sans bouger la souris) et demander un placement par DL
- Entrer un DL NEGATIF, égal en valeur absolue à la distance « d »
- le point se positionnera à la distance « d », de l'autre côté du point temporaire de construction par rapport à la souris et dans le prolongement du panneau

« Mode orthogonal » : forcez la saisie selon 2 directions imposées

En cours de saisie, vous tirez un « élastique » rouge avec la souris.

Par défaut, vous pouvez déplacer librement l'élastique dans la direction de votre choix. !

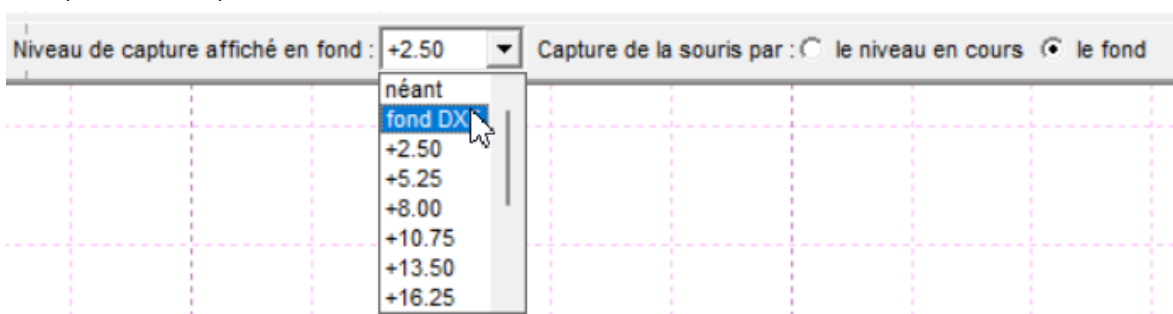
Si vous cochez la ligne « Mode orthogonal » du menu contextuel de saisie, les déplacements de l'élastique seront contraints selon deux directions orthogonales.

Par défaut ces deux directions sont // OX et // OY, mais vous pouvez les modifier en appelant le menu contextuel par un clic droit.

Appuyez sur la touche Majuscules pour inverser temporairement le choix en cours (c'est à dire pour désactiver temporairement le mode orthogonal si la ligne est cochée ou au contraire pour l'activer temporairement).

Affichez un fond « magnétique » (DXF ou autre étage) pour accrocher votre saisie

Vous pouvez très rapidement basculer d'un fond à un autre en cours de saisie :



Annulation ou rétablissement des points de clic successifs

Utilisez les boutons « Annuler/rétablir les actions » situés au milieu de la barre d'outils, en haut de l'écran.

Aide en ligne

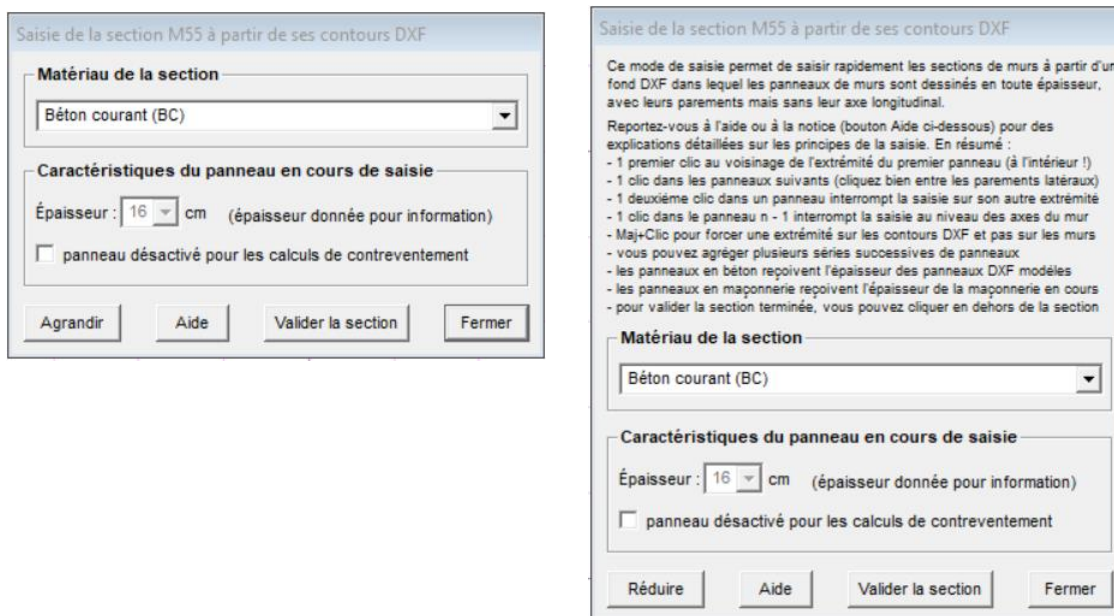
Toutes les boîtes de dialogue des commandes de saisie des murs disposent de boutons d'aide qui affichent à l'écran les pages de la notice d'utilisation d'Épicentre relatives au contexte d'utilisation.

A1.10. Saisie des murs à partir des contours DXF des panneaux de murs

Ce mode de saisie est le deuxième proposé par la boîte de dialogue « Saisir ou modifier les section de mur » vue précédemment.

Il permet de saisir très rapidement les section de mur à partir d'un fond DXF dans lequel **les panneaux de murs sont dessinés en toute épaisseur, avec leurs parements mais sans leur axe longitudinal** (voir les exemples de fonds DXF dans les figures ci-dessous).

La boîte de dialogue appelée peut être affichée sous forme réduite ou détaillée (bouton en bas à gauche) :



Le fonctionnement de la commande, très simple et très rapide, est exposé ci-après.

Choix du matériau, épaisseur des panneaux de murs

Le matériau choisi s'applique bien sûr à toute la section.

Si ce matériau est un type de béton, le logiciel attribuera à chaque panneau l'épaisseur qu'il a dans le fichier DXF, arrondie au cm le plus proche.

Si ce matériau est un type de maçonnerie, tous les panneaux recevront l'épaisseur de ce type de maçonnerie.

Saisie d'une section complexe monolithe (plusieurs panneaux DXF associés)

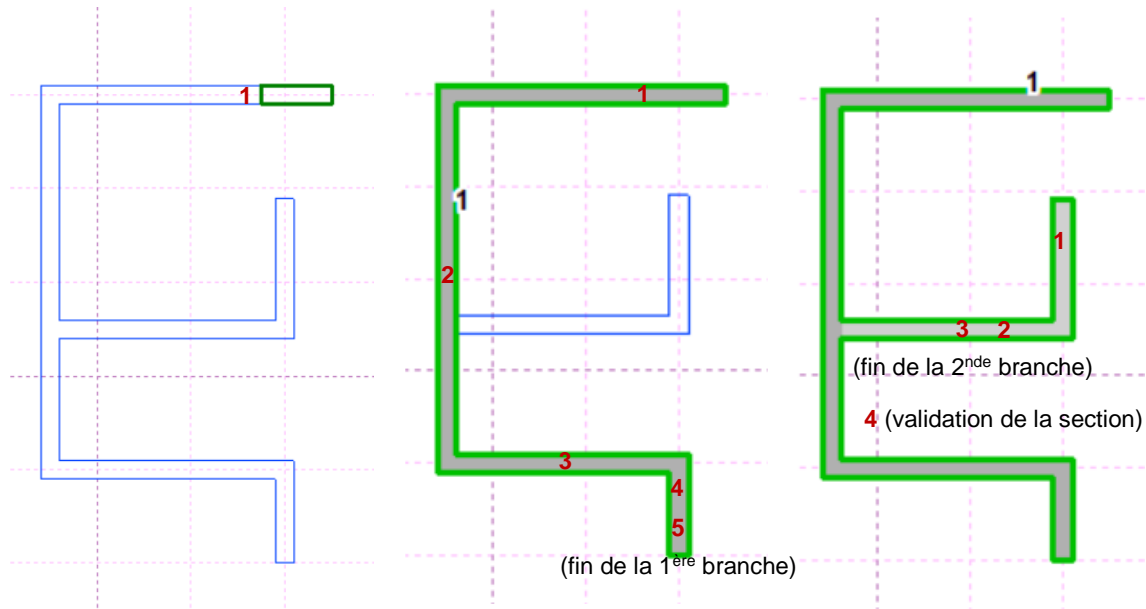
- 1) Cliquez au voisinage d'une des extrémités du mur et à l'intérieur du mur.
- 2) Cliquez ensuite une fois à l'intérieur de chacun des panneaux suivants.
- 3) Lorsque vous avez atteint le dernier panneau de la branche de section de mur que vous avez parcourue, cliquez une deuxième fois dans ce panneau pour signaler au logiciel que vous avez atteint la fin de la branche en cours.
- 4) Si la section comporte d'autres branches (section en E par exemple), décrivez chacune des autres branches en procédant avec la même logique. Vous pouvez démarrer chaque nouvelle branche en partant soit du panneau en contact avec la section déjà décrite, soit du panneau d'extrémité (dans les deux cas, clic double dans le dernier panneau saisi pour terminer la branche).
- 5) L'ordre de saisie et de parcours des diverses branches éventuelles de la section n'a pas d'importance.
- 6) Au cours d'une saisie de branche, le logiciel refusera vos clics en dehors de la section.
- 7) Lorsque la section est entièrement saisie, validez-la soit en cliquant sur le bouton « Valider la section » de la boîte de dialogue, soit en appuyant sur la touche « Entrée », soit en cliquant n'importe où en dehors de la section (plus rapide !).

Attention : les deux parements latéraux du panneau cliqué doivent être présents de chaque côté du point cliqué, ce qui n'est pas le cas au droit des raccordements avec les autres panneaux de la section.

Saisie d'une section simple (un seul panneau DXF)

C'est une variante simple du cas complexe précédent : cliquez deux fois dans le panneau puis une autre fois à l'extérieur (ou sur le bouton « Valider la section ») pour valider la section.

Les trois figures ci-dessous montrent les points de clic pour une section complexe à plusieurs branches :



Saisie d'une section complexe à éclater en plusieurs panneaux disjoints

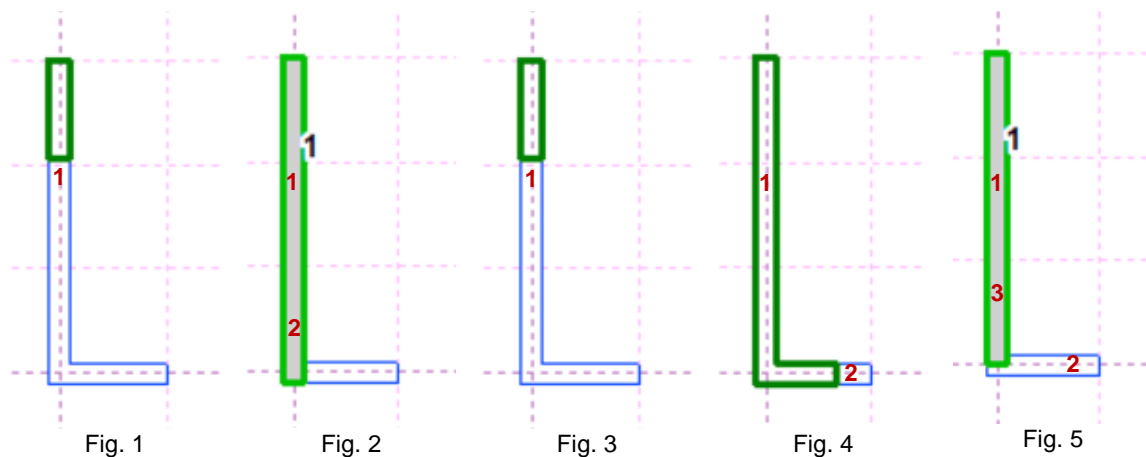
Chaque panneau de la section complexe du fichier DXF va générer un mur simple (un seul panneau).

La manière dont vous cliquerez sur les panneaux déterminera le positionnement des extrémités des murs générés : calées sur les contours DXF ou calées sur les axes de la section de mur DXF.

Positionnement des extrémités du premier panneau saisi dans la section :

Dans les figures ci-dessous, la première extrémité du mur saisi est une des extrémités libres de la section complexe DXF : elle est donc calée sur le contour DXF de la section.

La seconde extrémité sera, au choix, soit calée sur le contour DXF, soit arrêtée sur l'intersection avec l'axe du panneau suivant :

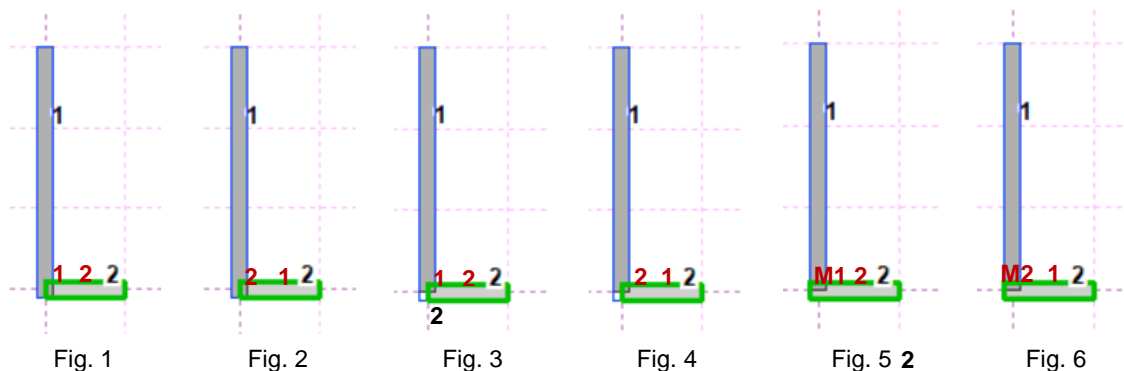


La première saisie (fig. 1 et 2) permet d'arrêter le mur sur le contour DXF.

La seconde saisie (fig. 3, 4 et 5) permet d'arrêter le mur à l'intersection des axes : on fait un deuxième clic sur le panneau suivant avant de revenir cliquer n'importe où sur le panneau en cours.

Positionnement des extrémités des autres panneaux de la section :

Les figures ci-dessous montrent les différentes configurations de connexion entre les deux panneaux de la section de l'exemple précédent, saisis comme des murs reliés par leurs extrémités :



Dans les deux premières saisies (fig. 1 et 2) le mur 1 a été conduit jusqu'au contour DXF : le mur 2 ne peut donc que buter sur lui (l'ordre de saisie des points 1 et 2 n'a pas d'importance).

Dans les deux saisies suivantes (fig. 3 et 4), le mur 1 a été saisi comme dans les fig. 3, 4 et 5 de la page précédente : son extrémité inférieure s'arrête donc au niveau de l'axe du mur 2. Quel que soit l'ordre de saisie des points 1 et 2, le mur 2 se raccordera au mur 1 à l'intersection des axes.

Les deux dernières saisies (fig. 5 et 6) donnent un résultat différent du précédent : le mur 2 passe devant le mur 1 pour atteindre le contour DXF, quelque soit l'ordre de saisie des points 1 et 2. C'est en appuyant sur la **touche Majuscule** au moment du clic (M1 et M2) que l'on oblige l'extrémité concernée à se caler sur le contour DXF.

Dans tous ces exemples, le mur terminé est validé soit avec la touche « Entrée » soit par un clic sur le bouton « Valider la section » **soit par un clic n'importe où en dehors des sections de murs DXF (plus rapide)**.

Annulation ou rétablissement des points de clic successifs

Utilisez les boutons « Annuler/rétablir les actions » situés au milieu de la barre d'outils, en haut de l'écran.

Aide en ligne

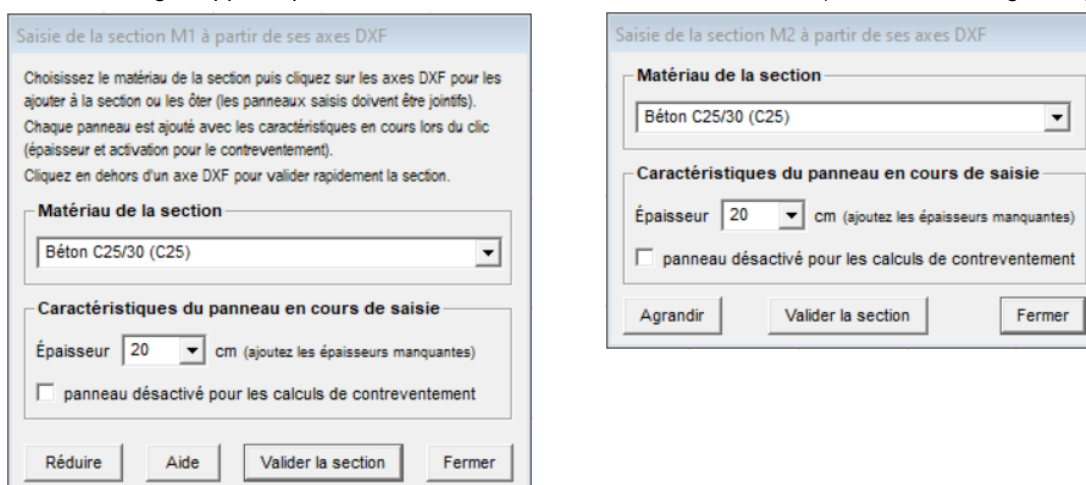
Toutes les boîtes de dialogue des commandes de saisie des murs disposent de boutons d'aide qui affichent à l'écran les pages de la notice d'utilisation d'Épicentre relatives au contexte d'utilisation.

A1.11. Saisie des murs à partir des axes DXF des panneaux de murs

Ce mode de saisie est le troisième proposé par la boîte de dialogue « Saisir des section de mur ».

Il permet de saisir très rapidement les section de mur à partir d'un fond DXF dans lequel **les panneaux de murs sont représentés par leur axe longitudinal**.

La boîte de dialogue appelée peut être affichée sous forme détaillée ou réduite (bouton en bas à gauche) :



Le fonctionnement de la commande, très simple et très rapide, est exposé ci-après.

Choix du matériau, épaisseur des panneaux de murs

Le matériau choisi s'applique bien sûr à toute la section.

Si ce matériau est un type de béton, chaque panneau recevra l'épaisseur en cours dans la boîte de dialogue.

Si ce matériau est un type de maçonnerie, tous les panneaux recevront l'épaisseur de ce type de maçonnerie.

Saisie d'une section simple (un seul panneau)

Cliquez sur l'axe DXF du panneau et validez la section avec la touche « Entrée » ou par un clic sur le bouton « Valider la section » ou en cliquant n'importe où dans le fichier DXF, en dehors d'un axe de panneau (plus rapide !).

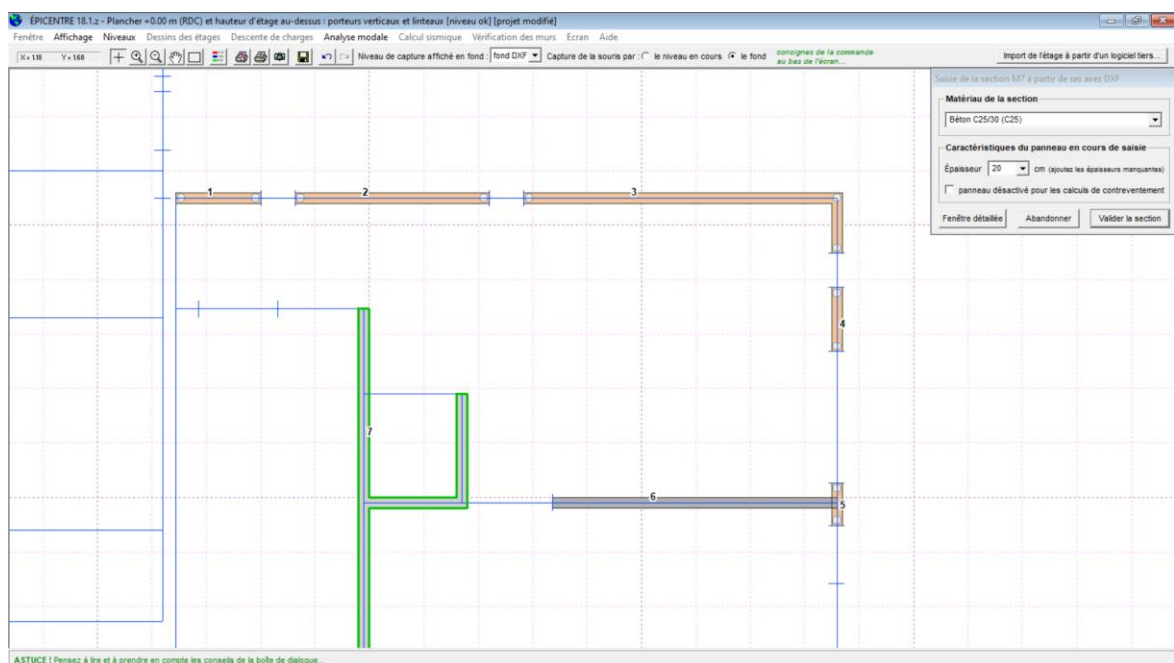
Saisie d'une section complexe (plusieurs panneaux)

- 1) Cliquez sur l'axe DXF d'un des panneau de la section
- 2) Cliquez sur les axes des panneaux suivants, jointifs aux panneaux déjà saisis, en modifiant si nécessaire l'épaisseur et la désactivation pour le contreventement du panneau en cours, dans la boîte de dialogue.
- 3) validez la section terminée avec la touche « Entrée » ou par un clic sur le bouton « Valider la section » **ou en cliquant n'importe où dans le fichier DXF, en dehors d'un axe de panneau (plus rapide !)**.

Le logiciel refusera les clics sur des panneaux non jointifs aux panneaux déjà saisis.

Si vous cliquez sur un panneau déjà saisi, ce panneau sera supprimé de la section, à condition d'être un panneau d'extrémité de la section. Les panneaux internes à la section ne peuvent être supprimés.

La figure suivante montre un plan d'étage d'axes DXF en cours de saisie :



NB : il peut être utile de placer un petit trait transversal à chaque extrémité des axes de panneaux de murs DXF pour faciliter le repérage de ces panneaux.

Annulation ou rétablissement des points de clic successifs

Utilisez les boutons « Annuler/rétablir les actions » situés au milieu de la barre d'outils, en haut de l'écran.

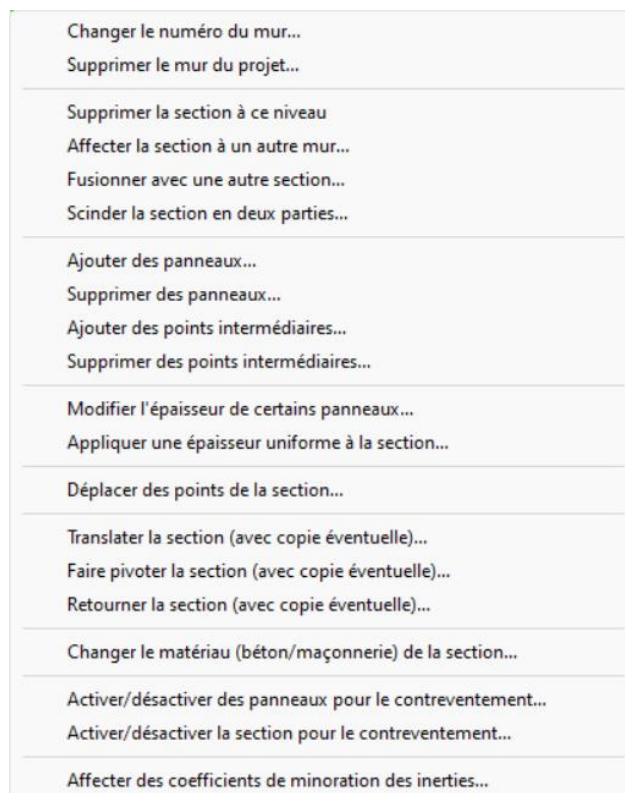
Aide en ligne

Toutes les boîtes de dialogue des commandes de saisie des murs disposent de boutons d'aide qui affichent à l'écran les pages de la notice d'utilisation d'Épicentre relatives au contexte d'utilisation.

A1.12. Modification des sections de mur

Lorsqu'aucune commande n'est en cours, tous les éléments de structures de l'étage (pieux, murs, poteaux, linteaux) se mettent en surbrillance (bleu clair) lorsqu'ils sont survolés par le pointeur de la souris.

Faites un clic droit sur la section de mur à modifier pour appeler le menu contextuel de modification :



L'éventail des choix proposés couvre a priori tous les besoins. Remarquez notamment les commandes qui permettent d'**activer ou désactiver tout ou partie d'une section pour le contreventement**.

Ces commandes sont très faciles à utiliser : en cours de commande, lisez attentivement les commentaires et les consignes, en bas de l'écran et dans les boîtes de dialogue.

Une bonne partie des commandes proposées peuvent modifier plusieurs sections à la fois.

Pour sélectionner plusieurs sections, cliquez sur les sections visées ou englobez les par un rectangle tracé avec la souris.

A1.13. Affecter des coefficients de minoration des inerties

Redistribution contrôlée des efforts entre les murs d'un étage

Les Eurocodes permettent de procéder à une redistribution des moments fléchissants et des efforts tranchants entre les murs résistants d'un étage : une partie des efforts internes calculés peut ainsi être reportée des murs les plus sollicités vers les murs voisins, « sous réserve que la nouvelle distribution des moments continue à équilibrer les charges appliquées » (voir EC2-1-1, 5.5 et EC8, 4.4.2.2).

Épicentre permet d'opérer une redistribution des efforts entre les murs d'un étage en diminuant l'inertie de certaines sections de murs au moment du calcul élastique du bâtiment sous charge de vent ou de séisme (l'analyse modale est menée avec les sections non minorées).

En pratique, la dernière commande du menu contextuel de modification (voir le § A1.10 ci-dessus) permet d'affecter des coefficients de minoration des inerties à tout ou partie des plans de contreventement de certaines sections de murs de l'étage en cours.

Les inerties minorées sont calculées en multipliant au préalable l'épaisseur des panneaux de murs par des coefficients de minoration affectés à ces panneaux par l'utilisateur : un coefficient de minoration de 50% affecté à un panneau diminuera son épaisseur de moitié pour le calcul des caractéristiques mécaniques de la section.

Dans les modules de dessin, les coefficients de minoration des inerties sont écrits sous forme de pourcentage sur les segments de mur concernés, ceux-ci étant hachurés en rouge sombre perpendiculairement à leur axe :



Intérêt pratique de la redistribution des efforts entre les murs

La redistribution des efforts entre des murs d'un niveau peut être utile dans de nombreuses circonstances :

- pour soulager des murs trop sollicités pour être ferrailés en l'état (par exemple, dépassement de la valeur limite de la contrainte de cisaillement résistante relative aux aciers de couture : EC2-1-1, 6.2.5),
- pour mieux répartir les efforts entre les murs et obtenir ainsi des ferrailages plus homogènes et en continuité d'un étage à l'autre,
- pour atténuer les sauts d'efforts importants qui peuvent apparaître lorsque qu'un mur change de section de manière très marquée entre deux étages,
- pour soulager les murs très sollicités en contreventement du fait de leurs dimensions mais peu chargés par la descente de charges (problèmes de soulèvements non équilibrés au niveau des fondations),

NB : **Épicentre propose d'autres méthodes** pour régler certains des problèmes évoqués ci-dessus : prise en compte des déformations de distorsion des murs par la méthode de l'inertie équivalente (voir le § 5.11), réduction automatique des caractéristiques mécaniques des parties de murs se trouvant en avancée ou en surplomb à l'occasion d'un changement de section de mur (voir le § 5.11), désactivation pour le contreventement des parties de murs non concernées par le fonctionnement de contreventement (dans le module de saisie des porteurs verticaux).

Minoration des inerties au niveau des sections interfaces et des appuis de mur

La commande « Affecter des coefficients de minoration des inerties... » affecte ces coefficients aux section de mur de la **hauteur d'étage** du niveau en cours.

Or nous avons vu dans les chapitres précédents que c'est au niveau des planchers qu'Épicentre calcule les moments dans les murs, à partir des inerties des sections interfaces des murs ou des sections d'appui entre murs (voir par exemple le § 12.7).

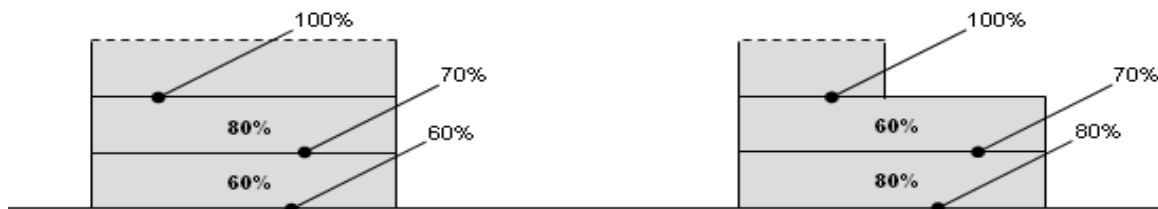
Comment Épicentre procède-t-il quand il trouve des coefficients de minoration différents dans les deux hauteurs d'étage situées de part et d'autre d'une section interface ou d'une section d'appui ?

Épicentre applique les trois règles suivantes pour déterminer les coefficients de minoration éventuels à affecter aux panneaux d'une **section interface** ou d'une **section d'appui** :

- Si des coefficients de minoration ont été affectés à chacune des deux portions de murs situées au-dessous et au-dessus d'un panneau d'une section interface ou d'une section d'appui, Épicentre affecte à ce panneau la moyenne des coefficients de minoration trouvés ;
- S'il y a zéro ou un (et seulement un) coefficient de minoration au-dessous ou au-dessus d'un panneau d'une section interface, Épicentre n'affecte pas de coefficient de minoration à ce panneau ;
- Les sections d'encastrement des murs, en pied de bâtiment, ont leurs inerties minorées comme les sections de la première hauteur d'étage ;

En pratique, ces trois règles permettent d'organiser avec souplesse la minoration des inerties des murs d'un bâtiment sur plusieurs étages, de manière à obtenir les effets décrits dans la section précédente.

Les inerties des section de mur ci-dessous, dans les hauteurs d'étages et dans les interfaces, seront minorées avec les coefficients indiqués sur les dessins (en gras, les coefficients saisis pour les hauteurs d'étage et en police standard les coefficients déduits, au niveau des interfaces) :



Dans la première figure, l'inertie de la partie inférieure du mur est progressivement minorée pour diminuer les moments en pied de mur, par exemple pour éviter des soulèvements non équilibrés au niveau des fondations. La minoration des inerties du mur est progressive sur les 2 étages inférieurs, du haut vers le bas.

Dans la seconde figure, l'inertie de la partie inférieure élargie du mur est minorée, ce qui diminuera les moments affectés à cette partie du mur et donc l'effort tranchant dans la hauteur d'étage située juste en-dessous du

changement de section ($T = (M_{inf} - M_{sup}) / h$). La minoration des inerties du mur est progressive sur les 2 étages inférieurs, du bas vers le haut.

NB 1 : l'application de coefficients de minoration des inerties à certaines section de mur doit être faite avec discernement et précaution, après une analyse approfondie du bâtiment et des capacités de déformation de ses murs ou de ses fondations, permettant de justifier les dispositions prises.

NB 2 : la relation entre la valeur du coefficient de minoration appliqué sur une section de mur et la diminution effective des efforts internes constatée dans cette section après calcul dépend de nombreux facteurs. Par exemple, si le mur minoré joue un rôle majeur dans le contreventement du bâtiment, un coefficient de minoration de 50% appliquée à ce mur peut entraîner une diminution des efforts internes inférieure à 10%.

A1.14. Recopier les sections de mur vers d'autres étages

Deux possibilités :

- Cible « Le niveau en cours » pour « dupliquer ce niveau vers d'autres étages »
- Cible « Les murs » pour « copier des section de mur de ce niveau vers d'autres niveaux »

A1.15. Utiliser l'outil de renumérotation automatique des murs

Cet outil, associé à la cible « les murs », propose les 3 traitements suivants :

- Réduction du nombre de numéros de murs en appliquant une logique de continuité verticale (un mur garde son numéro sur toute sa hauteur)
- Élimination des murs sans aucune section décrite
- Renumerotation des murs en fonction de leur position dans le bâtiment (de la gauche vers la droite et du bas du bâtiment vers le sommet)

NB : ces traitements remettent à zéro l'historique des commandes de saisie.

La diminution du nombre de numéros de murs du projet rend celui-ci plus lisible et permet de diminuer les temps de calcul (les dimensions de la matrice transfert globale du bâtiment sont augmentées de deux lignes et d'une colonne par mur supplémentaire et d'une ligne et d'une colonne par appui de murs supplémentaire).

A1.16. Translater le bâtiment pour le rapprocher de l'origine du repère OXZ

Si vous utilisez des fonds DXF pour la saisie des murs, il pourra arriver que le bâtiment soit décrit dans ces fichiers DXF à plusieurs centaines de mètres, voire à plusieurs kilomètres, de l'origine du repère général OXYZ. Dans ce cas la précision des calculs risque d'être dégradée (à partir de 500 m environ d'excentrement) et les déplacements d'ensemble du bâtiment présentés dans la note de calcul n'auront plus de signification (ils sont calculés au droit de l'axe OZ).

La commande « translater le bâtiment » permet de recentrer un bâtiment saisi trop loin du point origine :

Translater le bâtiment

Il est recommandé de décrire le bâtiment à proximité immédiate de l'origine du repère général (OX, OY).
En effet, pour un bâtiment décrit à plusieurs centaines de mètres du point (0, 0) :

- la précision des calculs risque d'être dégradée.
- les déplacements d'ensemble du bâtiment de la note de calcul, calculés au droit de l'axe OZ du repère général, n'ont plus de signification.

Delta X : Delta Y :

☒ Centrer le bâtiment sur l'origine (0, 0) du repère général

Rappelons que vous pouvez aussi décaler les fonds DXF en X et en Y au moment de leur importation dans le module de saisie des éléments porteurs verticaux, afin de recentrer le bâtiment avant qu'il soit saisi.

A1.17. Saisie, modification, suppression des linteaux

La saisie et la modification des linteaux se fait selon les mêmes principes que pour les murs, avec gestion de l'historique (commandes Annuler/Rétablir) et des anomalies (menu ANOMALIES).

Saisie des linteaux

Dans la barre d'outils, cliquez sur le bouton « Linteaux ».

Important : les linteaux dessinés sont ceux du niveau en cours, c'est-à-dire ceux situés au niveau indiqué dans la barre de titre du module, au pied de la hauteur d'étage affichée.

La saisie d'un nouveau linteau est pilotée par une boîte de dialogue très facile à utiliser :

Saisie d'un nouveau linteau

Caractéristiques du nouveau linteau

Code

Largeur cm Hauteur cm

Béton

☐ extrémité 1 articulée ☐ extrémité 2 articulée

Un linteau ne peut pas s'appuyer sur une portion de mur désactivée pour le contreventement.

Extrémités du nouveau linteau

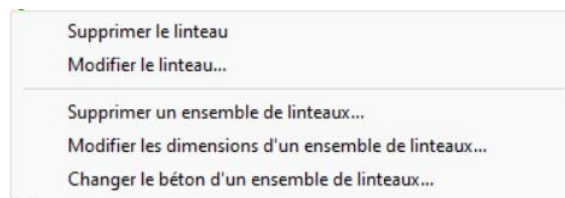
1. Cliquez sur la position de l'extrémité 1

2. Cliquez sur la position de l'extrémité 2

NB : chacune des 2 extrémités doit être "accrochée" sur une section de voile du niveau en cours ou sur une section de voile en débord du niveau inférieur.

Modification ou suppression des linteaux

Lorsqu'aucune commande n'est en cours, vous pouvez modifier ou supprimer un ou plusieurs linteaux, en appelant le menu contextuel ci-dessous par un clic droit sur un linteau :



A1.18. Recopier les linteaux d'un niveau vers d'autres niveaux

Deux possibilités :

- Cible « Le niveau en cours » pour « dupliquer ce niveau vers d'autres étages »
- Cible « Les linteaux » pour « copier des linteaux de ce niveau vers d'autres niveaux »

A1.19. Saisie, modification, suppression des poteaux

La saisie et la modification des poteaux se fait selon les mêmes principes que pour les murs et les linteaux, avec gestion de l'historique (commandes Annuler/Rétablir) et des anomalies (menu ANOMALIES).

Saisie des poteaux

Cliquez sur le bouton « Poteaux » de la barre d'outils.

La saisie d'un nouveau poteau est pilotée par une boîte de dialogue très facile à utiliser :

Saisie d'un nouveau poteau

Les poteaux sont numérotés automatiquement par le logiciel (numéros croissants du 1er au dernier niveau et de gauche à droite par niveau).

Ne superposez pas deux poteaux, fusionnez les en un poteau unique.

Section de l'étage inférieur du poteau

Béton

Géométrie de la section

Largeur cm Longueur cm

Surface du poteau : 0.080 m²

Rotation deg (angle de l'axe de la longueur par rapport à 0°)

Si ce poteau comporte plusieurs étages, ils seront créés identiques à l'étage inférieur, décrit ci-dessus. Vous pourrez les modifier par la suite si nécessaire.

Position des extrémités du poteau

Niv. inf

Niv. sup

☒ Le pied et la tête ont la même position X, Y

Les positions des deux extrémités du poteau peuvent différer en plan d'une distance égale au rayon moyen équivalent de la section du poteau.

Pied de poteau... X=..., Y=...

Tête de poteau... X=..., Y=...

Ce poteau sera activé pour le contreventement s'il est fondé et situé sous un mur de contreventement ou s'il est situé entre deux murs de contreventement.

Les poteaux pris en compte pour le contreventement sont repérés par leur numéro écrit en gras.

Les poteaux utilisés uniquement pour la descente de charges ont leur numéro en italique et leur section hachurée en gris.

La première partie permet de saisir les caractéristiques géométriques de la section du poteau :

- matériau (béton uniquement)
- géométrie (circulaire/rectangulaire)
- dimensions
- rotation éventuelle de la section (rectangulaire) par rapport à l'axe des X

NB : si le poteau comporte plusieurs étages, ils seront tous créés avec la même section. Vous pourrez ensuite modifier la géométrie de la section de certains de ces étages, si c'est nécessaire.

Rappel : Du fait de la définition très souple des poteaux multi-étages, **Épicentre n'accepte pas les poteaux superposés.**

La seconde partie permet de positionner les extrémités du poteau : les cotes de sa base et de son sommet et la position en plan des deux extrémités du poteau

NB : Épicentre tolère que les positions (X, Y) du pied et de la tête d'un poteau diffèrent d'une distance égale à la dimension moyenne de la section du poteau (la racine carrée de sa section).

Épicentre détectera lui-même si le poteau supporte un mur : dans ce cas le poteau sera pris en compte dans le calcul de contreventement (sauf si le mur porté est désactivé pour le contreventement).

Le bouton « Fenêtre réduite » permet de diminuer la taille de la fenêtre en simplifiant son contenu.

Modification ou suppression des poteaux

Pour modifier ou supprimer une ou plusieurs poteaux, appelez le menu contextuel ci-dessous par un clic droit sur un poteau :

- Supprimer le poteau
- Repositionner le poteau en XY ou en Z...
- Supprimer un ensemble de poteaux...
- Modifier la section d'un ensemble de poteaux...
- Changer le béton d'un ensemble de poteaux...

A1.20. Saisie, modification, suppression des pieux

La saisie et la modification des pieux se fait selon les mêmes principes que pour les éléments précédents, avec gestion de l'historique (commandes Annuler/Rétablir) et des anomalies (menu ANOMALIES).

Pour pouvoir saisir des pieux, vous devez d'abord signaler que le projet en cours comporte des pieux (menu Options générales du menu général de description du projet).

Toutes les catégories et classes de pieux sont acceptées par Épicentre : pieux en béton, pieux métalliques, micropieux. Pour les pieux non circulaires, le « diamètre » sera une des dimensions de la section des pieux.

Saisie des pieux

Placez vous au niveau bas du bâtiment et cliquez sur le bouton « Pieux » de la barre d'outils.

La saisie des pieux est pilotée par une boîte de dialogue très facile à utiliser :

Saisie d'un nouveau pieu ou massif de pieux

Toutes les catégories et classes de pieux pouvant être utilisées pour fonder un bâtiment sont acceptées par Épicentre : pieux en béton, pieux métalliques, micropieux.

Caractéristiques du nouveau pieu

Désignation

Nb de pieux Diamètre

☐ Bloquer le diamètre

Bloquez le diamètre pour qu'il ne soit pas modifié par la suite par les traitements de dimensionnement automatique des diamètres.
NB : les diamètres bloqués sont soulignés dans les dessins.
Pour un pieu non circulaire, le "diamètre" sera une des dimensions de la section du pieu.
Le choix d'un diamètre égal à "?" n'empêchera pas le calcul de la descente de charges.

Localisation du nouveau pieu

Cliquez sur la position du pieu...

Un pieu ou un massif de pieux doit être placé sous un poteau ou sous un ou plusieurs murs.

Un pieu ou un massif de pieux placé uniquement sous des porteurs verticaux désactivés pour le contreventement sera lui aussi désactivé pour le contreventement.

Diamètres des pieux du projet

Ajoutez ou supprimez des diamètres pour constituer la liste des diamètres des pieux du projet...

mm

420
520
620
720

Le bouton « Personnaliser la liste des diamètres » vous permet de préciser vous-même les diamètres prévus dans le projet.

Possibilité de bloquer le diamètre de certains pieux

Si vous saisissez ultérieurement les efforts ultimes résistants associés à chaque diamètre de pieu du projet (dans le menu Paramètres pour la vérification des pieux... du menu général de description du projet), Épicentre pourra dimensionner et/ou vérifier pour vous l'ensemble des pieux en fonction des efforts qu'ils reçoivent.

Si certains pieux du projet sont déjà en place, bloquez leur diamètre pour qu'ils ne soient pas modifiés par Épicentre lors des traitements.

Modification ou suppression des pieux

Pour modifier ou supprimer une ou plusieurs pieux, appelez le menu contextuel par un clic droit sur un pieu :

- Supprimer le pieu
- Modifier le pieu...
- Supprimer un ensemble de pieux...
- Modifier le diamètre d'un ensemble de pieux...
- Bloquer/libérer les diamètres d'un ensemble de pieux...

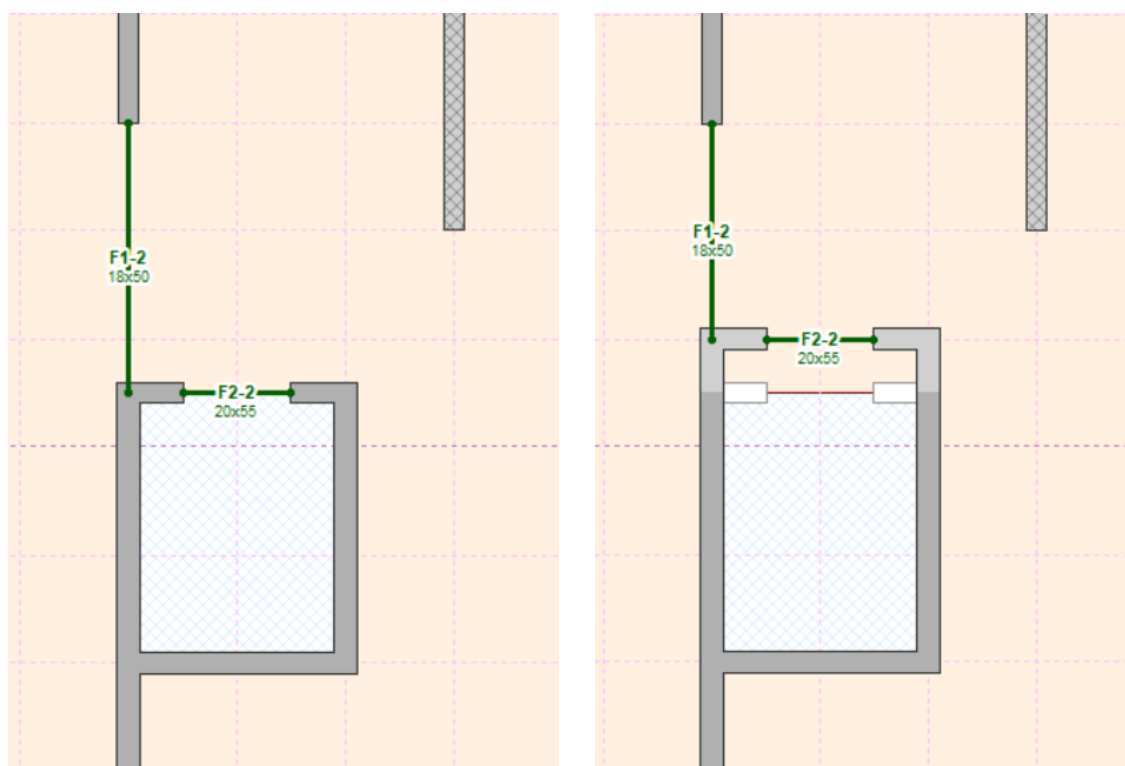
A1.21. Préservation des connexions des linteaux et poteaux avec les murs

Si vous déformez ou déplacez une section de mur sur laquelle s'appuient des linteaux ou des poteaux, **leurs appuis sont déplacés aussi pour que les connexions avec la section de mur soient conservées.**



De même, si vous copiez des linteaux vers d'autres étages, la position de leurs appuis s'adapte dans la plupart des cas en fonction de la position des murs d'appui à chaque étage (les linteaux seront raccourcis ou rallongés lorsque la position des murs supports change par rapport à celle de l'étage modèle).

Dans l'exemple ci-dessous, la partie haute de la cage en U a été remontée par la commande « déplacer des points de la section » du menu contextuel de modification des section de mur.

Les deux linteaux qui lui sont rattachées ont automatiquement suivi le mouvement.



A1.22. Annuler / Rétablir les actions antérieures

Toutes les actions de création, suppression, modification peuvent être annulées ou rétablies en utilisant les boutons   de la barre d'outils.

L'effet de ces boutons est un peu différent selon que vous êtes dans une commande ou en dehors :

- si vous êtes dans une commande, les boutons agiront uniquement sur les étapes précédentes de la commande en cours mais pas sur les commandes précédentes.

Par exemple, si vous êtes en train de saisir les différentes branches d'une section complexe, le bouton Annuler supprimera les uns après les autres les points de la branche en cours, puis chacune des branches précédentes, l'une après l'autre. Ces actions pourront être rétablies, dans l'ordre inverse.

- si aucune commande n'est en cours, les boutons Annuler/Rétablir agiront sur les commandes précédentes, dont les effets seront annulés ou rétablis en bloc (dans l'exemple ci-dessus, la section de mur nouvellement créée sera annulée ou rétablie d'un coup et non par étapes).

A1.23. Traitement des anomalies par Épicentre

Pendant la saisie, Épicentre vous signale les anomalies éventuelles en affichant en rouge les éléments de structure invalides et en ajoutant un menu ANOMALIES à droite de la barre des menus.

Ce menu énumère et localise les anomalies éventuelles du niveau en cours.

Les lignes du menu ANOMALIES qui ne signalent pas d'anomalies sont grisées :

éléments structuraux	Ecran	Aide	ANOMALIES
Massifs de pieux invalides : néant			
Poteaux non fondés sur pieux : néant			
Murs non fondés sur pieux : M11			
Sections de murs orphelines : néant			
Sections de murs non encore décrites : néant			
Sections de murs avec collisions internes : néant			
Sections de murs avec collisions mutuelles : M5-M11			
Sections de murs avec désactivation de contreventement invalide : néant			
Sections de voiles sans continuité avec une section de même n° de l'étage inférieur (parties activées pour le contreventement) : néant			
Linteaux de longueur nulle : néant			
Linteaux sans appui(s) : néant			
Linteaux avec collisions mutuelles : néant			
Poteaux avec extrémité mal définie : néant			
Poteaux avec collisions mutuelles : néant			
Poteaux avec faux-aplomb excessif : néant			
Poteaux superposés : néant			

Les niveaux sans anomalies sont repérés par la mention « niveau ok » dans la barre de titre du niveau et dans la liste des niveaux du menu Niveaux.

A1.24. Import de l'étage à partir d'un logiciel tiers

La commande « Import de l'étage à partir d'un logiciel tiers » de l'outil « Niveau en cours » vous permet de remplacer tous les éléments porteurs de l'étage en cours par ceux d'un étage importé à partir d'un modèle Arche Ossature de la société Graitec.

Les modalités du traitement sont très voisines de celles décrites pour l'import d'un bâtiment complet à partir du menu Description du projet (pour plus de détails, voir l'annexe 3 du présent document).

La boîte de dialogue principale permet de saisir le chemin du fichier Arche Ossature (format ST1) et de choisir l'étage à importer, en précisant quels éléments de structure vous souhaitez importer :

Importation d'un étage à partir d'un fichier Arche Ossature

Chemin du fichier et étage à importer

Chemin du fichier : D:\Epicentre (dvpt)\Import depuis Arche Ossature\ARCHE envoi de 2020-12-10\ARCHE\SIBOUR BAT CIBLOC1.ST1

Étage à importer : étage n°2 : PH RDC (3.00 m à 6.00 m)

Attention : cet étage sera importé dans l'étage en cours du module de saisie, cad l'étage "RDC" (hauteur d'étage de +0.00 m à +2.70 m).

NB : dans Arche Ossature, un étage comprend les murs et les poteaux de la hauteur de l'étage + les poutres et les dalles du PLANCHER HAUT.
 Dans Épicentre, un étage comprend les murs et les poteaux de la hauteur de l'étage + les poutres et les dalles du PLANCHER BAS.
 Bien entendu, la procédure d'import tiendra compte de cette particularité.

Éléments à importer

☒ 0 mur ☒ 3 poteaux ☒ 41 poutres ☒ 21 dalles

☒ Pour les catégories cochées, tous les éléments actuels de l'étage destination d'Épicentre seront supprimés avant l'import des nouveaux éléments.

Après import, vous pourrez appliquer une translation d'ensemble des éléments importés en utilisant l'outil de la cible Le bâtiment.

Les poteaux importés seront automatiquement renumérotés par Épicentre.

Les murs importés seront renumérotés en étant placés à la fin de la liste actuelle des murs du projet.

Vous pourrez les renuméroter après l'import en utilisant les outils de renumérotation proposés dans ce module de saisie dans la cible Les murs.

NB : l'importation de murs ou de poteaux remet à zéro l'historique des commandes de saisie.

Importer l'étage Annuler





Si vous avez procédé précédemment à l'import d'un bâtiment complet, en appliquant une translation de recentrage du bâtiment, la même translation sera automatiquement appliquée lors de l'import d'un étage.

Après l'import, vous pourrez réordonner les murs du projet en utilisant l'outil de renumérotation des murs décrit plus haut.





A1.25. Légende graphique du module

Cette légende donne en particulier la signification des diverses nuances de gris affectées aux section de mur, selon leur situation par rapport aux section de mur des niveaux d'étage situés au-dessous et au-dessus du niveau d'étage en cours.


Couleurs des sections de murs en béton

		Partie de mur présente dans...		
		Étage i - 1	Étage i	Étage i + 1
	Arrêt en haut de l'étage inférieur	oui	non	?
	Continuité par rapport à l'étage inf.	oui	oui	?
	Surplomb par rapport à l'étage inf.	non	oui	?
	Apparition à l'étage supérieur	non	non	oui



Sections de murs en béton : spécificités

-  Zone d'appui linéaire d'un mur sur un autre (notation 4-5 -> appui de M4 sur M5)
-  Partie de mur désactivée pour le calcul de contreventement
-  Section de mur suspendue (définie dans le module de description des planchers)
Les sections de mur suspendues sont automatiquement désactivées pour le contreventement
-  Partie de mur affectée d'un coefficient de minoration des inerties (de 50%)



Couleurs des sections de murs en maçonnerie

-  Les couleurs des murs en maçonnerie suivent les mêmes règles que les murs en béton, mais avec une tonalité orangée. Les chaînages des murs chaînés sont dessinés.

Poteaux

-  P1 Poteau sous mur (pris en compte pour le calcul de contreventement)
-  P1 Poteau non sous mur (non pris en compte pour le calcul de contreventement)

Linteaux

-  Linteau bi-encasté
-  Linteau avec une rotule (encastrement sur un mur perpendiculaire)

NB : les linteaux dessinés sont ceux du niveau en cours, c'est-à-dire ceux situés au niveau indiqué dans la barre de titre du module, au pied de la hauteur d'étage affichée.

ANNEXE 2 : MODULE DE DESCRIPTION DES PLANCHERS

Cette annexe expose en détail comment décrire les planchers d'un bâtiment pour préparer le calcul de descente de charges et le calcul des caractéristiques massiques des étages (masses soumises à l'action sismique).

A2.1. Objectifs du module de description des planchers

Les deux étapes d'un calcul de descente de charges

Un calcul de descente de charges avec Épicentre comporte les deux étapes successives suivantes :

- vous procédez d'abord à la description détaillée de chaque plancher du bâtiment (découpage du plancher en dalles élémentaires, indication des sens porteurs de ces dalles, mise en place du réseau de poutres associé, indication des charges surfaciques appliquées aux dalles et des charges linéaires appliquées aux poutres, etc.)
- à partir de ces éléments, Épicentre pourra réaliser à votre demande la descente de charges proprement dite pour l'ensemble du bâtiment (affectation des charges des planchers aux éléments porteurs, puis descente de ces charges verticalement dans les éléments porteurs, avec prise en compte des règles de diffusion et de report)

Calcul des caractéristiques massiques des étages (calcul sismique)

À partir de la description détaillée des planchers et des murs, Épicentre se chargera également de calculer automatiquement les caractéristiques massiques des étages, avec détermination de l'excentrement réglementaire des centres de gravité par rapport aux centres de torsion (EC8-1, clause 4.3.2).

Le module de description des planchers

Ce module est conçu pour vous permettre de décrire chaque plancher très rapidement :

- vous disposez d'outils très conviviaux
- vous êtes accompagné pas à pas par Épicentre qui se charge lui-même d'une bonne partie des tâches : proposition de découpage du plancher en dalles, proposition de sens porteurs des dalles, mise en place automatique du réseau de poutres porteuses, etc.

A2.2. Hypothèses de base pour la description des planchers

Ce paragraphe résume les hypothèses de base du module de descente de charges d'Épicentre.

Éléments porteurs verticaux

Les éléments porteurs verticaux d'un plancher sont les **murs** et les **poteaux** situés immédiatement dessous.

Éléments porteurs horizontaux

Les éléments porteurs horizontaux d'un plancher sont :

- les dalles du plancher
- les poutres du plancher (Épicentre les place lui-même là où elles sont nécessaires)
- les murs en porte-à-faux (poutres-murs, murs en console) situés dans la hauteur d'étage immédiatement au-dessus du plancher.

Les dalles de plancher peuvent reposer :

- sur les murs porteurs (situés sous le plancher)
- sur les poutres
- sur les murs en porte-à-faux (plancher suspendu au mur en porte-à-faux)

Une dalle ne peut pas reposer directement sur un poteau (seulement par l'intermédiaire d'une poutre).

Les poutres du plancher peuvent reposer :

- sur d'autres poutres
- sur des murs en porte-à-faux
- sur des poteaux (situés sous le plancher)
- sur des murs (situés sous le plancher)

Les murs en porte-à-faux reposent sur les murs ou les poteaux situés sous le plancher.

Les murs en porte-à-faux portent les dalles qui les bordent (sous réserve bien sûr du sens porteur de ces dalles) et les poutres qui leur sont connectées.

Les murs en porte-à-faux ont un rôle porteur similaire à celui des poutres porteuses vues précédemment, à une différence près : un mur en porte-à-faux peut porter une poutre alors que l'inverse n'est pas possible.

Cas des murs et des poteaux « portés »

On appellera mur ou poteau porté (à un certain niveau de plancher) un mur ou un poteau qui n'a pas de porteurs verticaux directs (murs ou poteaux) à ce niveau et qui est porté par des poutres ou par la dalle de plancher qui reportent les charges verticales de ce mur ou de ce poteau vers des murs voisins.

Pour simplifier la saisie, Épicentre ne vous demande pas de décrire les poutres ou les portions de dalle porteuses mais simplement les zones d'appui concernées, côté mur ou poteau porté et côté murs porteurs.

Cas des murs suspendus

Selon les mêmes principes, Épicentre permet de décrire des murs suspendus : les charges verticales sont « remontées » sur une ou plusieurs hauteurs d'étages vers un niveau de plancher où elles sont reportées vers les murs ou poteaux voisins.

Les murs suspendus sont traités par Épicentre comme des murs portés un peu particuliers.

Charges permanentes et d'exploitation appliquées

Vous pouvez appliquer les charges permanentes et d'exploitation suivantes :

- des charges surfaciques uniformes, sur chaque dalle de plancher
- des charges linéaires uniformes, en bord de dalles sur les zones de votre choix

Coefficients ψ et φ

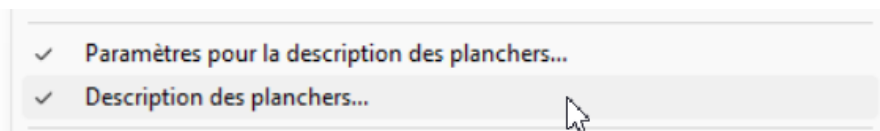
Épicentre permet d'affecter à chaque dalle les coefficients ψ et φ de pondération des charges d'exploitation :

- ψ est coefficient de combinaison pour la valeur quasi-permanente de la charge d'exploitation Q (EC8-1, 3.2.4(2)P et 4.2.4(2)P).
- φ est le coefficient de corrélation associé à la charge d'exploitation Q pour la détermination des masses soumises à l'action sismique (EC8-1, 4.2.4(2)P).

A2.3. Appel du module de description des planchers

Appel du module

L'appel se fait à partir de la ligne Description des planchers du menu Description du projet :



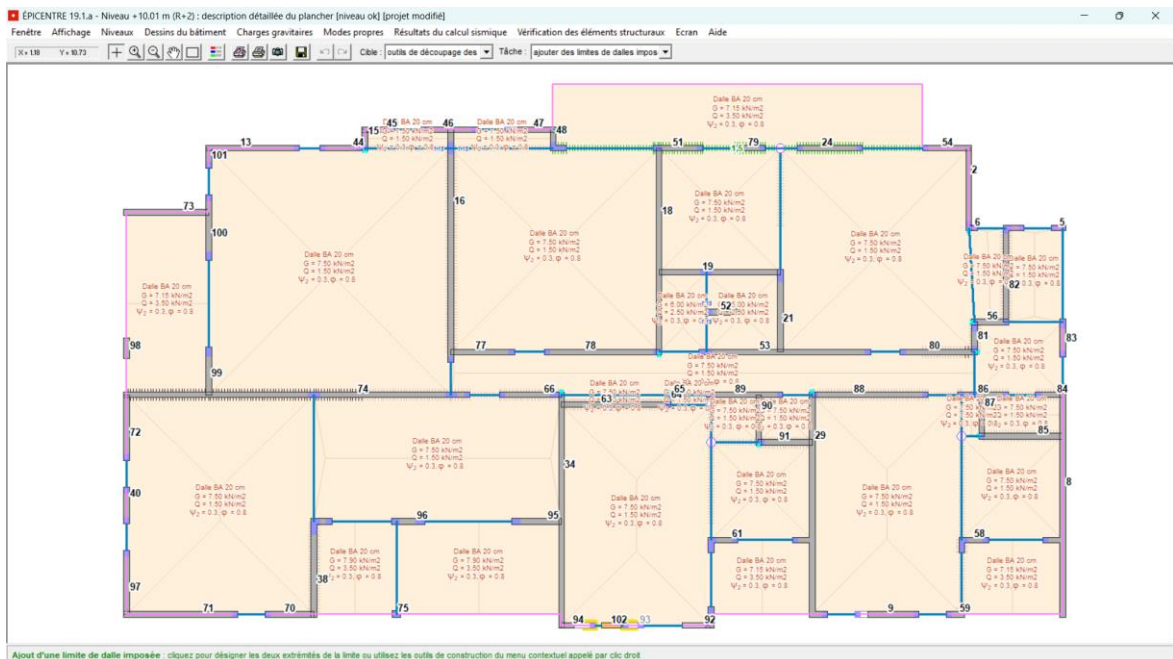
Réglage préalable des « paramètres pour la description des planchers »

Avant d'appeler le module de description des planchers, il vous faut appeler la ligne précédente du menu Description du projet afin de régler les paramètres pour la description des planchers (voir le § 5.13).

A2.4. Environnement de travail du module

Organisation générale de l'écran

L'écran est organisé en 5 secteurs horizontaux superposés : tout en haut, la barre de titre, puis la barre de menu, la barre d'outils, la zone de dessin et enfin, en bas d'écran, la zone de messages d'aide (aide contextuelle en cours de commande).



Organisation de l'écran du module de saisie des porteurs verticaux et des linteaux

La barre de titre

La barre de titre affiche le nom et la cote altimétrique du plancher affiché.

Si le plancher affiché est valide, c'est à dire s'il ne comporte aucune anomalie, erreur ou indétermination, la barre de titre précise « [niveau ok] ».

ÉPICENTRE 19.1.a - Niveau +2.70 m (1er étage) : description détaillée du plancher [niveau ok]

Si le plancher n'est pas « ok », le menu ANOMALIES énumère les problèmes détectés par Épicentre.

La barre de menus

La barre de menus propose les menus suivants :

Fenêtre Affichage Niveaux Dessins des étages Charges gravitaires Modes propres Résultats du calcul sismique Vérification des éléments structuraux Ecran Aide ANOMALIES

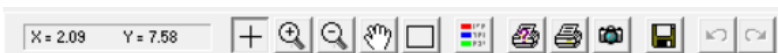
Si vous débutez la saisie d'un projet, seuls les 4 premiers onglets seront actifs (les autres ne serviront qu'après saisie complète du projet et vous seront présentés plus loin).

Le menu ANOMALIES ne s'affiche que lorsque le plancher présente des erreurs ou des indéterminations qui empêchent qu'il soit validé par Épicentre : le menu ANOMALIES apporte alors des indications aidant à localiser les anomalies en cause.

Le menu Niveaux vous permet de choisir directement le plancher sur lequel vous allez travailler. Mais, comme dans tous les autres environnements graphiques d'Épicentre, vous pouvez aussi vous déplacer rapidement d'un étage à l'autre en utilisant les flèches « vers le haut » ou « vers le bas » du clavier.

La barre d'outils

La moitié gauche de la barre d'outils propose les outils suivants :



Les boutons de gauche sont familiers : coordonnées du pointeur, commandes de gestion de l'affichage, impression, copie du dessin (l'appareil photo).

Le bouton « légende » (case colorée) permet d'afficher la légende graphique du module (voir § A1.25).

Le bouton « disquette » permet d'enregistrer les dernières modifications sur disque, dans le fichier du projet.

Les boutons « flèche en arrière » et « flèche en avant » permettent d'annuler les dernières actions de certaines commandes ou de les rétablir.

La moitié droite de la barre d'outils propose les outils suivants :



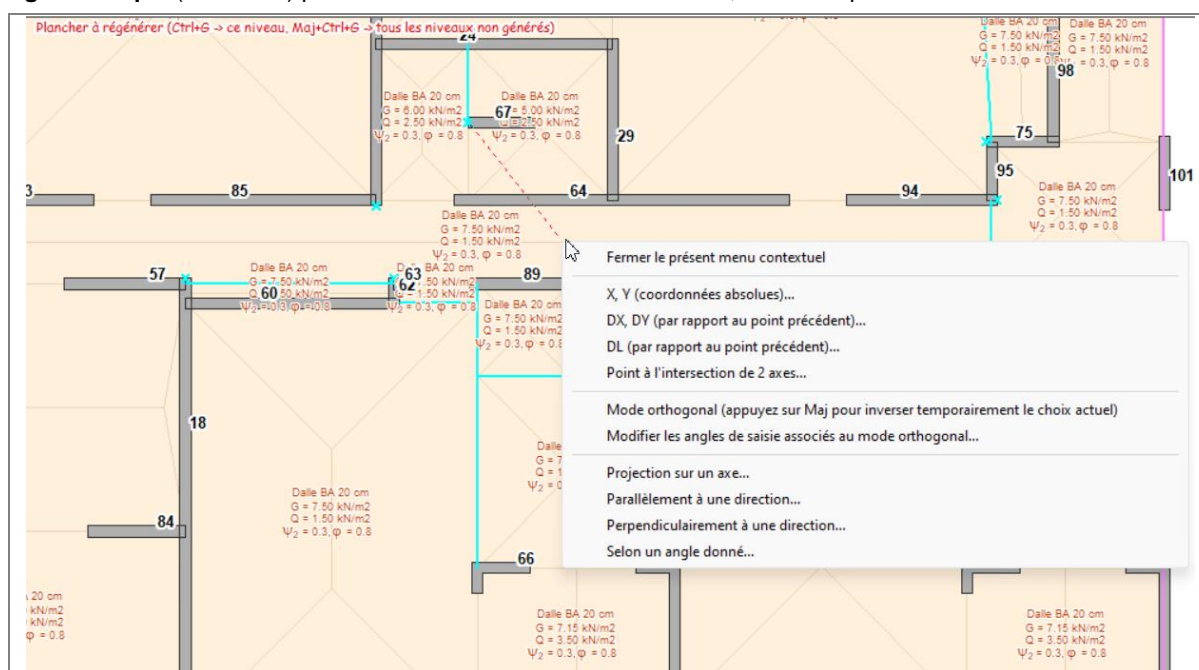
Les deux listes déroulantes « Cible » et « Tâche » permettent d'accéder très simplement à l'ensemble des outils complémentaires mis à votre disposition.

La zone de message tout à fait à droite (vide sur la copie d'écran ci-dessus) vous donnera des indications utiles relatives au contexte de travail en cours et complètera les messages d'aide affichés au bas de l'écran.

La zone de dessin

La zone de dessin peut accueillir temporairement des boîtes de dialogue associées aux commandes en cours.

Très important : dans les commandes de saisie, vous pouvez appeler le **menu contextuel de construction géométrique** (très utile !) par un **clic-droit** dans la zone de dessin, comme représenté ci-dessous :



Au début, le problème pour vous sera de penser à utiliser ce menu lorsque vous en aurez besoin !

La zone de messages d'aide

Toutes les commandes sont équipées de messages d'aide, en bas de l'écran, qui vous guideront pas à pas... à condition que vous pensiez à les lire ! En effet, dans l'action, votre regard sera plutôt concentré sur la zone de dessin et vous aurez tendance à ne pas remarquer les messages.

Ajout d'une limite de dalle imposée : cliquez pour désigner les deux extrémités de la limite ou utilisez les outils de construction du menu contextuel appelé par clic droit

Zoom avant, zoom arrière et recentrage avec la molette de la souris

Les boutons de zoom+, zoom-, pan, etc. de la barre d'outils vous permettent de choisir la partie du plancher affichée.

Vous pouvez aussi zoomer ou déplacer le dessin directement à partir de la souris en utilisant la molette centrale : faites rouler la molette pour zoomer/dézoomer et appuyez dessus en glissant la souris pour déplacer le dessin.

Activation des commandes de saisie ou de traitement automatique (Cible/Tâche)

Indiquez votre choix en sélectionnant successivement la Cible et la Tâche dans les deux listes déroulantes de la barre d'outils.

Arrêt en cours de commande

Il suffit de positionner la Tâche sur « aucune », pour interrompre la commande en cours.

Enregistrement des modifications faites

Utilisez le bouton « disquette » de la barre d'outils.

Utilisation des commandes de gestion de l'affichage au cours d'une commande

Vous pouvez librement utiliser les outils de gestion de l'affichage (menu Affichage, boutons zoom, translation, etc.) durant le cours d'une commande de saisie.

Pour reprendre la main dans la saisie après avoir activé un bouton de recadrage de la vue (zoom, translation, etc.), il vous suffira de **cliquer sur le bouton « coordonnées X et Y »** (la croix à gauche des zooms).

A2.5. Les étapes de la description d'un plancher

Les étapes successives

L'enchaînement des étapes est le suivant (ces étapes seront décrites en détail dans les articles ci-après) :

- **saisie du contour périphérique du plancher** : dès validation du contour, Épicentre propose un premier découpage du plancher en dalles élémentaires, en se basant sur ce contour et la disposition des éléments porteurs. Certaines zones peuvent être laissées indéterminées, Épicentre ne disposant pas des éléments suffisants pour trancher.
- **saisie des limites de dalles imposées** éventuellement nécessaires : dans les zones restées indéterminées, elles permettent à Épicentre de terminer le découpage du plancher, dans les zones découpées par Épicentre, elles vous permettent de modifier le découpage obtenu.
Dès que le découpage du plancher peut être mené à son terme par Épicentre (plus aucune zone indéterminée), le logiciel complète automatiquement ce travail par une proposition de sens porteurs des dalles, avec dessin des lignes de rupture.
- **vérification des sens porteurs des dalles proposés par Épicentre et saisie des modifications nécessaires**
- **saisie des charges surfaciques des dalles et des coefficients de dégression des surcharges**
- **saisie des charges linéaires éventuelles sur les bords de dalles**
À mesure que vous procédez à ces saisies, Épicentre déduit automatiquement le réseau de poutres porteuses associées aux dalles...
- **désignation des poutres portées / porteuses** : à faire au droit de chaque nœud de jonction de poutres.
- **modification éventuelle des emprises d'appui sur les murs des poutres / poteaux / murs en débord**
- **en cas de murs ou de poteaux portés ou suspendus, désignation des zones d'appui concernées**

Saisie préalable de la structure du bâtiment

Il est bien entendu préférable de saisir l'intégralité des éléments porteurs du bâtiment (murs et poteaux) avant de commencer à décrire les planchers.

Si vous êtes amené à modifier les murs ou les poteaux après avoir décrit les planchers (évolution du projet, correction d'erreurs, étude de variantes), Épicentre vous invitera à régénérer les planchers concernés, qu'il vous signalera comme invalides : le logiciel vous signalera alors les problèmes éventuels induits localement par la modification des éléments porteurs.

A2.6. Saisie du contour du plancher

Lancement de la commande

Dans la barre d'outils, indiquez votre choix par les listes déroulantes Cible et Tâche. Par exemple : contour du plancher -> saisir le contour du plancher...

Messages d'aide

La zone de message au bas de l'écran affiche les consignes associées à la commande : « cliquez sur les points du contour ou utilisez les outils de construction du menu contextuel appelé par clic droit ».

Élastique lié au pointeur de la souris

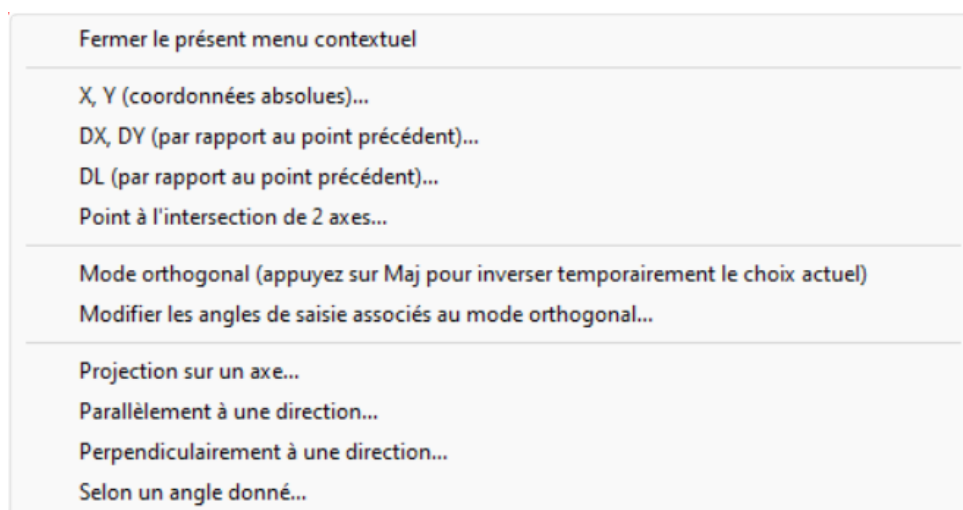
L'environnement de saisie est très convivial : il a été conçu pour vous aider à bien suivre la progression de la saisie. Pour ce faire, le contour du plancher se dessine en rouge à mesure que vous saisissez les points et le pointeur de la souris « tire » de manière dynamique deux lignes élastiques matérialisant clairement la prochaine position.

Environnement de capture du pointeur de la souris

Si vous cliquez directement dans le dessin pour entrer les points du contour, vous remarquerez que le pointeur de la souris est « capturé » par les éléments de la structure affichés (un cercle rouge plein apparaît lorsque le pointeur est capturé par une extrémité de segment, un cercle rouge vide indique une capture le long de l'axe d'un segment).

Menu contextuel de construction géométrique

Le menu contextuel (clic droit) propose des outils de construction des points à la volée correspondant aux cas de figure courants :



Boutons « annuler » et « rétablir »

Ces deux boutons de la barre d'outils (flèches bleues) vous donnent le droit à l'erreur : vous pouvez revenir en arrière dans la saisie du contour, sans être obligé de tout annuler !

Fin du contour et découpage automatique du plancher

Appuyez sur la touche « Entrée » pour valider le contour.

Dès que vous avez validé le contour, Épicentre procède à une première tentative de découpage du plancher en dalles.

Les zones non traitées faute d'éléments de détermination suffisants sont repérées par un quadrillage rouge (voir dans le paragraphe suivant les explications relatives au découpage automatique du plancher).

Modification du contour du plancher

Si vous devez modifier le contour du plancher (correction d'une erreur, évolution du projet), positionnez la Tâche sur « redessiner une partie du contour ».

Les consignes vous demandent de désigner deux points du contour encadrant la partie à redessiner (points à désigner dans le SENS CONTRAIRE DES AIGUILLES D'UNE MONTRE). Vous pouvez ensuite redessiner librement cette partie du contour, avec la même ergonomie que pour une saisie initiale (là aussi, il vous faudra redessiner le contour dans le SENS CONTRAIRE DES AIGUILLES D'UNE MONTRE).

A2.7. Découpage automatique du plancher par Épicentre

Objectifs du traitement

Lorsque vous découpez vous-même sur plan un plancher en dalles élémentaires tout en déterminant le sens porteur de ces dalles, vous tenez compte de très nombreux paramètres : certains résultent directement de la forme du plancher et de la disposition de la structure porteuse du bâtiment, d'autres résultent de choix techniques complexes liés à votre propre expérience.

Épicentre est doté d'algorithmes élaborés de reconnaissance et d'analyse géométrique de la structure qui lui permettent de détecter des configurations types correspondant à des découpages de dalles et à des attributions de sens porteurs logiques et classiques. Grâce à ces algorithmes, Épicentre se charge de découper lui-même le plancher, avec votre aide pour résoudre les configurations non classiques.

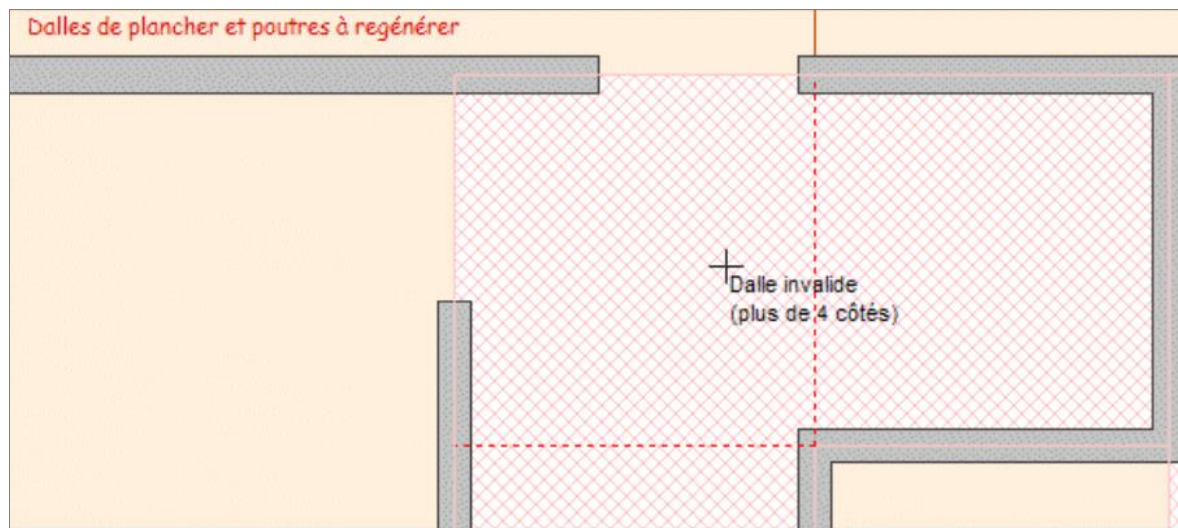
Le but de la fonctionnalité de découpage automatique du plancher est de vous faire gagner du temps : mais vous restez bien sûr maître du résultat, puisque vous pouvez facilement rectifier les choix d'Épicentre qui ne vous conviendraient pas.

Cas des découpages incomplets

Épicentre vous soumet une première proposition de découpage du plancher dès que vous avez terminé la saisie du contour du plancher.

La plupart du temps, ce premier traitement est incomplet : certaines zones du plancher ne sont pas traitées et apparaissent en quadrillé rouge sur le dessin

En effet, Épicentre ne reconnaît que des dalles à 3 ou 4 côtés : les secteurs laissés en quadrillé rouge correspondent donc toujours à des dalles de plus de 4 côtés, Épicentre n'ayant pu aller plus loin sans compléments d'information de votre part. Si vous placez le pointeur de la souris sur ces zones restées indéterminées, un message explicite apparaît : « dalle invalide (plus de 4 côtés) ». Dans certains cas Épicentre vous signale par des traits rouges pointillés les endroits où pourraient être introduites des limites de dalles supplémentaires (nous verrons plus loin comment le faire) :



Notez aussi le message d'alerte rouge « Dalles de plancher et poutres à régénérer » affiché de manière systématique en haut et à gauche de la zone de dessin quand le découpage du plancher est incomplet.

Cas des découpages complets

Nous verrons plus loin comment vous allez pouvoir régler le problème des dalles de plus de 4 côtés.

Lorsque les indéterminations ont été levées avec votre aide, Épicentre va au bout du découpage et procède dans la foulée à toute une série de traitements complémentaires :

- prédétermination du sens porteur des dalles et de la géométrie des lignes de rupture conventionnelles associées (vous pourrez modifier les propositions d'Épicentre) ;
- création des poutres nécessaires pour supporter certains bords de dalles non portés par des murs ;
- calcul des éventuels coefficients de majoration des réactions d'appui des dalles et des poutres continues (application des coefficients 1,10 et 1,15 de la « méthode forfaitaire » du BAEL) ;
- repérage des éventuelles dalles en encorbellement, comme les balcons (il vous faudra préciser les coefficients de majoration des réactions d'appui à leur appliquer) ;

- repérage des nœuds de connexion entre poutres (vous devrez préciser les poutres porteuses) ;
- prédétermination des zones d'appui des poutres, des poteaux et des murs en porte-à-faux (poutres-murs et murs en console) sur les murs porteurs de l'étage.

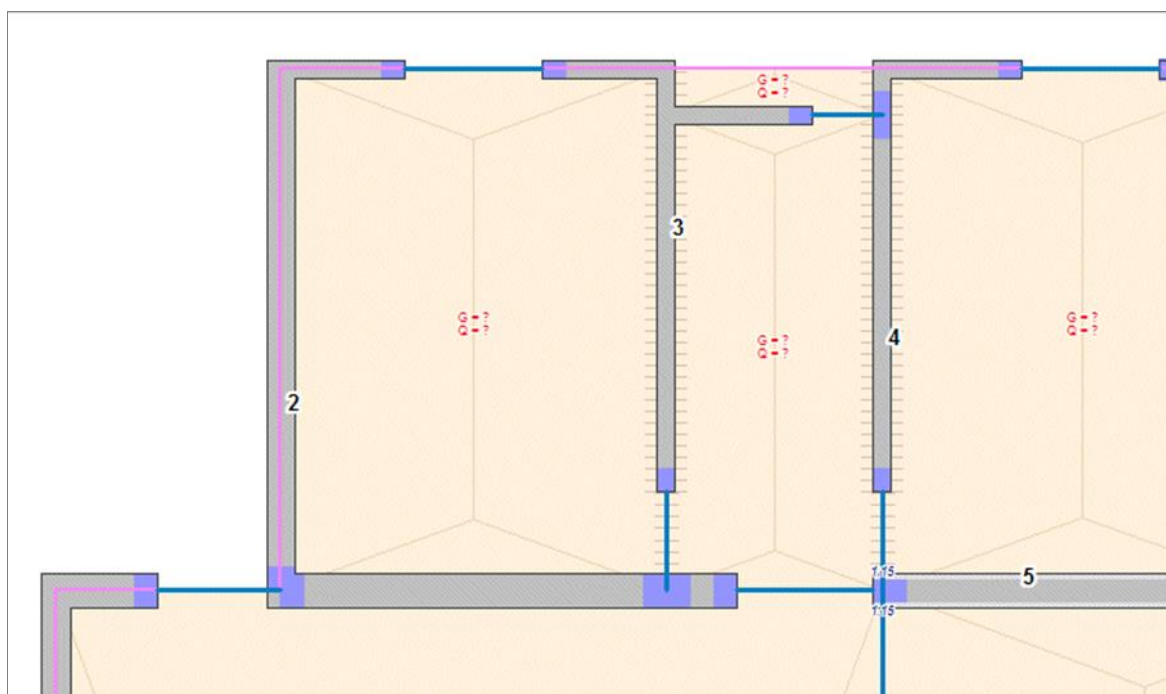
La figure de la page suivante montre le contenu du dessin à l'issue d'un découpage de plancher mené à son terme par Épicentre.

Chaque dalle est clairement identifiable grâce au dessin de ses lignes de rupture (les charges surfaciques et la dégression des surcharges seront saisies ultérieurement).

Les lignes de rupture indiquent de plus les sens porteurs proposés par Épicentre pour chaque dalle (Épicentre a tenu compte de la disposition des éléments porteurs verticaux associés à chaque dalle). Les angles des lignes de rupture associées aux côtés non porteur ont été déterminés à partir de la valeur par défaut valable pour le plancher (voir les explications détaillées de l'article 7 ci-après).

Les traits épais bleu foncé sont les poutres créées par Épicentre **là où elles sont nécessaires** pour reprendre des charges apportées sur les bords de dalles.

Les traits épais roses en périphérie du bâtiment correspondent au contour du plancher tel qu'il a été saisi (les traits du contour de plancher sont recouverts par les traits des poutres là où elles existent).



Exemple de plancher après découpage automatique par Épicentre

Épicentre a déterminé les coefficients de majoration des réactions d'appui des dalles continues : ils sont symbolisés dans le dessin par des hachures courtes placées le long des bords de dalles concernés (hachures gris foncé pour 1,15 et gris clair pour 1,10).

Épicentre a aussi déterminé les coefficients de majoration des réactions d'appui des poutres continues : ils sont écrits près des appuis concernés (1,10 ou 1,15).

Le traitement de découpage automatique de plancher d'Épicentre génère donc de très nombreux résultats, en quelques secondes.

Nous allons voir dans les paragraphes suivants comment modifier ceux de ces résultats qui ne vous conviendraient pas.

A2.8. Seuils et valeurs par défaut utilisés pour le découpage

Ces paramètres sont fixés par vous dans la boîte de dialogue appelée par l'option « Paramètres de la description des planchers » du menu Description du projet.

- **tolérance géométrique générale** (1 cm à 10 cm) : distance en-dessous de laquelle Épicentre considérera deux points comme confondus dans les algorithmes d'analyse et de recherche automatique. La valeur par

défaut (5 cm) convient pour les projets à murs orthogonaux soigneusement dessinés. Une valeur plus élevée sera utile pour les projets avec des murs dessinés rapidement (avant-projets) ou organisés en plan selon des angles quelconques (risque d'imprécision au niveau des coordonnées et des angles).

- **angle par défaut des lignes de rupture des côtés non porteurs** (0 à 30 degrés) : c'est l'angle utilisé par Épicentre lorsqu'il détermine les lignes de rupture associées aux côtés non porteurs *appuyés sur des porteurs verticaux* (vous pourrez ensuite modifier localement ces dispositions, si nécessaire)
- **tolérance d'alignement générale** (0 à 30 degrés) : angle en-dessous duquel des segments voisins aboutés seront considérés comme alignés, pour certains traitements (par exemples, identification de bords de dalles non parfaitement rectilignes composés de plusieurs segments successifs légèrement désalignés : voir la figure de l'article suivant)

A2.9. Saisie des limites de dalles imposées

Qu'est-ce qu'une limite de dalle imposée ?

C'est un côté de dalle de plancher que vous saisissez vous-même.

Cela peut être nécessaire dans deux circonstances :

- quand Épicentre n'a pas pu découper lui-même un secteur de plancher en dalles élémentaires de 3 ou 4 côtés (vous indiquez ainsi à Épicentre où placer les limites de dalles dans ce secteur)
- quand vous souhaitez modifier localement le découpage automatique proposé par Épicentre (vous imposez ainsi un découpage différent)

Tolérance d'alignement pour les côtés des dalles

Nous avons vu qu'Épicentre ne reconnaît que les dalles de 3 ou 4 côtés.

Mais il sait traiter comme un bord unique les bords de dalles non parfaitement rectilignes composés de plusieurs segments successifs légèrement désalignés :



Dans la figure précédente, la dalle en bas à droite est considérée par Épicentre comme étant à 4 côtés.

Dans de tels cas Épicentre applique la « tolérance d'alignement » vue au § A.2.7 précédent et qui peut être réglée à votre convenance grâce à la boîte de dialogue appelée par le menu Description du projet.

Comment ajouter ou supprimer des limites de dalle imposées ?

Pour ajouter une limite de dalle, lancez la commande par les listes déroulantes Cible et Tâche : limites de dalles > ajouter des limites imposées...

Puis désignez par un clic les extrémités de chaque nouvelle limite (ou utilisez le menu contextuel de construction géométrique).

Les limites de dalle que vous saisissez doivent être rigoureusement connectées entre elles, ou avec le contour de plancher ou avec les éléments porteurs de l'étage (murs, poteaux, poutres).

Pour supprimer une limite de dalle, utilisez la Tâche faite pour cela...

Effet sur le découpage du plancher

Dès qu'une limite de dalle imposée est ajoutée ou supprimée dans le plancher, Épicentre considère que l'actuel découpage de plancher n'est plus valide : le message rouge d'alerte apparaît en haut à gauche de la zone de dessin et certaines infos ne sont plus affichées (les caractéristiques massiques des dalles et des bords de dalles, les poutres).

Génération d'un nouveau découpage du plancher (CTRL+G)

Lorsque vous aurez ajouté ou supprimé toutes les limites de dalles nécessaires, vous devrez relancer vous-même un nouveau découpage : traitements globaux -> générer les dalles et les poutres (en pratique, il est plus rapide d'utiliser le raccourci clavier CTRL+G).

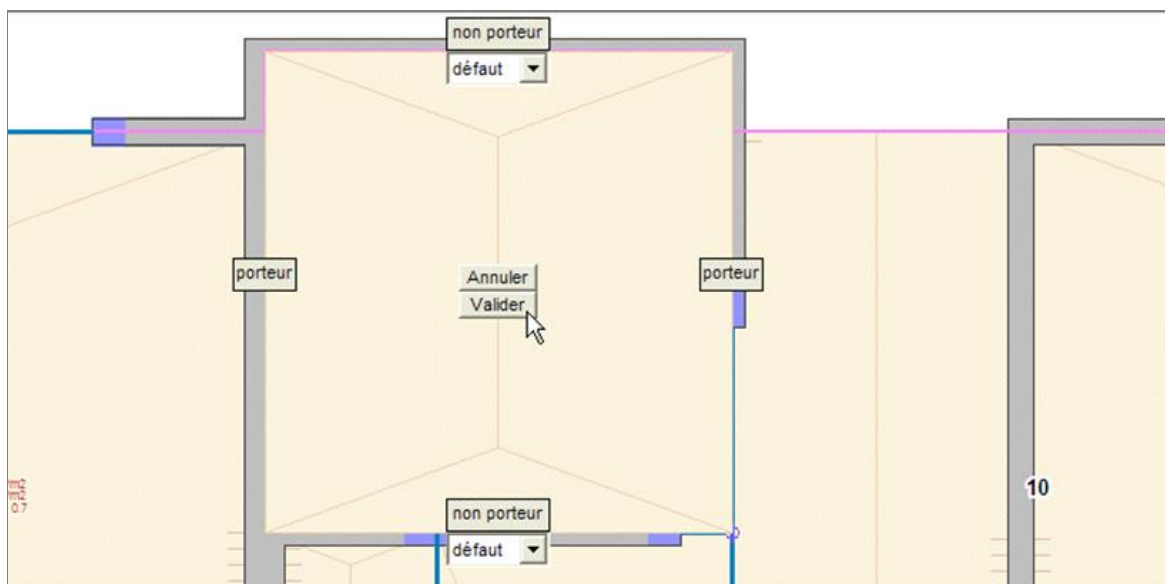
Ce nouveau découpage du plancher tiendra compte des limites de dalles actuelles et récupérera les informations descriptives que vous aviez éventuellement saisies précédemment et qui avait temporairement disparu de l'affichage (les masses surfaciques ou linéaires, vos choix de sens de portées, la distinction poutres portées/poutres porteuses, etc.)

A2.10. Choix du sens porteur des dalles

Modification des sens porteurs

Vous pouvez très facilement modifier les sens porteurs de dalles proposés par Épicentre et qui ne vous conviennent pas. **Ces modifications seront conservées par Épicentre** lors de chaque traitement ultérieur de redécoupage du plancher.

Dans la barre d'outils, lancez la commande par les listes déroulantes Cible et Tâche : dalles -> côtés porteurs et lignes de rupture... La consigne en bas d'écran vous demande de cliquer sur la première dalle à modifier : la dalle se trouve immédiatement équipée des outils de saisie qui vont vous permettre de modifier les sens porteurs et de régler l'angle de rupture des côtés non porteurs :



Validez lorsque les nouveaux réglages de la dalle vous conviennent.

Remarques sur les lignes de rupture des dalles

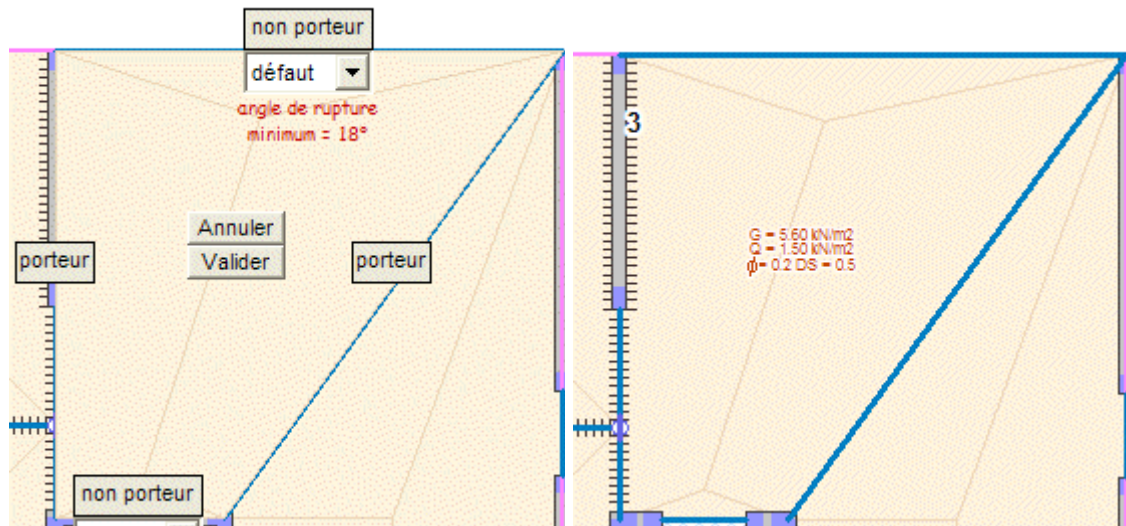
Épicentre détermine les angles des lignes de rupture des dalles à partir des règles suivantes :

- les lignes de rupture associées aux côtés porteurs d'une dalle portées sur tous ses côtés sont disposées selon les bissectrices des angles formés par ces côtés porteurs.
- les lignes de rupture associées aux côtés non-porteurs d'une dalle sont disposées **en principe** selon l'angle minimum par défaut associé aux côtés de dalles non-porteurs (voir ci-dessous) ou selon les angles choisis par vous grâce à l'outil de saisie des sens porteurs de dalles.
- **l'angle minimum par défaut associé aux côtés de dalles non-porteurs peut prendre en fait deux valeurs** différentes, selon que le côté de dalle concerné repose au moins partiellement ou pas sur un porteur vertical : la valeur de l'angle minimum est soit 0 degré (cas d'un côté de dalle libre ne reposant sur aucun

porteur vertical), soit l'angle minimum fixé dans la boîte de dialogue « Paramètres de la description des planchers » (cas d'un côté reposant au moins partiellement sur un porteur vertical).

- **Mais**, dans certains cas, la règle ci-dessus ne peut être respectée pour la détermination des lignes de rupture des bords de dalles non porteuses (voir l'exemple et les explications ci-après) : un angle plus grand doit être appliqué.

Considérons la dalle ci-dessous, qui comporte deux paires de côtés porteurs et non-porteurs opposés :



Le sens porteur de la dalle est perpendiculaire à la ligne de rupture médiane principale, située à mi-distance des deux côtés porteurs (c'est la bissectrice de l'angle formé par les deux côtés porteurs).

Le bord supérieur de la dalle est non-porteur. Il est libre, sans appui sur un porteur vertical : il devrait donc être associé à un angle de lignes de rupture nul. Mais dans ce cas, du fait de l'angle du sens porteur de la dalle, la zone située dans le coin en haut à gauche ne pourrait être reportée vers l'un des deux côtés porteurs. D'où l'angle minimum de rupture indiqué par Épicentre dans l'outil de saisie, et qui correspond à un angle de 90° entre la ligne de rupture secondaire et la ligne de rupture principale : la zone en haut à gauche peut ainsi être reprise par le côté non-porteur.

A2.11. Désignation des trémies

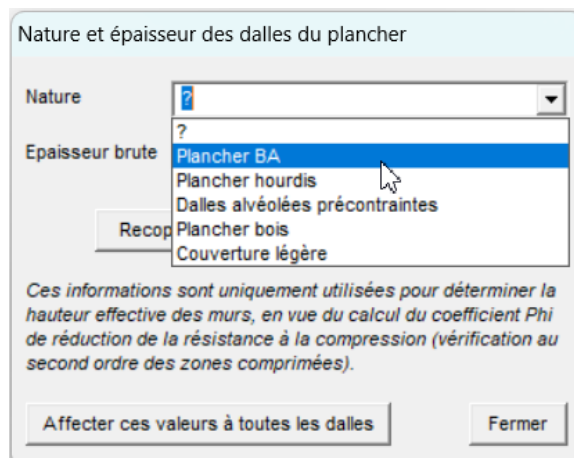
Dans la barre d'outils, choisissez la Tâche : dalles -> trémies (et vice versa)...

Cliquez ensuite sur les dalles à transformer en trémies.

Si vous cliquez sur une trémie, elle redeviendra une dalle...

A2.12. Affectation de la nature et de l'épaisseur des dalles

Pour affecter ces informations, lancez la commande correspondante par les listes déroulantes Cible et Tâche :



Ces deux informations permettent de déterminer de manière exacte la hauteur libre de chaque mur et, par conséquence, sa hauteur effective (ou efficace), nécessaire à un traitement ultérieur rigoureux des effets de second ordre des zones comprimées, lors de la vérification des murs.

A2.13. Affectation des charges aux dalles et bords de dalles

Charges permanentes et charges d'exploitation surfaciques des dalles

Pour affecter les charges surfaciques à chaque dalle, lancez la commande correspondante par les listes déroulantes Cible et Tâche : dalles -> charges permanentes et d'exploitation...

Une boîte de dialogue apparaît, qui vous permet de saisir les valeurs à attribuer aux dalles.

Vous pouvez affecter ces valeurs, au choix, à toutes les dalles ou seulement à celles sur lesquelles vous cliquez.

Charges permanentes et charges d'exploitation des dalles

Cliquez sur les dalles pour leur affecter les valeurs ci-dessous :

G_k kN/m² Q_k kN/m² Ψ_2 Φ

G_k = POIDS DU PLANCHER PORTEUR + poids des revêtements de sol et des plafonds éventuels.

Ψ_2 est le coefficient de combinaison pour la valeur quasi-permanente de la charge d'exploitation Q (EC8-1, 3.2.4(2)P et 4.2.4(2)P).

Épicentre en déduira si nécessaire les valeurs de Ψ_0 et Ψ_1 .

Φ est le coefficient de corrélation associé à la charge d'exploitation Q pour la détermination des masses soumises à l'action sismique (EC8-1, 4.2.4(2)P).

Coefficients de combinaison Ψ et de corrélation Φ

Épicentre vous rappelle la signification des coefficients Ψ et Φ ainsi que les clauses des Eurocodes qui détaillent leurs rôles. Vous pouvez aussi afficher un scan des tableaux des Eurocodes donnant les valeurs de ces deux coefficients en fonction de la nature des charges Q .

Charges permanentes et d'exploitation linéaires des bords de dalles

Dans la barre d'outils, lancez la commande « limites de dalles -> affecter des charges linéaires... ».

Puis saisissez dans la boîte de dialogue les valeurs des charges à affecter avant de cliquer sur les bords de dalles concernés.

Charges linéaires G , N et Q (kN/ml)

G : N : Q : Ψ_2 Φ

Ψ_2 est le coefficient de combinaison pour la valeur quasi-permanente de la charge d'exploitation Q (EC8-1, 3.2.4(2)P et 4.2.4(2)P).

Épicentre en déduira si nécessaire les valeurs de Ψ_0 et Ψ_1 .

Φ est le coefficient de masse partielle associé à la charge d'exploitation Q pour la détermination des masses soumises à l'action sismique (EC8-1, 4.2.4(2)P).

A2.14. Mise en place du réseau de poutres associées au plancher

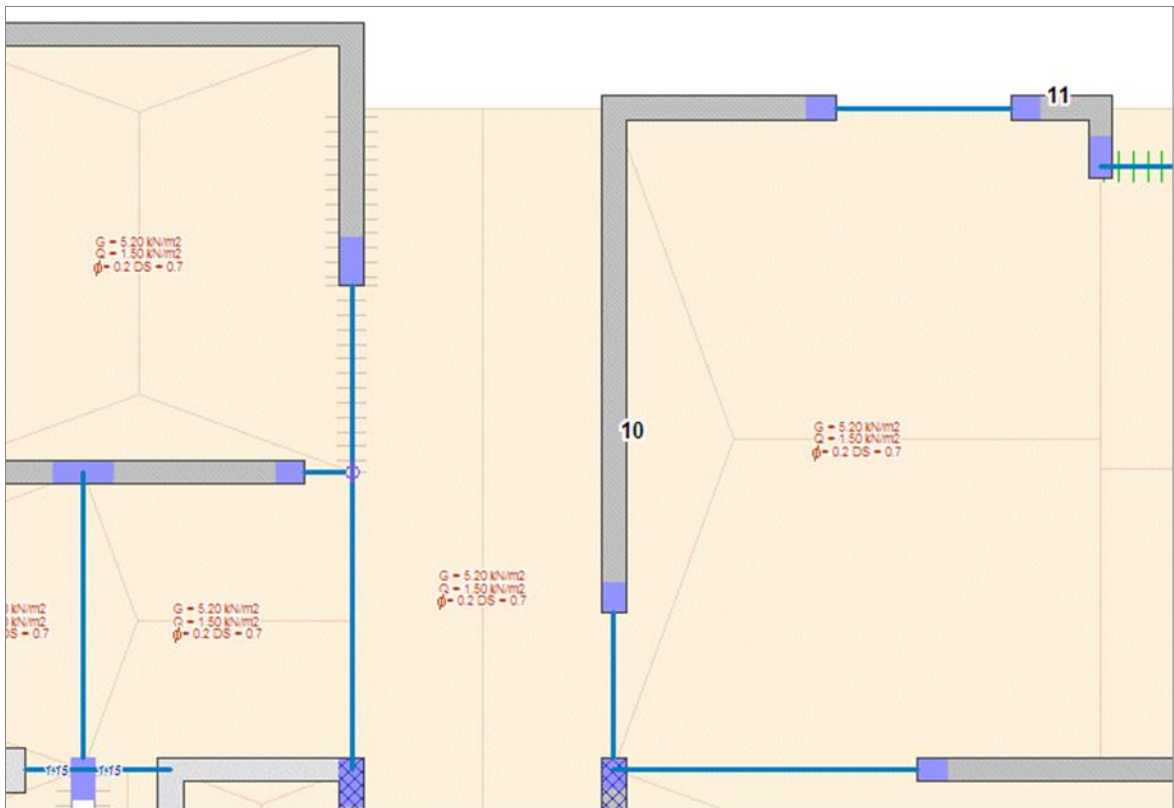
Génération automatique des poutres supports de bords de dalles

Épicentre crée lui-même les poutres nécessaires pour supporter les bords de dalles porteurs ou partiellement porteurs (bords de dalles déclarés comme non porteurs mais qui reçoivent malgré tout une part de charges issues des dalles du fait du choix des angles des lignes de rupture).

Les poutres nécessaires sont créées automatiquement par Épicentre à l'issue du premier découpage complet du plancher.

Ce réseau de poutres porteuses est ensuite automatiquement vérifié et éventuellement adapté après chaque modification de votre part portant sur les charges apportées par les dalles : modification des sens porteurs, des trémies, de l'ouverture des lignes de rupture des côtés non porteurs, des charges linéaires appliquées aux bords de dalles, etc.

La figure ci-dessous montre un exemple de réseau de poutres porteuses de dalles (traits épais bleu, représenté ci-dessous en gris foncé) :



Épicentre n'a pas prévu de poutre sous le petit côté non porteur situé en rive de plancher, en haut du dessin. Il la rajouterait automatiquement si ce côté non porteur était pourvu de lignes de rupture lui affectant une part de dalle.

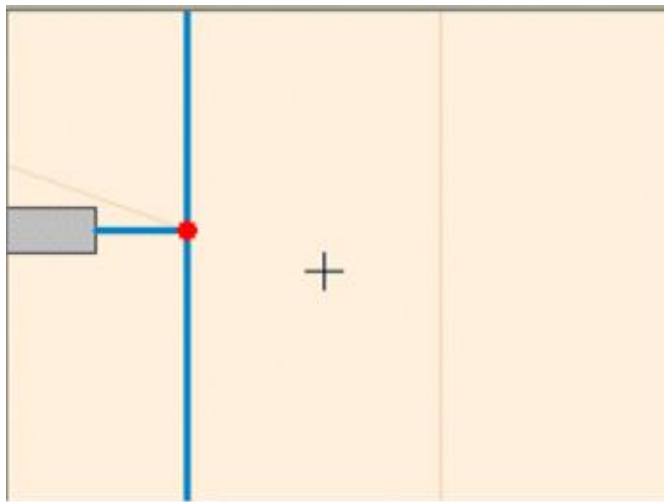
Poutres porteuses / poutres portées

Il peut arriver qu'une poutre repose à l'une de ses extrémités sur une autre poutre.

Épicentre matérialise par un cercle bleu le nœud de poutre correspondant à cette situation, en distinguant graphiquement, de manière très claire, la poutre porteuse et la ou les poutres portées : la poutre porteuse traverse le nœud, alors que la ou les poutres portées s'interrompent au bord du nœud (voir l'exemple à gauche de la figure ci-dessus et dans les schémas ci-dessous).

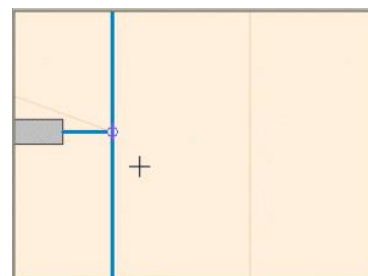
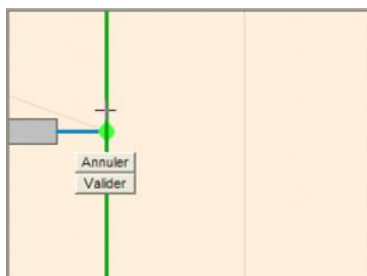
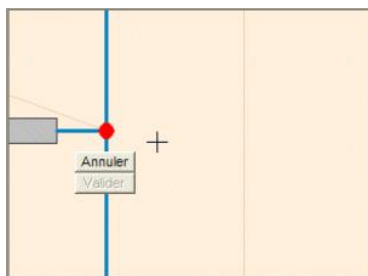
Saisie des nœuds

À l'issue du premier découpage complet, Épicentre repère lui-même les nœuds entre poutres et les signale par un rond rouge :



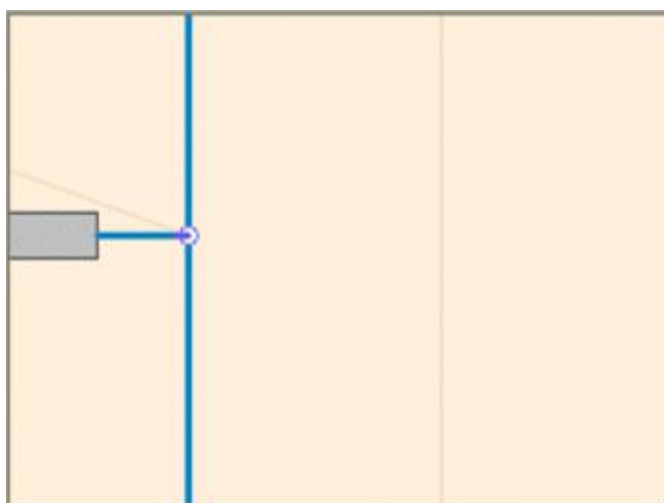
Il vous appartient d'indiquer vous-même la poutre porteuse et les poutres portées pour chacun de ces nœuds.

Activer la commande correspondante par les listes Cible et Tâche (nœuds de poutres -> poutres portées/porteuses...), puis cliquez successivement sur chaque nœud à renseigner : des boutons de contrôle de la saisie s'affichent près du nœud. Validez après avoir désigné la poutre porteuse (dessinée en vert).



Dans l'exemple ci-dessus, c'est la poutre de droite qui est désignée comme porteuse.

Si la poutre de gauche était décrite comme porteuse, Épicentre la considérerait ici comme étant en console (encastrée sur le mur de gauche) :

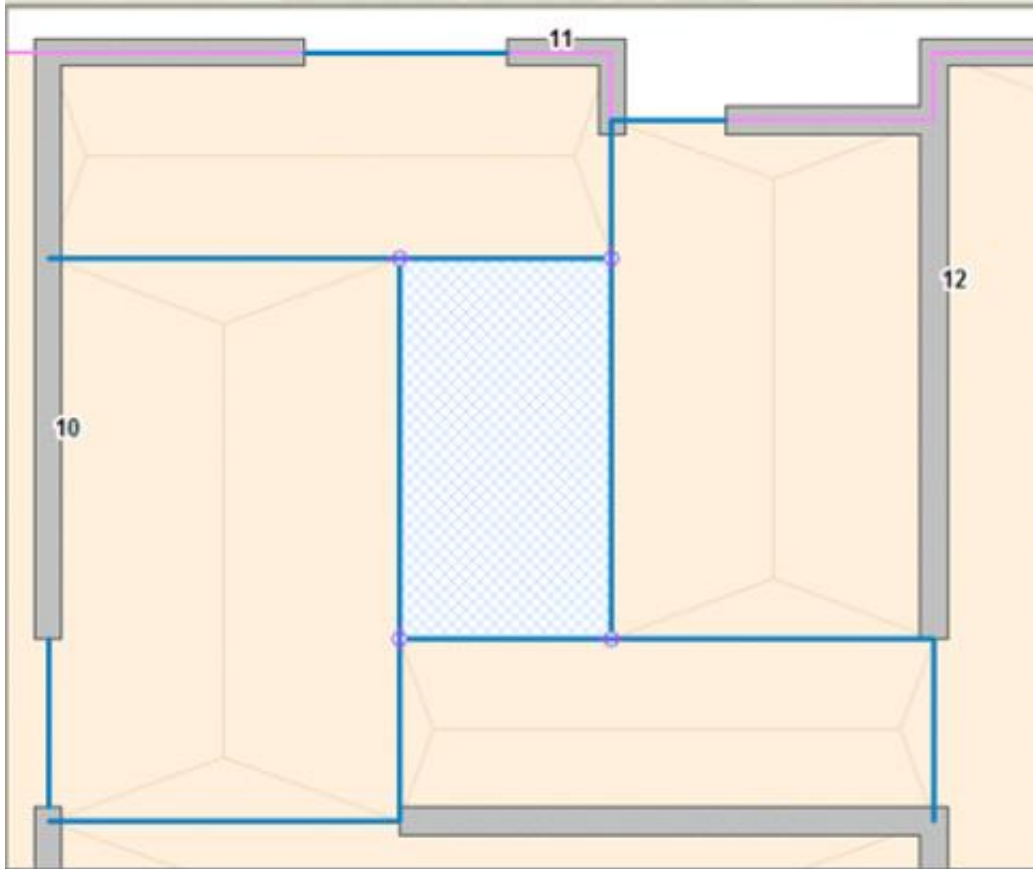


Configurations de poutres portées / porteuses autorisées

Épicentre accepte toutes les configurations :

- une poutre peut porter des poutres sur sa portée et être elle-même portée par d'autres poutres à ses extrémités (poutre à la fois porteuse et portée).
- des réseaux complexes de poutres peuvent donc être décrits, sans aucune limitation

Il est par exemple possible de décrire des configurations « tournantes » comme dans l'exemple ci-dessous :



A2.15. Majoration de certaines réactions d'appui

Calcul des réactions verticales des dalles et des poutres sur les éléments porteurs

Épicentre calcule les réactions d'appui des dalles et des poutres continues en considérant, dans un premier temps, chaque travée comme isostatique.

Majoration des réactions d'appui des poutres et des dalles continues (méthode forfaitaire)

Puis, comme le demandait l'article B6.2.11 du BAEL, Épicentre majore de 10% ou 15% les réactions verticales d'appui des premiers appuis intermédiaires des travées de dalles et de poutres continues :

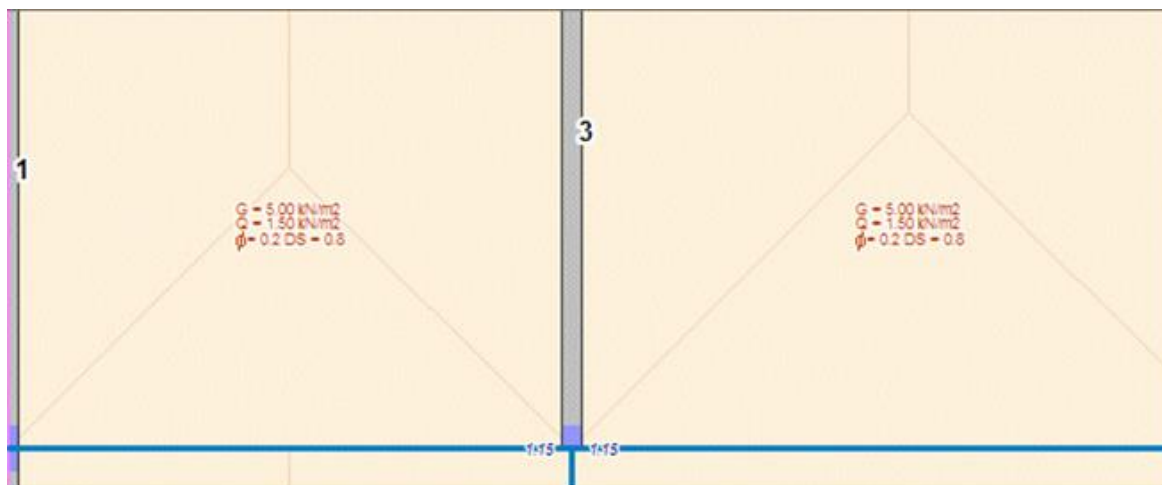
- majoration de 10% appliquée à chaque premier appui intermédiaire s'il y a plus de deux travées
- majoration de 15% appliquée à l'appui central s'il y a deux travées

Vous pouvez modifier les valeurs de ces coefficients de majoration en allant dans la commande « Paramètres de descente de charges... » du menu général de description du projet.

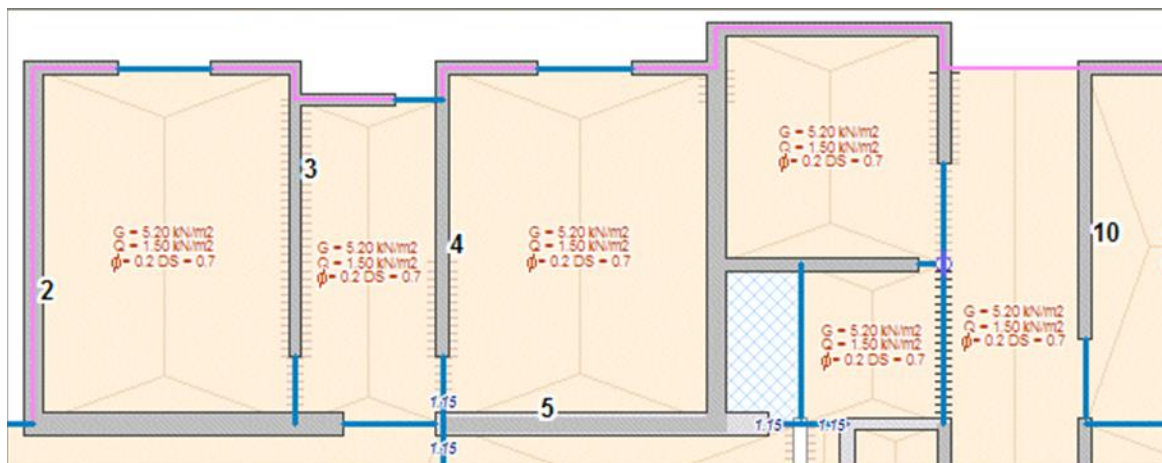
Affichage à l'écran des majorations de réactions d'appui appliquées

Épicentre présente de manière très lisible les majorations de réactions d'appui qu'il a appliquées.

Dans le cas des poutres continues, les coefficients de majoration appliqués (1,10 ou 1,15) sont écrits par Épicentre à proximité immédiate des appuis concernés :



Dans le cas des dalles continues, les coefficients de majoration des réactions d'appui sont symbolisés par des hachures courtes placées sur les zones d'appui concernées (hachures gris foncé pour le coefficient 1,15 et gris clair pour le coefficient 1,10) :



Dans la figure ci-dessus, les dalles comprises entre les murs 2 et 10 forment une dalle continue (interrompue à droite du mur 10 par suite du changement de sens de portée de la dalle située à l'extrême-droite). Mais la présence des décrochements de façade et de la trémie rendent complexe l'application de la règle d'affectation des coefficients de majoration de la méthode forfaitaire. Malgré cette complexité, Épicentre détermine automatiquement les lignes d'appui à majorer !

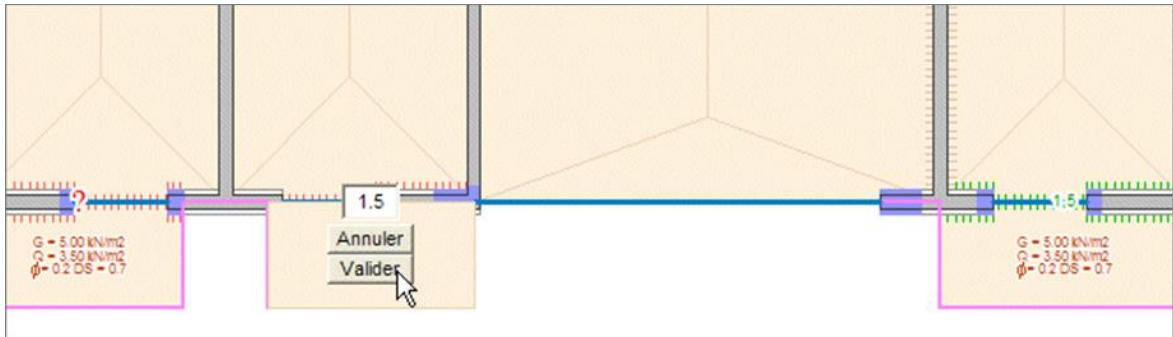
Majoration des réactions d'appui des dalles en encorbellement

Les réactions d'appui des dalles en encorbellement (balcons, certains paliers, etc.) sont aussi à majorer, mais la valeur du coefficient de majoration doit être déterminée par vous car elle dépend du bras de levier mis en œuvre.

Épicentre vous signale par des hachures courtes rouges et un point d'interrogation les bords d'appui des dalles en encorbellement.

Pour saisir les coefficients de majoration correspondants, activez la commande par les listes Cible et Tâche (dalles -> continuité des dalles en encorbellement...).

Lorsque vous aurez entré les coefficients, Épicentre passe les hachures en vert et écrit les valeurs saisies sur les bords de dalles concernés.



La figure ci-dessus montre les bords d'appui de trois dalles de balcon à trois stades différents de saisie (de gauche à droite : non renseigné, en cours de saisie, renseigné).

A2.16. Appuis des poutres, poteaux et murs en porte-à-faux sur les murs

Épicentre a besoin de savoir comment les poutres, les poteaux et les murs en porte-à-faux s'appuient sur les murs porteurs du plancher. En effet les contraintes locales d'appui dépendront directement de la surface de ces appuis.

En pratique, Épicentre se charge de déterminer lui-même une configuration d'appuis standards pour l'ensemble des emprises d'appui.

Dans certains cas, vous pourrez souhaitez modifier localement un appui standard appliqué par défaut par Épicentre : par exemple, en cas d'appui sur un point de jonction de plusieurs panneaux d'un mur porteur, il peut être utile de pouvoir intervenir sur la répartition de la réaction d'appui entre les différents panneaux du mur porteur.

Les paragraphes suivants indiquent comment procéder.

Modification des emprises d'appui des poutres

Épicentre pré-dimensionne les emprises d'appui des poutres sur les murs porteurs selon des règles qui font intervenir la portée de la poutre, l'épaisseur du mur d'appui et l'alignement de chaque panneau d'appui avec l'axe de la poutre : par exemple, une poutre de grande portée chargera plus un panneau porteur aligné avec elle qu'un panneau porteur perpendiculaire à son axe.

Les emprises d'appui des poutres sont colorisées en bleu clair.

Pour modifier des emprises d'appui de poutres, appelez la commande « appuis sur les murs -> modifier les appuis de poutres ... » :



Notons qu'Épicentre ne recherche pas les emprises d'appui des poutres **sur les murs en porte-à-faux** : dans ce cas, les réactions d'appui des poutres, considérées comme concentrées en leur point d'appui, sont prises en charge par les murs en porte-à-faux et sont véhiculées vers les porteurs verticaux selon les mêmes algorithmes que les charges apportées localement sur ces mêmes murs en porte-à-faux par les dalles (en fait, les appuis des poutres sur les murs en porte-à-faux sont traitées par Épicentre un peu comme des nœuds de poutres)

Modification des emprises d'appui des poteaux

Épicentre pré-dimensionne les emprises d'appui des poteaux sur les murs porteurs selon des règles qui font intervenir la valeur de la section du poteau ainsi que la disposition des panneaux porteurs concernés (les emprises d'appui des poteaux sont coloriées en bleu-ciel).

Pour modifier des emprises d'appui de poteaux, appelez la commande « appuis sur les murs -> modifier les appuis de poteaux... ».

Son fonctionnement est identique à la commande relative aux appuis de poutres.

Modification des emprises d'appui des murs en porte-à-faux

Épicentre pré-dimensionne les emprises d'appui des murs en porte-à-faux sur les murs porteurs selon des règles qui font intervenir la géométrie et les dimensions du mur en porte-à-faux ainsi que la disposition des panneaux porteurs concernés (les emprises d'appui des murs en porte-à-faux sont repérées par des hachures bleues en diagonale).

Si un mur en porte-à-faux s'appuie en un point où se rassemblent plusieurs panneaux porteurs, la dimension des différentes emprises de l'appui sur ces panneaux porteurs conditionnera la répartition de la réaction d'appui dans ces panneaux porteurs, ce qui peut avoir une influence sur les résultats de la descente de charges.

Pour modifier des emprises d'appuis de murs en porte-à-faux, appelez la commande « appuis sur les murs -> modifier les appuis des murs en porte-à-faux... ».

Son fonctionnement est identique à la commande relative aux appuis de poutres.

A2.17. Description des murs portés et des murs suspendus

Murs ou poteaux portés, murs suspendus (rappel de l'article A2.2)

Un **mur ou un poteau porté** (à un certain niveau de plancher) est un mur ou un poteau qui n'a pas de porteurs verticaux directs (murs ou poteaux) à ce niveau et qui est porté en fait par des poutres ou par la dalle de plancher qui reportent les charges verticales de ce mur vers des murs voisins.

Un **mur suspendu** est un mur porté un peu particulier : les charges verticales sont « remontées » sur une ou plusieurs hauteurs d'étages vers un niveau de plancher où elles sont reportées vers les murs voisins (le mur suspendu est donc « porté » à ce niveau de plancher).

Tant que vous n'avez pas indiqué à Épicentre comment sont portés les murs ou poteaux portés et les murs suspendus, Épicentre considère ces éléments porteurs comme « sans supports ».

Épicentre détecte les murs et les poteaux sans supports

Lorsque vous entamez la description des planchers, Épicentre vous signale les murs et les poteaux sans supports, c'est à dire les murs ou les poteaux non fondés qui ne sont pas portés directement par d'autres porteurs verticaux :

- leur section est hachurée en rouge (à tous les niveaux où ces murs ou poteaux apparaissent avec des sections non nulles)
- le message « Attention : les murs ou les poteaux repérés en rouge n'ont pas de support ! » vous alerte en haut à gauche de l'écran

La présence de murs ou de poteaux sans supports est-elle bloquante pour le niveau ?

Épicentre considère par défaut que les murs ou poteaux sans supports doivent être « traités » (vous devez indiquer comment ils sont portés par les porteurs verticaux voisins). Par défaut, donc, un plancher ne pourra être « ok » s'il comporte un mur ou un poteau sans supports.

Mais cette règle peut être neutralisée grâce à la commande « Paramètres pour la description des planchers » du menu Description du projet.

Dans la boîte de dialogue correspondante, il suffit de cocher la case « les murs ou les poteaux non portés sont tolérés (mais ils sont signalés) ». La boîte de dialogue précise qu'alors, *si la case est cochée, un plancher pourra être « ok » même s'il comporte des murs ou des poteaux non portés (cela peut être utile en avant-projet pour gagner du temps de saisie sur des éléments n'ayant qu'un rôle secondaire).*

Description des éléments porteurs d'un mur porté

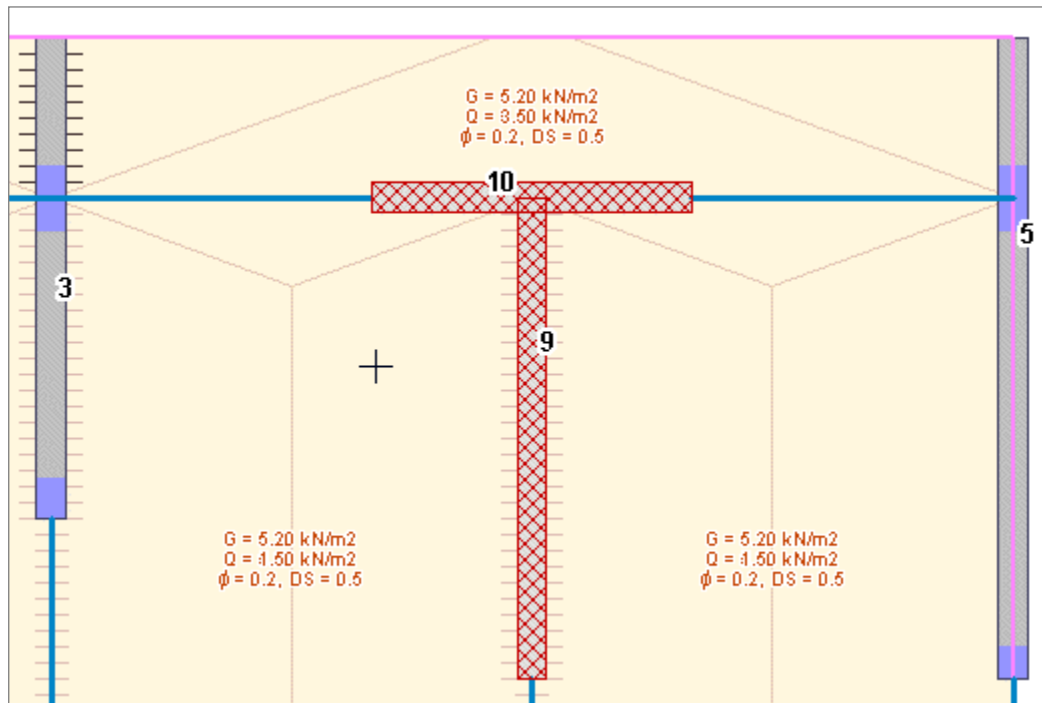
Il vous faut indiquer à Épicentre comment les charges de descente de charges de la base du mur sont reportées vers les murs voisins.

Pour ce faire, vous ne décrivez pas les éventuelles poutres porteuses ni les éventuelles zones de plancher porteuses. Vous indiquerez simplement quelles sont les zones d'appui mobilisées par les transferts de charges.

Prenons un exemple concret :

Les murs 9 et 10 (il se trouve qu'ils n'ont pas été reliés entre eux lors de la saisie) sont portés à cet étage par les murs voisins 3 et 5.

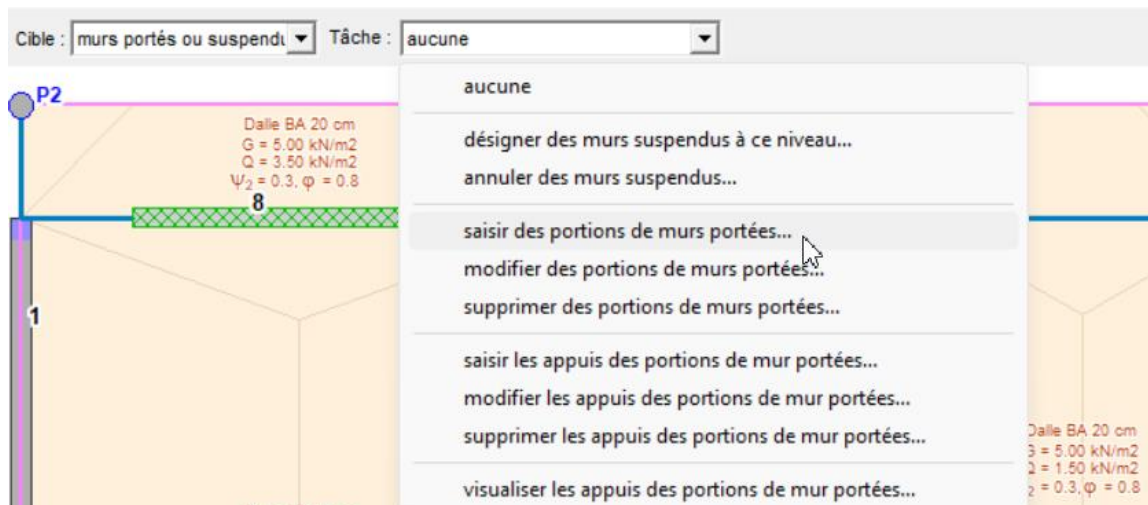
En début de saisie, Épicentre signale par des croisillons rouges que ces deux murs sont « sans supports » (un message non visible sur la figure ci-dessous le précise aussi en haut de l'écran)



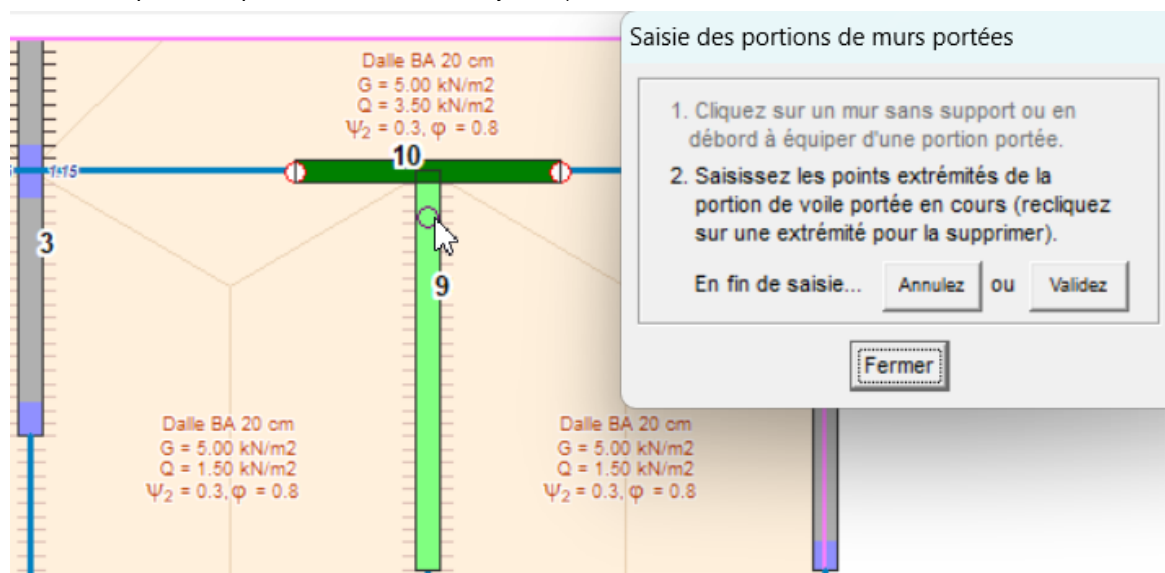
En pratique, les murs 9 et 10 n'en font qu'un (c'est l'utilisateur qui a choisi de les séparer) et ils sont portés par deux groupes de poutres qui s'appuient sur les murs voisins V3 et V5 :

- le premier groupe de poutres supporte la partie supérieure de la section (dans l'axe du mur 10)
- le second groupe de poutres supporte la partie inférieure de la section (partie basse du mur 9)

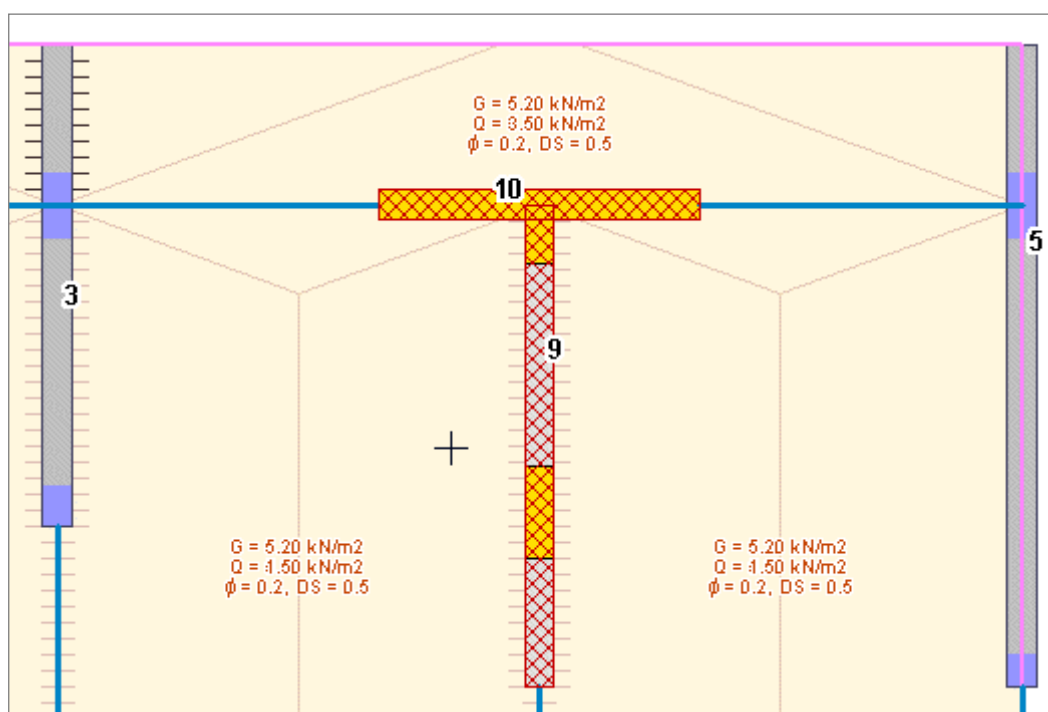
La première chose à faire est d'indiquer ces deux portions de la section V9-V10 qui sont directement portées par les poutres. C'est le rôle de la commande « saisir des portions de murs portées... » :



On saisit la première portion de mur portée (notez qu'Épicentre considère comme une section unique une section composée de plusieurs murs distincts jointifs) :



Puis la seconde :

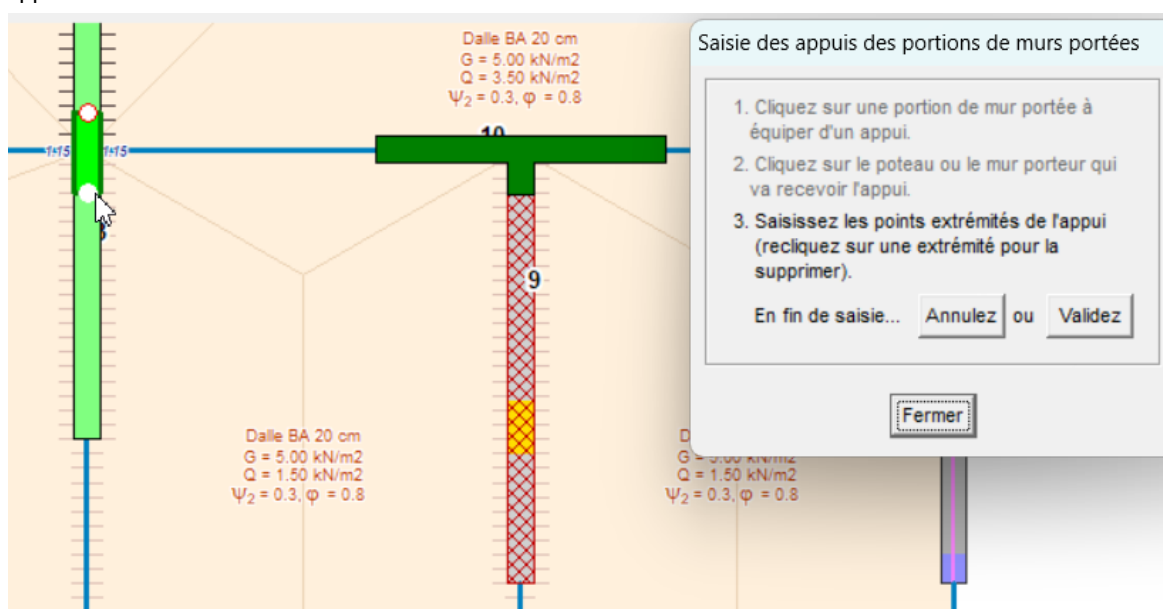


Les deux portions de mur portées saisies sont coloriées en jaune vif.

Pour le moment, la section V9-V10 est encore hachurée en rouge (car elle est toujours « sans supports »).

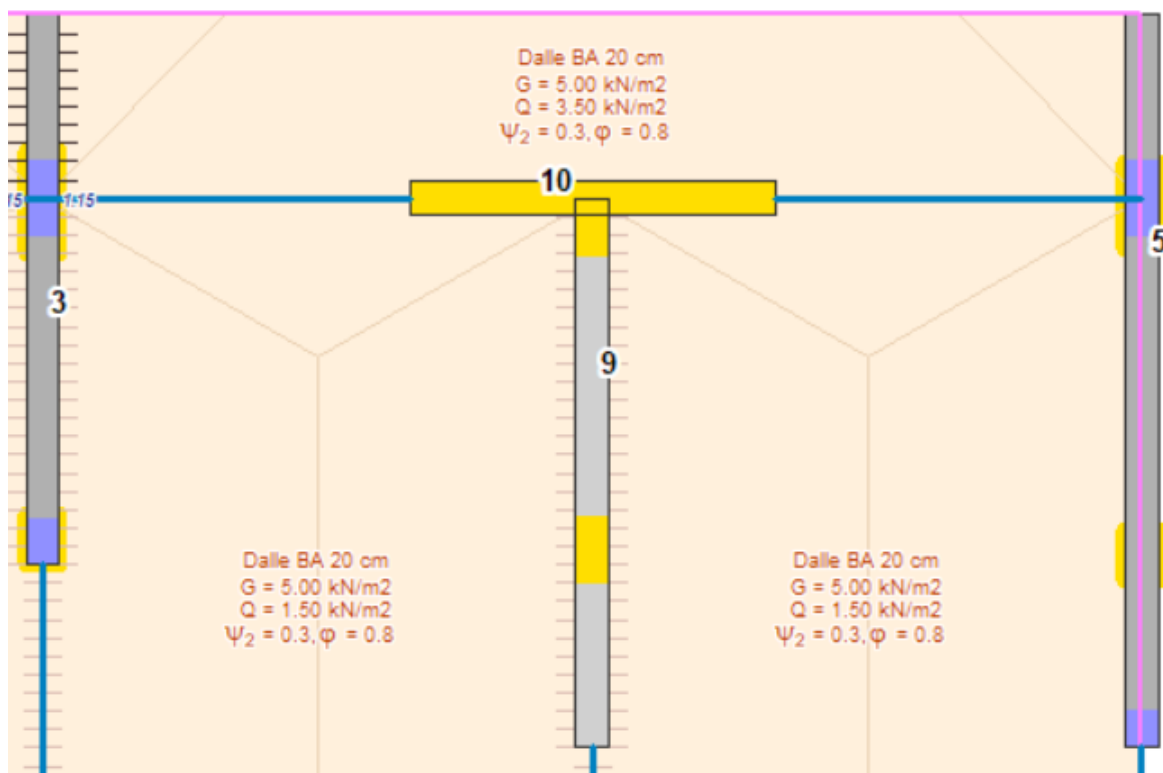
La deuxième étape consiste à saisir, pour chaque portion de mur portée, le ou les appuis sur les murs voisins (on utilise la commande « saisir les appuis des portions de murs portées... »).

Dans la figure ci-dessous, on s'intéresse à la portion de mur portée supérieure (axée sur V10) et on saisit son appui sur le mur 3 :



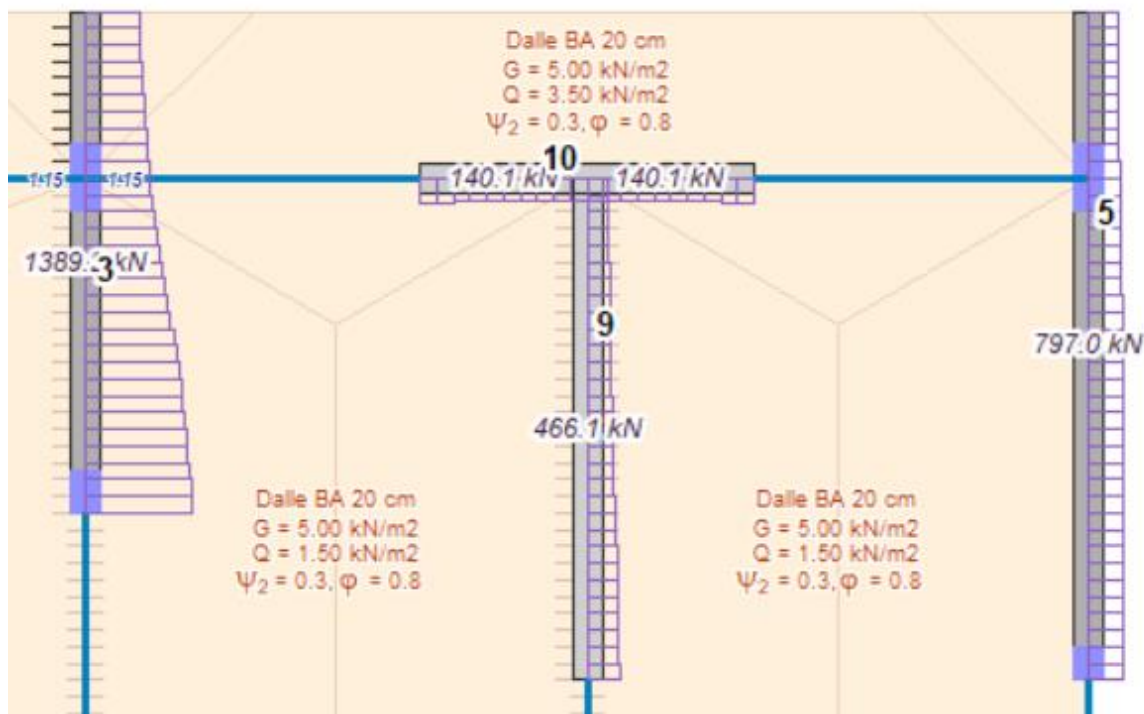
Dans la figure ci-dessous, les deux appuis de la portion de mur portée supérieure ont été saisis (un sur V3, un sur V5) et le second appui de la portion de mur portée inférieure est en cours de saisie.

Maintenant que ses appuis sont définis, la section du mur n'est plus quadrillée en rouge.

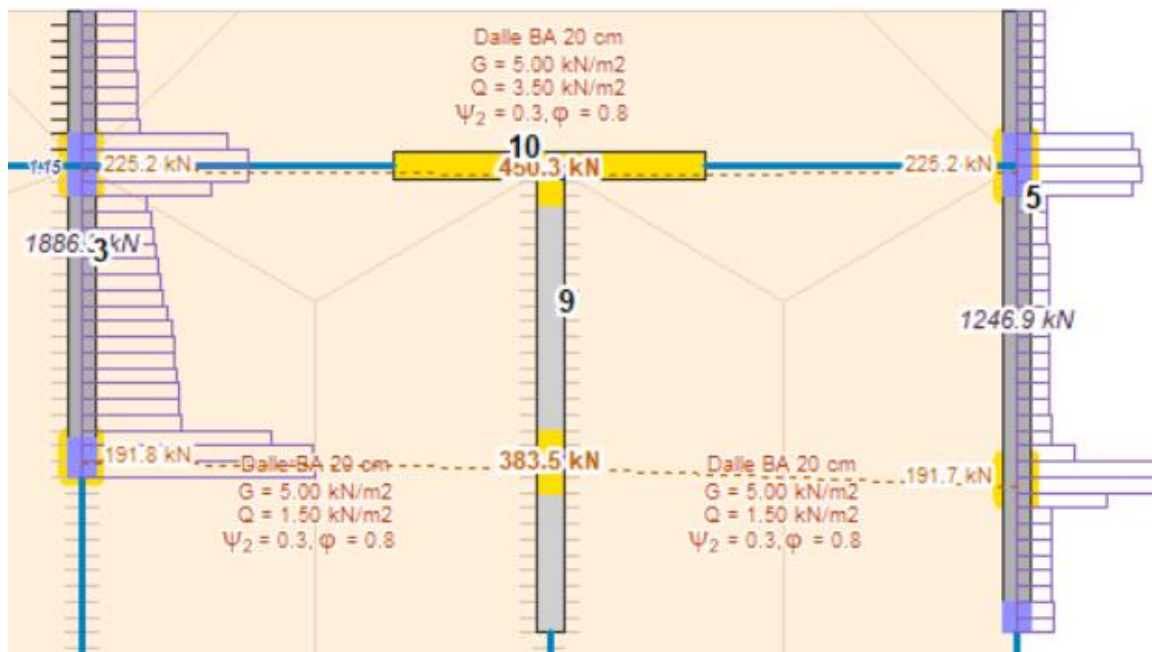


Déroulement de la descente de charges en cas de mur porté

La figure ci-dessous montre la répartition des efforts de descente de charges juste au-dessus du plancher :



Celle-ci montre la répartition des efforts de descente de charges juste au-dessous du plancher :



Les charges en pied du mur porté sont d'abord transférées vers les portions de mur portées inférieures et supérieures de la section (en jaune) puis vers les appuis sur les murs voisins (contours jaunes).

Épicentre écrit la valeur des charges au niveau des appuis de mur porté et sur appuis voisins, ce qui permet de vérifier la circulation des charges depuis le mur porté jusqu'à ses appuis.

Les sauts d'efforts au droit de ces appuis (charges issues du mur porté) sont nettement visibles dans les diagrammes de charges linéaires dans les section de mur.

Dans l'exemple ci-dessus, les murs portés 9 et 10 sont centrés par rapport aux murs d'appui et le système est isostatique (2 appuis par zone portée) : la répartition des charges est donc égale entre chaque file de murs d'appui. En cas de système d'appuis hyperstatique (plusieurs appuis), Épicentre considère ce système comme un système de sections d'appui indéformable et répartie les charges en tenant compte de la position géométrique de chaque appui et de sa surface. Vous pouvez donc agir sur la répartition effectuée par Épicentre en faisant varier les surfaces des appuis entre elles (surface d'appui accrue -> charge accrue).

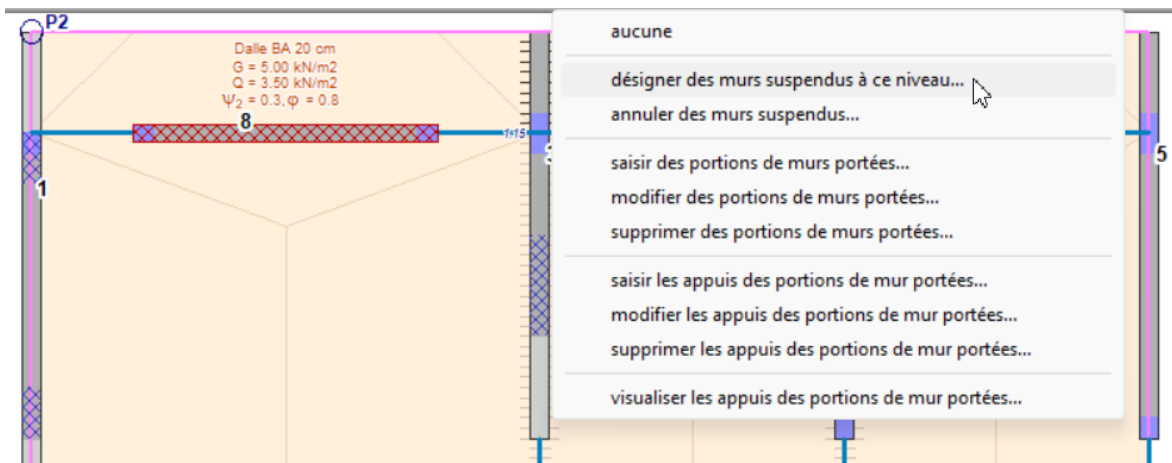
Description des murs suspendus

Le mode de saisie est très proche de celui des murs portés (les murs suspendus sont des murs portés un peu particuliers).

Considérons encore un exemple concret (figure ci-dessous).

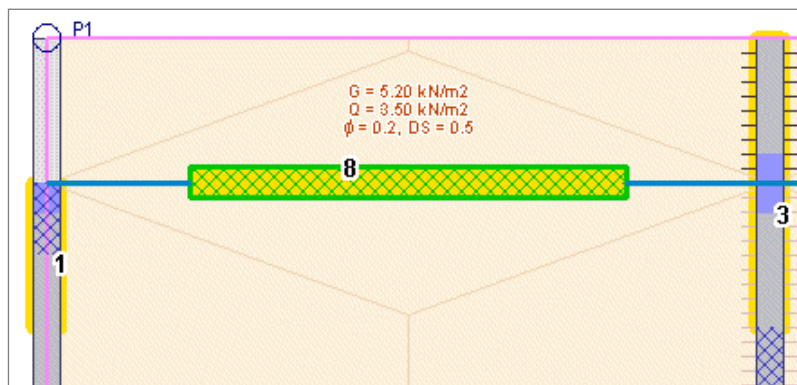
Le mur 8 est suspendu à cet étage. Il est porté par les deux murs voisins 1 et 3.

Puisqu'il est pour le moment sans supports, sa section est hachurée en rouge (ainsi que les sections non nulles de ce mur aux autres étages).

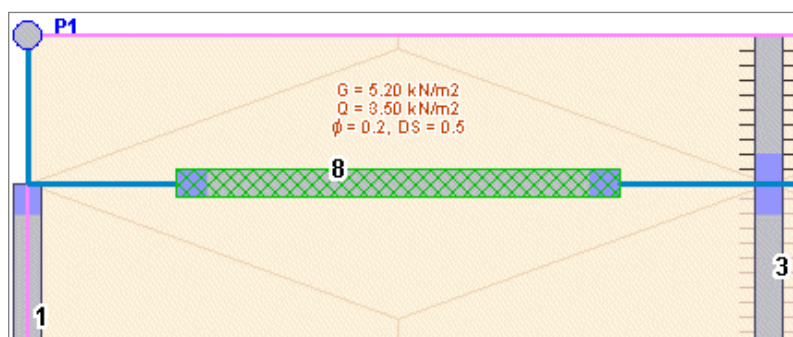


Il faut tout d'abord indiquer que le mur 8 est suspendu à cet étage, en utilisant la commande « désigner des murs suspendus à ce niveau... ».

Après ce préliminaire, le mur suspendu sera à traiter comme un mur porté : la figure ci-dessous montre le mur 8 équipé d'une zone de mur portée unique (coloriée en jaune : elle prend toute la section), elle-même associée à deux appuis sur les murs voisins 1 et 3.



Le mur suspendu, une fois muni de ses appuis, est quadrillé en vert. Le contour vert épais indique que le niveau de suspension est situé à cet étage.



Dans les étages inférieurs, les sections suspendues sont elles aussi quadrillées en vert, mais l'absence de contour vert épais indique que le niveau de suspension est situé à un étage supérieur.

A2.18. Validation des planchers avec des murs ou des poteaux sans supports

Mécanisme de validation des planchers avec des murs ou des poteaux sans supports

Lorsque vous entamez la description des planchers, Épicentre vous signale les murs et les poteaux sans supports, c'est à dire les murs non fondés qui ne sont pas portés directement par des poteaux ou par d'autres murs :

- leur section est hachurée en rouge (aux les niveaux où ces murs apparaissent avec des sections non nulles)
- le message « Attention : les murs et les poteaux repérés en rouge n'ont pas de support ! » vous alerte en haut à gauche de l'écran

Sauf si vous avez autorisé les murs et les poteaux sans support dans le menu Paramètres de la descente de charges, tous les planchers comportant des murs ou des poteaux sans supports ne pourront pas être « ok » tant que les appuis de ces murs ou poteaux n'auront pas été définis, aux étages où ils doivent l'être.

Dès que vous aurez décrit les appuis d'un mur ou 'un poteau sans supports, dans le niveau concerné, vous libérerez instantanément tous les autres niveaux, inférieurs ou supérieurs, qui étaient invalidés par ce mur ou ce poteau.

Ils deviendront donc « ok » (s'ils sont valides par ailleurs), sans autre intervention de votre part.

Inversement, si vous supprimez les appuis d'un mur ou d'un poteau porté ou d'un mur suspendu (par exemple pour les redécrire), ce mur ou ce poteau sera signalé comme « sans supports » aux étages où il est représenté et les planchers correspondants deviendront immédiatement invalides (ils ne seront pas « ok »).

Rappel sur la signification des quadrillages rouges ou verts des sections

Épicentre vous indique clairement le statut des sections des murs portés ou suspendus :

- les murs ou poteaux sans supports sont quadrillés en rouge à tous les étages où ils sont représentés.
- les murs ou les poteaux portés munis de leurs appuis ne sont plus quadrillés.
- les murs suspendus munis de leurs appuis sont quadrillés en vert aux étages suspendus. Le niveau de suspension est repéré par un contour vert épais.

A2.19. Murs portés ou suspendus : cas particuliers

Murs portés à la fois par d'autres murs et par des poutres ou des planchers

C'est le cas d'un mur qui à un étage déborde par rapport à sa section inférieure (mur en débord, en encorbellement, en console, poutres murs) et dont cette partie en débord s'appuie ponctuellement sur une poutre. Épicentre vous permet d'équiper de portions de murs portées (elles-mêmes appuyées sur des murs voisins) toute partie de mur en débord par rapport à sa section inférieure.

Murs suspendus s'appuyant directement sur des murs supports

Un mur suspendu peut très bien prendre appui directement sur les murs voisins sans avoir besoin d'être porté par des poutres ou des portions de plancher (sa section s'étend au niveau de suspension et vient s'appuyer sur un ou plusieurs murs voisins).

Épicentre reconnaît seul ce type de configuration et quadrille directement en vert les sections suspendues du mur considéré (en vert et non en rouge, puisque le mur est « naturellement » suspendu, sans qu'il soit nécessaire de décrire d'appuis complémentaires).

A2.20. Murs portés ou suspendus et calcul de contreventement

Murs portés et calcul de contreventement

La description des appuis des murs portés vue dans le paragraphe précédent ne concerne que les aspects descente de charges. Ces appuis n'interviennent pas dans le calcul de contreventement (calcul élastique du bâtiment, sous les sollicitations extérieures de vent ou de séisme).

Si vous souhaitez que les poutres ou les dalles de plancher supportant un mur porté soient pris en compte dans le calcul de contreventement, il faut les décrire comme des « linteaux » (voir la description des linteaux dans le module de Description des porteurs verticaux et les linteaux).

Murs suspendus et calcul de contreventement

Épicentre ne tient pas compte des éventuelles parties de murs suspendues lors du calcul de contreventement du bâtiment.

En effet, ces parties de murs majoritairement tendues travaillent très mal en flexion : elles seront donc a priori uniquement ferrillées pour remonter les charges mais pas pour résister au vent ou aux séismes.

Par conséquent, **Épicentre ne calculera pas du tout les éléments de ferrailage des section de mur suspendues : il vous appartient de la faire, pour remonter les charges suspendues**

A2.21. Régénérer tous les planchers du projet (Maj + Ctrl + G)

Il peut arriver que vous soyez obligés de régénérer tous les planchers de votre projet.

Cela peut se produire par exemple après une modification des porteurs verticaux du projet : dans ce cas, Épicentre désactive tous les planchers et impose leur régénération, pour prendre en compte les modifications intervenues.

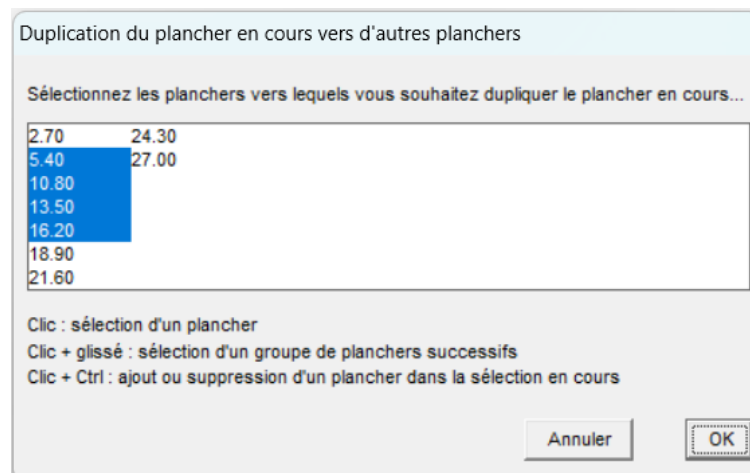
Au lieu d'afficher successivement chacun de ces planchers et de les régénérer les uns après les autres en utilisant le raccourci-clavier Ctrl + G, vous pouvez demander à Épicentre de régénérer automatiquement tous les planchers qui doivent l'être : pour cela, utilisez le raccourci Maj + Ctrl + G.

A2.22. Duplication d'un plancher vers d'autres planchers

Dupliquer un plancher

Lancez la commande par les listes Cible et Tâche : traitements globaux-> dupliquer vers d'autres étages...

Épicentre vous permet de désigner les niveaux vers lesquels le plancher en cours sera dupliqué :



Vous pouvez dupliquer un plancher même s'il n'est pas complètement décrit (découpage incomplet, charges non saisies, poutres portées / porteuses non précisées, etc.) : ce sont les éléments descriptifs du plancher en cours **disponibles au moment de la duplication** qui sont recopiés dans le ou les planchers destinations.

Les éléments de description des planchers destinations qui existaient avant la duplication sont supprimés et remplacés par les éléments dupliqués.

Après la duplication, vous devrez régénérer tous les planchers qui viennent d'être copiés (utilisez le raccourci Maj + Ctrl + G).

A2.23. Enregistrement des planchers, changement de niveau d'étage

Enregistrement des modifications

Épicentre vous prévient dans la barre de titre lorsque le projet a été modifié depuis le dernier enregistrement (mention « projet modifié »).

Pour enregistrer le projet, il vous suffit de cliquer sur le bouton « disquette » de la barre d'outils (raccourci clavier : Ctrl + S).

Comme d'habitude dans Épicentre, vous pouvez enregistrer le projet même si les planchers ne sont pas terminés (découpages incomplets, charges non saisies, etc.).

Changement de niveau d'étage

Vous pouvez passer librement d'un étage à l'autre, sauf si une commande est en cours (dans ce cas Épicentre vous envoie un message d'alerte).

Pour changer d'étage, utilisez le menu Niveaux ou les boutons Flèche vers le haut ou Flèche vers le bas du clavier.

Information sur la validité des planchers

Un plancher est dit valide lorsqu'il comporte un contour de plancher, un découpage de dalles complet, des dalles entièrement déterminées (y compris la continuité des encorbellements éventuels), pas de poteaux isolés et des nœuds de poutres renseignés (poutres portées / porteuses définies).

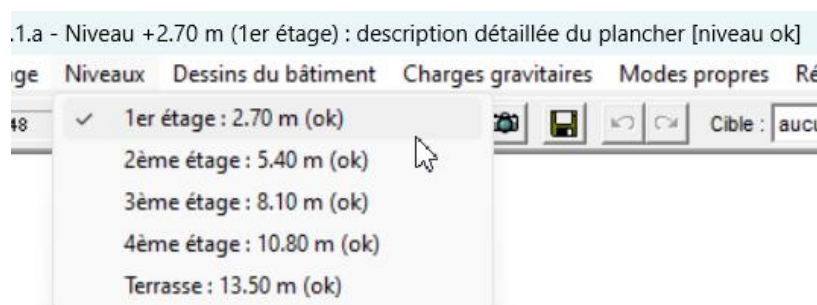
Cela ne veut pas dire que la saisie de ce plancher est terminée pour vous et qu'il n'y a plus rien à contrôler ou à modifier...

Cela signifie simplement que le plancher ne comporte plus aucune indétermination ou incohérence, ce qui est une information intéressante car cela vous évite de faire vous-même ce contrôle.

Épicentre vous apporte cette information de manière claire et directement accessible :

- dans le menu Niveaux, les planchers valides sont repérés par la mention (ok)
- dans la barre de titre du plancher en cours, la mention [niveau ok] est présente si le plancher est valide










L'exemple ci-dessous illustre ces deux dispositifs :











A2.24. Légende graphique du module « description détaillée des planchers »

Vous pouvez afficher cette légende en utilisant le bouton dédié de la barre d'outils.

La plupart des graphismes présentés dans cette légende sont réutilisés dans les modules graphiques de présentation des résultats des traitements d'Épicentre.

Contour de plancher et éléments de construction		
	Contour de plancher	Saisi par l'utilisateur
	Limite de dalle imposée	Les limites de dalles imposées et les neutralisations de voiles en épi sont saisies par l'utilisateur pour guider le découpage du plancher par Épicentre
	Neutralisation d'une portion courte de voile en épi	
Dalles élémentaires du plancher		
	Dalle valide	Générées par Épicentre à partir des porteurs verticaux et des éléments de construction saisis par l'utilisateur pour guider le logiciel (voir ci-dessus). Les lignes de rupture internes montrent les côtés porteurs et non-porteurs
	Trémie	Définies par l'utilisateur
	Dalle invalide	Message d'erreur de 4 côtés,
Majoration des réactions d'appui		
	Appui central des dalles	
	Appuis latéraux des dalles	
	Appui de dalle en encorbellement	

Poutres porteuses du plancher		
	Poutre porteuse de plancher	Générées automatiquement par le logiciel, là où elles sont nécessaires
	Nœud de poutres porteuses	Renseignés par l'utilisateur (dans le schéma ci-contre, la poutre horizontale est porteuse)
Voiles portés ou suspendus		
	Section de voile non portée	Ce voile est non fondé et n'a pas d'appuis directs sur des voiles ou des poteaux. Cette situation est invalide : l'utilisateur devra porter ce voile à un niveau donné, pour le transformer en voile porté ou suspendu.
	Portion de voile portée	Quand un voile est porté à un niveau donné, l'utilisateur indique si la section est portée en bloc (toute la section est décrite comme une seule portion de voile portée) ou en plusieurs points distincts (plusieurs portions de voiles portées : par exemple, une à chaque extrémité du voile)
	Appui de portion de voile portée	A chaque portion de voile portée, l'utilisateur associe un ou des appuis sur les voiles voisins
	Section de voile suspendue	Les sections de voiles suspendues sont automatiquement désactivées pour le calcul de contreventement.
Appuis sur les voiles		
	Appui d'une poutre porteuse	Les emprises de ces appuis sont déterminées automatiquement par Épicentre en fonction du contexte. Elles peuvent être modifiées par l'utilisateur.
	Appui d'un voile en porte-à-faux	Ces emprises servent à répartir les réactions d'appui sur les voiles d'appui.

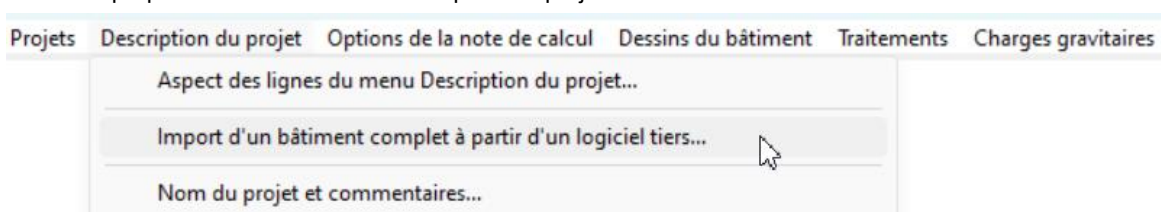
ANNEXE 3 : IMPORT D'UN BÂTIMENT À PARTIR D'ARCHE OSSATURE

Cette annexe présente les **deux outils** proposés par Épicentre pour importer un bâtiment modélisé avec le logiciel Arche Ossature de la société Graitec : import d'un **bâtiment complet** et import d'un **étage seul**.

A3.1. Import d'un bâtiment complet modélisé avec le logiciel Arche Ossature de la société Graitec

Où se trouve l'outil ?

L'outil est proposé en tête du menu Description du projet :



La ligne du menu proposant cette fonctionnalité n'est activée que si le projet est vide (on ne peut importer un bâtiment externe dans un projet non vide).

Appel du fichier Arche Ossature

La ligne du menu appelle une feuille de saisie qui vous demande d'indiquer le chemin du fichier arche Ossature à importer (format ST1). Le fichier est parcouru en quelques secondes et Épicentre remplit la feuille de saisie ci-dessous qui affiche les caractéristiques principales du modèle Arche Ossature :

The image shows a dialog box titled 'Importation d'un bâtiment complet à partir d'un fichier Arche Ossature'. It contains several sections: 'Informations sur le projet à importer' with fields for 'Chemin du fichier' (D:\Epicentre (dvpt)\Import depuis Arche Ossature\ARCHE envoi de 2020-12-10\ARCHE\SIBOUR BAT C\BLOC1.ST1), 'Liste des niveaux' (Fondations (0.00 m)), and 'Liste des matériaux' (BETON, 25.00 kN/m3, fck = 25); 'Éléments à importer' with checkboxes for '689 murs', '21 poteaux', and '120 dalles'; and 'Post-traitements éventuels' with checkboxes for 'Réduction du nombre de numéros de murs en appui', 'Renumérotation des murs en fonction de leur position', and 'Recentrage du bâtiment sur l'axe des Z du repère'. A pop-up window titled 'Vérification du fichier d'import' is overlaid on the dialog, displaying the 'Composition du bâtiment complet' with the following data: - nombre de matériaux : 1, - nombre de hauteurs d'étage : 6, - nombre de murs : 689, - nombre de poteaux : 21, - nombre de poutres : 237, - nombre de dalles : 120. The dialog box has 'Importer le bâtiment' and 'Annuler' buttons at the bottom right.

Si le modèle Arche Ossature est positionné en plan à proximité de l'origine du repère général, Épicentre vous propose de procéder au recentrage du bâtiment :

Importation d'un bâtiment complet à partir d'un fichier Arche Ossature

Informations sur le projet à importer

Chemin du fichier : D:\Epicentre (dvpt)\Import depuis Arche Ossature\ARCHE envoi de 2020-12-10\ARCHE\SIBOUR BAT C\BLOC1.ST1

Liste des niveaux : Fondations (0.00 m)

Liste des matériaux : BETON, 25.00 kN/m3, fck = 25 MPa, E = 20000 MPa

Éléments à importer

☒ 689 murs

Attention : dans Arche Ossature, un étage comprend les murs et les poteaux de la hauteur de l'étage + les poutres et les dalles du PLANCHER HAUT. Dans Épicentre, un étage comprend les murs et les poteaux de la hauteur de l'étage + les poutres et les dalles du PLANCHER BAS. Bien entendu, la procédure d'import tiendra compte de cette particularité.

Post-traitements éventuels

☒ Réduction du nombre de numéros de murs en appliquant une logique de continuité verticale (un mur garde son numéro sur toute sa hauteur)

☒ Renumerotation des murs en fonction de leur position dans le bâtiment (de la gauche vers la droite et du bas du bâtiment vers le sommet)

☒ Recentrage du bâtiment sur l'axe des Z du repère général (des calculs menés avec des X et des Y très grands risquent d'être imprécis)

Les 3 post-traitements proposés sont également accessibles dans le module Description des porteurs verticaux (cible : les murs ou le bâtiment).

Recentrage du bâtiment

L'emprise en X et en Y de ce bâtiment n'englobe pas le point (0, 0), origine du repère général. Or, avec Épicentre, il est vivement conseillé de modéliser les bâtiments en plaçant l'origine (0, 0) du repère à l'intérieur de leur emprise.

En effet, les déplacements d'ensemble du bâtiment proposés par la note de calcul sont calculés au droit de l'axe des Z et perdent toute signification si le point (0, 0) n'est pas situé à l'intérieur du bâtiment.

Il vous est donc demandé d'accepter le recentrage du présent bâtiment sur l'origine du repère général.

OK

Importer le bâtiment Annuler

Paramétrage du traitement d'import

Les listes déroulantes du premier cadre vous permettent de consulter la liste des étages et la liste des matériaux du modèle Arche Ossature à importer :

Importation d'un bâtiment complet à partir d'un fichier Arche Ossature

Informations sur le projet à importer

Chemin du fichier : D:\Epicentre (dvpt)\Import depuis Arche Ossature\ARCHE envoi de 2020-12-10\ARCHE\SIBOUR BAT C\BLOC1.ST1

Liste des niveaux : Fondations (0.00 m)

Liste des matériaux : BETON, 25.00 kN/m3, fck = 25 MPa, E = 20000 MPa

Éléments à importer

☒ 689 murs ☒ 21 poteaux ☒ 237 poutres ☒ 120 dalles

Attention : dans Arche Ossature, un étage comprend les murs et les poteaux de la hauteur de l'étage + les poutres et les dalles du PLANCHER HAUT. Dans Épicentre, un étage comprend les murs et les poteaux de la hauteur de l'étage + les poutres et les dalles du PLANCHER BAS. Bien entendu, la procédure d'import tiendra compte de cette particularité.

Post-traitements éventuels

☒ Réduction du nombre de numéros de murs en appliquant une logique de continuité verticale (un mur garde son numéro sur toute sa hauteur)

☒ Renumerotation des murs en fonction de leur position dans le bâtiment (de la gauche vers la droite et du bas du bâtiment vers le sommet)

☒ Recentrage du bâtiment sur l'axe des Z du repère général (des calculs menés avec des X et des Y très grands risquent d'être imprécis)

Les 3 post-traitements proposés sont également accessibles dans le module Description des porteurs verticaux (cible : les murs ou le bâtiment).

Importer le bâtiment Annuler

Les cases à cocher des cadres suivants vous permettent de choisir quels éléments de structure vous souhaitez importer et quels post-traitements vous souhaitez appliquer.

Les 3 post-traitements suivants sont proposés :

- Réduction du nombre de numéros de murs en appliquant une logique de continuité verticale (un mur garde son numéro sur toute sa hauteur).
- Renumérotation des murs en fonction de leur position dans le bâtiment (de la gauche vers la droite et du bas du bâtiment vers le sommet).
- Recentrage du bâtiment sur l'axe des Z du repère général (des calculs menés avec des X et des Y très grands risquent d'être imprécis).

A priori, ils sont tous utiles pour obtenir un modèle importé lisible et optimisé (la taille des matrices des calculs de contreventement augmente avec le nombre de murs).

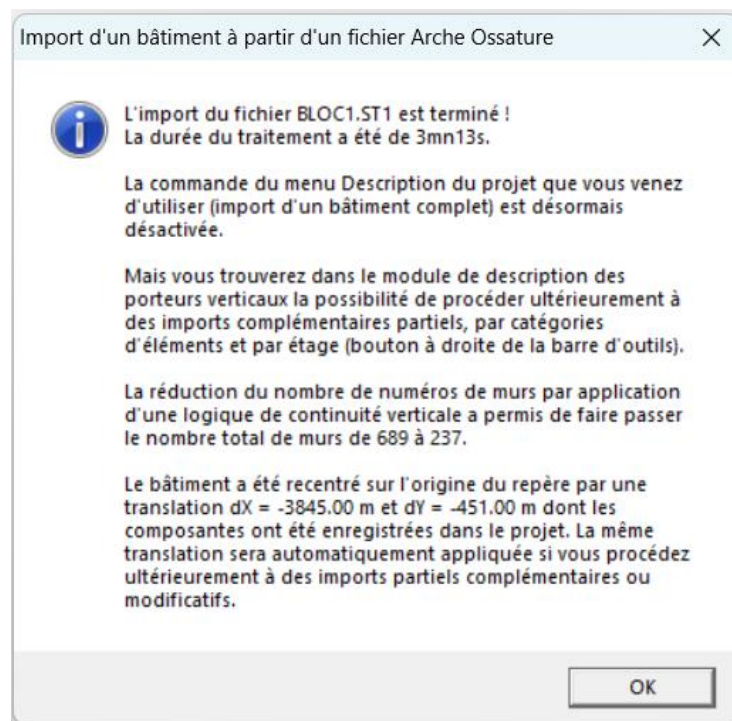
Exécution de l'import

Au démarrage du traitement, Épicentre vous demande de donner un nom au projet importé (c'est ce nom qui apparaîtra dans les notes de calcul ultérieures) puis de procéder à son enregistrement sur votre disque dur.

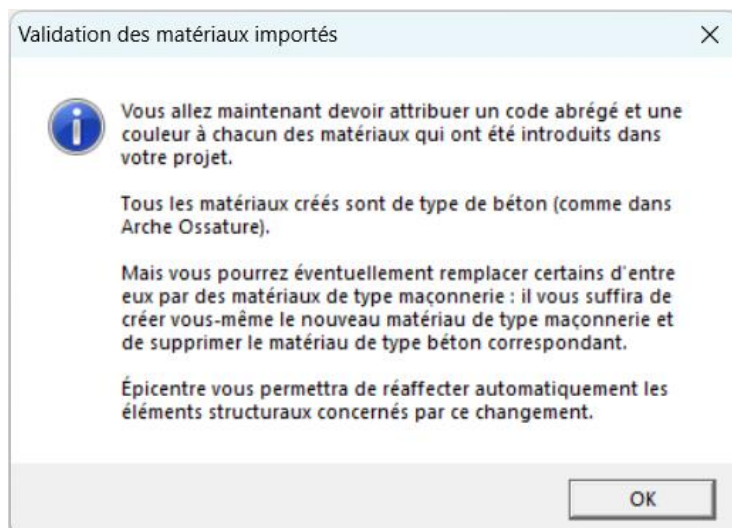
Épicentre lance ensuite les étapes successives du traitement, dont l'avancement est matérialisé par une fenêtre de progression :

- Calcul des caractéristiques et organisation des sections de murs
- Recherche des zones d'appui entre murs et calcul de leurs caractéristiques
- Si vous l'avez demandé, réduction du nombre de numéros de murs (logique de continuité verticale)
- Si vous l'avez demandé, renumérotation des murs en fonction de leur position dans le bâtiment
- Recherche des collisions éventuelles entre murs
- Recherche des sections de murs suspendues ou non portées
- Vérification des extrémités des poteaux

Lorsque l'import est terminé, Épicentre affiche un message d'information relatif au traitement effectué :



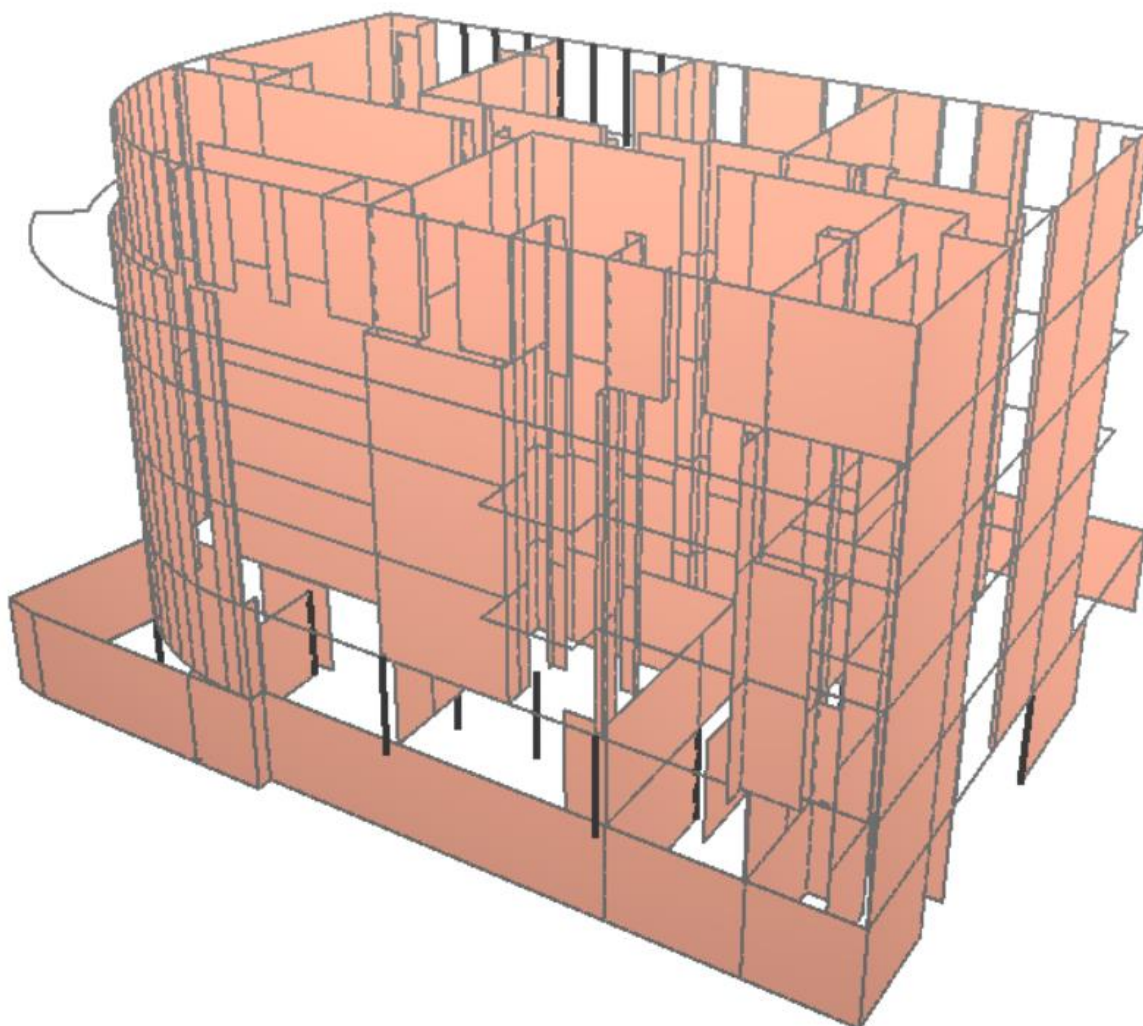
Il vous demande ensuite d'attribuer un code abrégé et une couleur à chacun des bétons importés :



Le message indique également que certains des bétons issus d'Arche Ossature peuvent être remplacés par des types de maçonnerie au sens d'Épicentre (Arche Ossature ne traite pas les maçonneries mais les approxime par des bétons).

Vérification du bâtiment importé

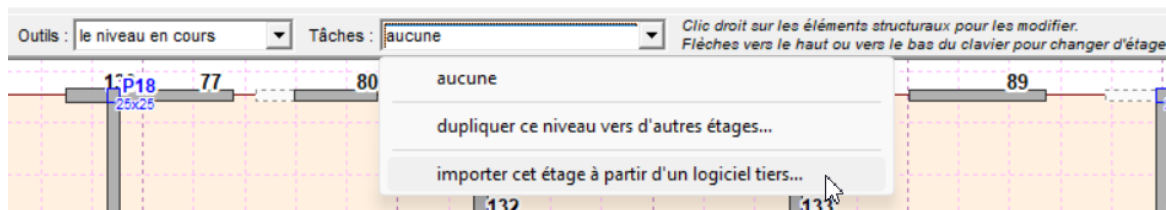
Vérifiez que l'import s'est bien passé en utilisant les outils de visualisation du modèle (plans des étages et visualisation 3D) :



A3.2. Import d'un étage d'un bâtiment modélisé avec le logiciel Arche Ossature de la société Graitec

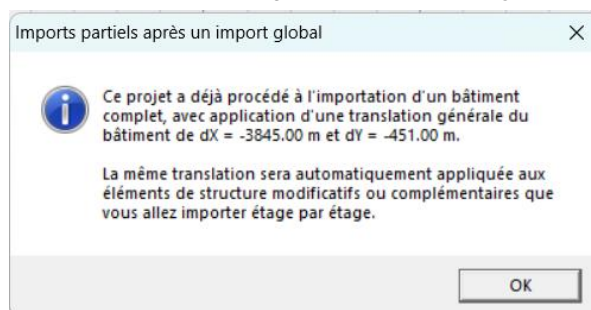
Où se trouve l'outil ?

Il est proposé dans l'outil « Le niveau en cours » du module de description des porteurs verticaux :



Réutilisation de la translation d'ensemble appliquée antérieurement

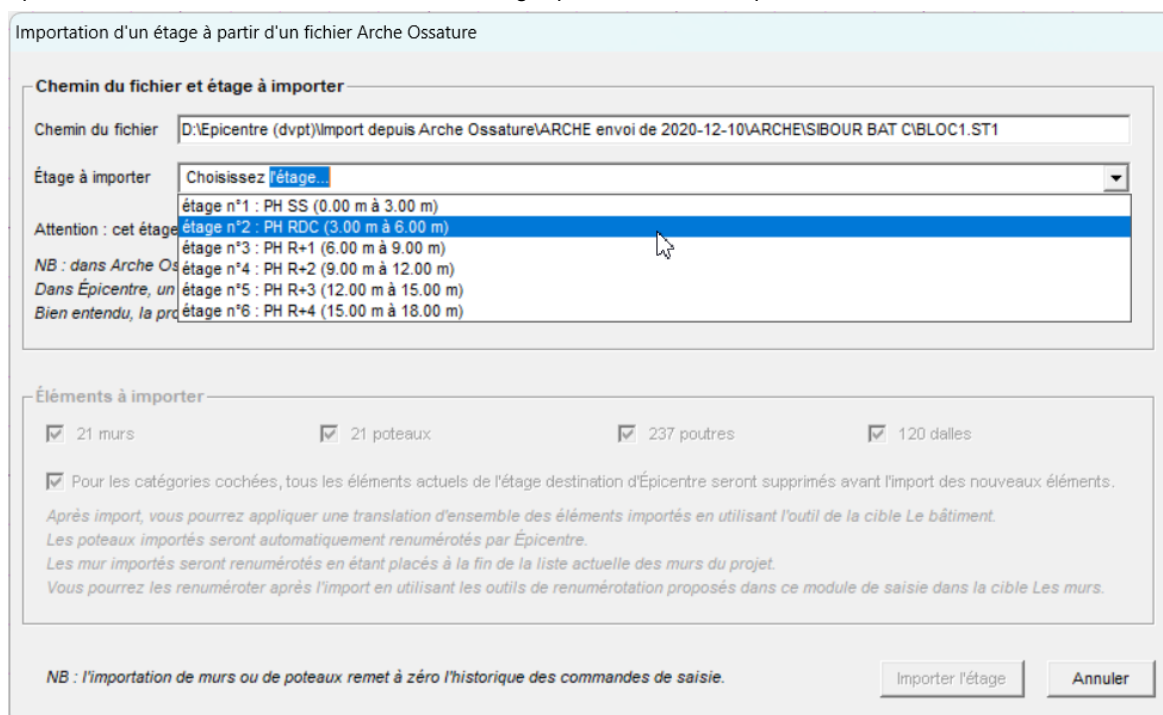
Si le bâtiment en cours de saisie est lui-même le résultat de l'import antérieur d'un bâtiment complet à partir d'Arche Ossature et si cet import a donné lieu à une translation d'ensemble du bâtiment destinée à le recentrer sur l'axe des Z du repère général, Épicentre a enregistré les caractéristiques dX et dY de cette translation : il va donc les appliquer de nouveau pour importer un étage seul et il vous le signale par un message d'information :



Choix de l'étage à importer

Épicentre commence par lire le fichier Arche Ossature du bâtiment à importer dont vous avez donné le chemin, ce qui lui permet d'afficher la liste des étages et le nombre d'éléments structuraux présents.

Épicentre vous demande ensuite de choisir l'étage que vous voulez importer :



Choix des caractéristiques de l'import

La feuille de saisie affiche alors le nombre d'éléments structuraux de l'étage choisi et vous demande de préciser vos souhaits pour l'import de cet étage dans votre modèle. Elle vous donne également de nombreuses explications destinées à faciliter vos choix :

Importation d'un étage à partir d'un fichier Arche Ossature

Chemin du fichier et étage à importer

Chemin du fichier : D:\Epicentre (dvpt)\Import depuis Arche Ossature\ARCHE envoi de 2020-12-10\ARCHE\SIBOUR BAT C\BLOC1.ST1

Étage à importer : étage n°2 : PH RDC (3.00 m à 6.00 m)

Attention : cet étage sera importé dans l'étage en cours du module de saisie, cad l'étage "PH R+1" (hauteur d'étage de +11.04 m à +14.88 m).

NB : dans Arche Ossature, un étage comprend les murs et les poteaux de la hauteur de l'étage + les poutres et les dalles du PLANCHER HAUT.
Dans Epicentre, un étage comprend les murs et les poteaux de la hauteur de l'étage + les poutres et les dalles du PLANCHER BAS.
Bien entendu, la procédure d'import tiendra compte de cette particularité.

Éléments à importer

☒ 0 mur ☒ 3 poteaux ☒ 41 poutres ☒ 21 dalles

☒ Pour les catégories cochées, tous les éléments actuels de l'étage destination d'Epicentre seront supprimés avant l'import des nouveaux éléments.

Après import, vous pourrez appliquer une translation d'ensemble des éléments importés en utilisant l'outil de la cible Le bâtiment.
Les poteaux importés seront automatiquement renumérotés par Epicentre.
Les murs importés seront renumérotés en étant placés à la fin de la liste actuelle des murs du projet.
Vous pourrez les renuméroter après l'import en utilisant les outils de renumérotation proposés dans ce module de saisie dans la cible Les murs.

NB : l'importation de murs ou de poteaux remet à zéro l'historique des commandes de saisie.

Importer l'étage Annuler

Réalisation de l'import

L'étage que vous avez choisi sera importé dans votre modèle (seulement les catégories d'éléments structuraux que vous avez sélectionnées), après la suppression éventuels des éléments structuraux correspondants de votre modèle.

Vérification et finalisation de l'import

Comme après l'import d'un bâtiment complet, il vous est bien entendu conseillé de vérifier que l'import s'est bien passé en utilisant les outils de visualisation du modèle (plans des étages et visualisation 3D).

Épicentre a placé les murs de l'étage importé à la fin de la liste actuelle des murs du projet : si vous le souhaitez, il vous faudra donc demander à Épicentre de renuméroter les murs en utilisant les outils de renumérotation proposés dans le module de saisie des porteurs verticaux, dans la cible Les murs.

Si vous importez plusieurs étages à la suite, vous ne le ferez qu'une seule fois, à la fin des imports.

Il vous faudra par ailleurs reprendre la description des planchers haut et bas du ou des étages importés, comme après l'import d'un bâtiment complet.

ANNEXE 4 : DOUBLE CALCUL SISMIQUE AUTOMATIQUE

En cas de calcul sismique, la clause 4.2.2(4) de l'Eurocode 8-1 stipule que la raideur latérale des éléments secondaires (c'est-à-dire désactivés pour le contreventement) du modèle ne doit pas dépasser 15% de la raideur des éléments primaires.

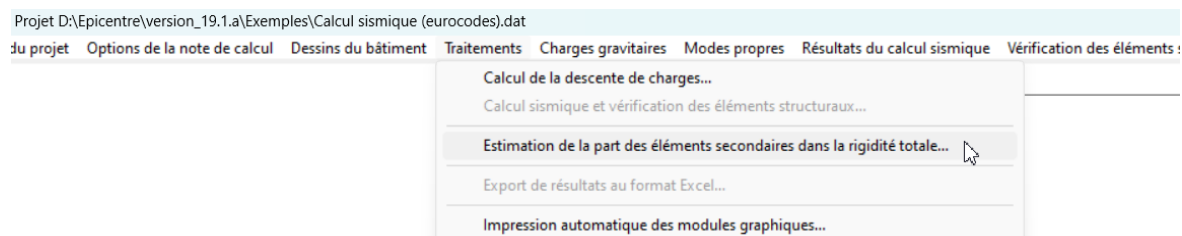
Si cette limite des 15% est dépassée, la clause 4.2.2(4) du guide d'application de l'Eurocode 8 (FD P06-031) demande de procéder à un « double calcul sismique ».

Ce chapitre décrit l'outil mis à disposition par Épicentre pour vérifier la limite des 15% et présente la fonctionnalité de double calcul sismique automatique mise en œuvre par Épicentre.

A4.1. Vérification de la limite des 15% pour la raideur latérale des éléments secondaires

Où se trouve l'outil ?

L'outil est proposé dans le menu Traitements du menu général d'Épicentre :



Comme on peut le constater sur la copie d'écran ci-dessus, l'outil est disponible dès que la saisie du bâtiment est complète et que le calcul de descente de charges est autorisé.

Il peut être lancé immédiatement, sans calcul préalable de la descente de charges.

Principe général du traitement

Épicentre estime la part des éléments secondaires dans la rigidité totale du bâtiment à partir des déplacements horizontaux d'un ou plusieurs points de contrôle que vous allez choisir vous-même, en haut du bâtiment.

Les déplacements de ces points seront calculés pour deux chargements statiques horizontaux proportionnels aux masses des étages et appliqués selon deux directions perpendiculaires également choisies par vous.

Les déplacements seront successivement calculés avec ou sans prise en compte de la rigidité des éléments secondaires, ce qui permettra de déduire leur contribution à la rigidité totale du bâtiment.

Description détaillée du traitement

Les étapes du traitement sont les suivantes :

- vous choisissez plusieurs points de contrôle répartis en périphérie du bâtiment, au sommet de celui-ci
- vous choisissez deux directions de contrôle perpendiculaires (qui ne sont pas obligatoirement les directions sismiques de calcul prises en compte par Épicentre dans des calculs sismiques précédents)

Pour effectuer la vérification, Épicentre considère successivement **deux modélisations du bâtiment** :

- Dans le « modèle initial », les éléments sismiques secondaires ne sont pas pris en compte dans le calcul du bâtiment,
- Dans le « modèle raidi », les éléments sismiques secondaires sont pris en compte dans le calcul du bâtiment (tous les éléments du projet initialement désactivés pour le contreventement sont réactivés par le logiciel).

Épicentre applique à ces deux modèles les deux chargements horizontaux suivants appliqués selon les deux directions perpendiculaires 1 et 2 choisies par vous :

- poids propre des étages appliqués horizontalement au centre de gravité des étages, parallèlement à la direction 1
- poids propre des étages appliqués horizontalement au centre de gravité des étages, parallèlement à la direction 2

Ces chargements sont pondérés linéairement selon la hauteur des planchers d'étage par rapport au niveau de fondation (pondération 0 au niveau des fondations et 1 au sommet) pour mieux simuler l'action sismique des premiers modes propres du bâtiment.

Pour les deux modèles et pour chacun des deux chargements, Épicentre calcule les déplacements horizontaux des points de contrôle selon les directions 1 et 2.

Ensuite, pour chaque point de contrôle, Épicentre compare les déplacements de même nature (même chargement et même direction de déplacement) obtenus sur les deux modèles et utilise leurs valeurs pour calculer la contribution de la raideur latérale des éléments secondaires pour ces déplacements.

En pratique, pour un point de contrôle donné, si on note DL_r (resp. DL_i) le déplacement horizontal avec le modèle raidi (resp. initial) pour un des deux chargements horizontaux selon la direction associée, la contribution de la raideur latérale des éléments secondaires pour ce déplacement est égale à $(DL_i - DL_r) / DL_i$.

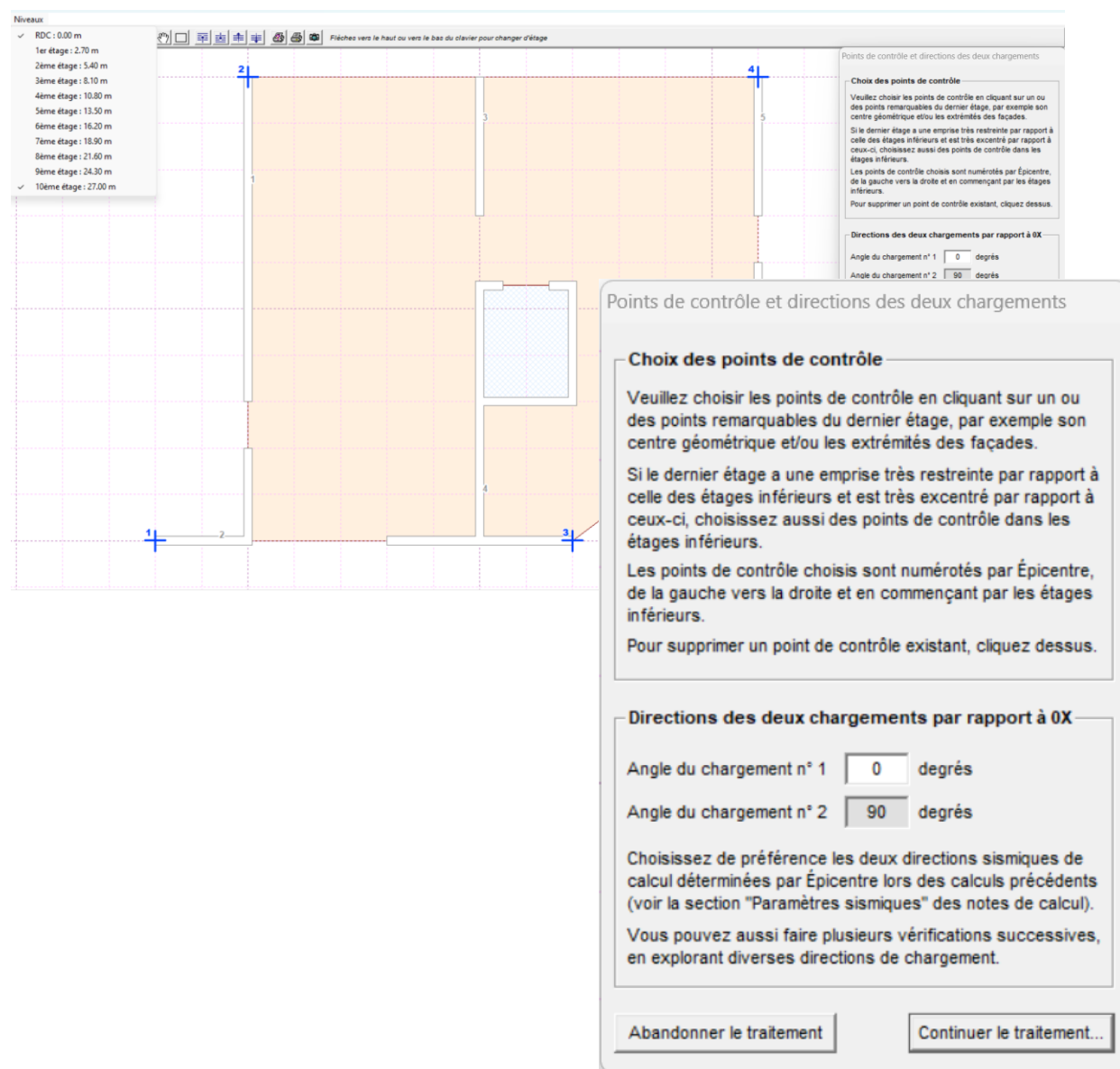
Cette valeur, exprimée en pourcents, correspond au critère des 15% de la clause 4.2.2(4) de l'EC8-1.

Le tableau présenté en fin de traitement fait la synthèse des résultats obtenus.

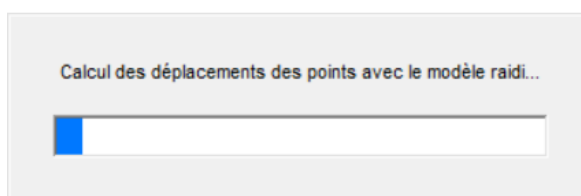
Le critère des 15% de la clause 4.2.2(4) de l'EC8-1 sera considéré comme respecté pour l'ensemble du bâtiment s'il est respecté pour tous les déplacements de tous les points de contrôle choisis.

Présentation de l'outil

Un module graphique dédié vous permet de choisir les points de contrôle (en cliquant sur le modèle) et les deux directions de contrôle :



Le traitement ne dure que quelques secondes :



En fin de traitement, le logiciel présente ls résultats dans une fiche au format Word.

La première page décrit le traitement :

Estimation de la part de raideur latérale des éléments secondaires

Nom du projet : Bâtiment R+9 (vérification au séisme)

Bureau d'études : Logiciel Épicentre (version d'évaluation)

Fichier projet : ...sion_19.1.a\Exemples\Calcul sismique (eurocodes).dat

Date du calcul : 04 avril 2023 à 16:23 (Épicentre V19.1.a)

1. Méthodologie

Plusieurs murs de ce projet sont désactivés pour le contreventement (murs secondaires), généralement parce qu'ils ne sont pas directement fondés ou appuyés sur d'autres murs ou poteaux primaires (application de la clause 5.4.1.2.5(1)P de l'EC8-1).

D'autres éléments structuraux du bâtiment associés à ces murs secondaires (poteaux, appuis entre murs, etc.) sont eux aussi considérés comme secondaires lors du calcul sismique.

Or la clause 4.2.2(4) de l'EC8-1 stipule que la raideur latérale des éléments sismiques secondaires négligés dans le calcul ne peut dépasser 15% de la raideur latérale des éléments sismiques primaires.

La présente fiche présente les traitements réalisés par Épicentre pour estimer la part de la raideur latérale des éléments sismiques secondaires par rapport à celle des éléments primaires.

Pour ce faire, Épicentre considère successivement **deux modélisations du bâtiment** :

- Dans le « modèle initial », les éléments sismiques secondaires ne sont pas pris en compte dans le calcul du bâtiment,
- Dans le « modèle raidi », les éléments sismiques secondaires sont pris en compte dans le calcul du bâtiment (tous les éléments du projet initialement désactivés pour le contreventement sont réactivés par le logiciel).

Épicentre applique à ces deux modèles les **deux chargements horizontaux** suivants appliqués selon les **deux directions perpendiculaires** 1 et 2 choisies par le bureau d'études :

- poids propre des étages appliqués horizontalement au centre de gravité des étages, parallèlement à la direction 1
- poids propre des étages appliqués horizontalement au centre de gravité des étages, parallèlement à la direction 2

Ces chargements sont pondérés linéairement selon la hauteur des planchers d'étage par rapport au niveau de fondation (pondération 0 au niveau des fondations et 1 au sommet) pour mieux simuler l'action sismique des premiers modes propres du bâtiment.

Pour les deux modèles et pour chacun des deux chargements, Épicentre calcule les déplacements horizontaux des points de contrôle selon les directions 1 et 2.

Ensuite, pour chaque point de contrôle, Épicentre compare les déplacements de même nature (même chargement et même direction de déplacement) obtenus sur les deux modèles et utilise leurs valeurs pour calculer la contribution de la raideur latérale des éléments secondaires pour ces déplacements.

En pratique, pour un point de contrôle donné, si on note DL_r (resp. DL_i) le déplacement horizontal avec le modèle raidi (resp. initial) pour un des deux chargements horizontaux selon la direction associée, la contribution de la raideur latérale des éléments secondaires pour ce déplacement est égale à $(DL_i - DL_r) / DL_i$.

Cette valeur, exprimée en pourcents, correspond au critère des 15% de la clause 4.2.2(4) de l'EC8-1.

Le tableau présenté en fin de fiche fait la synthèse des résultats obtenus.

Le critère des 15% de la clause 4.2.2(4) de l'EC8-1 sera considéré comme respecté pour l'ensemble du bâtiment s'il est respecté pour tous les déplacements de tous les points de contrôle choisis.

Les 2 pages suivantes présentent les résultats et indiquent si le critère des 15% est respecté :

2. Chargements horizontaux appliqués

Le mode de calcul de ces deux chargements est détaillé dans la section précédente.

Dans le tableau ci-dessous, les indices 1 et 2 correspondent aux deux chargements appliqués (premier chargement parallèle à la direction 1 et second chargement parallèle à la direction 2).

Les charges horizontales FX et FY sont appliquées au centre de gravité de chaque niveau.

Les couples C1 et C2 permettent de les transporter sur l'axe OZ du repère général, ce qui correspond aux conventions de saisie des charges horizontales dans Épicentre.

Niveaux	FX1 (kN)	FY1 (kN)	C1 (kN.m)	FX2 (kN)	FY2 (kN)	C2 (kN.m)
2.70	11.7	0.0	-60.8	0.0	11.7	63.5
5.40	23.8	0.0	-129.5	0.0	23.8	133.0
8.10	36.3	0.0	-198.7	0.0	36.3	200.6
10.80	49.6	0.0	-273.1	0.0	49.6	271.1
13.50	62.0	0.0	-341.3	0.0	62.0	338.8
16.20	69.6	0.0	-368.7	0.0	69.6	369.7
18.90	67.9	0.0	-327.8	0.0	67.9	336.7
21.60	77.6	0.0	-374.7	0.0	77.6	384.8
24.30	87.3	0.0	-421.5	0.0	87.3	432.8
27.00	75.0	0.0	-373.9	0.0	75.0	378.7

3. Déplacements des points de contrôle

Chargement horizontal parallèle à la direction 1 (0 degrés par rapport à OX) :

Points de contrôle				Déplacements selon la direction 1		Part de la raideur des éléments secondaires selon la direction 1
				Modèle initial	Modèle raidi	
N°	Niveau	X	Y	DLi (mm)	DLr (mm)	
1	27.00	-2.00	0.00	30.6	29.7	3.0%
2	27.00	0.00	10.00	35.2	34.1	3.3%
3	27.00	7.00	0.00	30.6	29.7	3.0%
4	27.00	11.00	10.00	35.2	34.1	3.3%
5	27.00	11.00	3.00	32.0	31.0	3.1%

Chargement horizontal parallèle à la direction 2 (90 degrés par rapport à OX) :

Points de contrôle				Déplacements selon la direction 2		Part de la raideur des éléments secondaires selon la direction 2
				Modèle initial	Modèle raidi	
N°	Niveau	X	Y	DLi (mm)	DLr (mm)	
1	27.00	-2.00	0.00	2.0	2.0	-0.2%
2	27.00	0.00	10.00	2.1	2.1	0.1%
3	27.00	7.00	0.00	2.6	2.5	1.1%
4	27.00	11.00	10.00	2.8	2.8	1.5%
5	27.00	11.00	3.00	2.8	2.8	1.5%

4. Bilan

Le critère des 15% de la clause 4.2.2(4) de l'EC8-1 est respecté pour tous les points de contrôle choisis.

On peut donc considérer que le critère des 15% de la clause 4.2.2(4) de l'EC8-1 est respecté pour l'ensemble du bâtiment.

A4.2. Double calcul sismique automatique**Pourquoi un double calcul sismique ?**

La clause 5.4.1.2.5(1)P de l'Eurocode 8-1 stipule que « les murs structuraux ne doivent pas être supportés (en totalité ou en partie) par des poutres ou dalles. »

Par conséquent, les murs non directement supportés par des poteaux ou d'autres murs ne doivent pas être pris en compte dans le contreventement du bâtiment : ils sont dits « secondaires », par opposition aux murs « primaires », qui participent activement au contreventement du bâtiment.

Bien entendu, les poteaux ou les autres murs qui s'appuient sur des murs secondaires sont eux aussi secondaires.

Or dans la réalité, ces éléments secondaires peuvent malgré tout participer au contreventement du bâtiment, notamment au début du séisme, lorsque les poutres ou les dalles qui les portent n'ont pas encore été endommagées par le séisme.

Ils peuvent donc, au moins temporairement, augmenter la raideur latérale du bâtiment, ce qui aura pour effet de diminuer les périodes des modes propres du bâtiment.

Dans de nombreux cas, la diminution des périodes des premiers modes propres du bâtiment placera ceux-ci sur le plateau du spectre de calcul et conduira donc à une augmentation des efforts sismiques appliqués au bâtiment.

Le bâtiment sera donc soumis à des efforts sismiques supérieurs à ceux calculés à partir d'une analyse modale réalisée sans tenir compte des éléments secondaires.

C'est la raison pour laquelle la clause 4.2.2(4) de l'Eurocode 8-1 stipule que la raideur latérale des éléments secondaires (c'est-à-dire désactivés pour le contreventement) du modèle ne doit pas dépasser 15% de la raideur des éléments primaires.

Le guide d'application de l'Eurocode 8 (FD P06-031) remarque dans sa clause 4.2.2.4 que « cette limitation à 15% risque d'être difficile à réaliser ».

Il propose « d'accepter que la raideur des murs secondaires dépasse la limite de 15% pour autant que la structure de contreventement soit justifiée par un double calcul de la réponse globale, comme dans le cas des éléments non structuraux ou de remplissage. Un bâtiment comportant des éléments sismiques secondaires dépassant cette limite de 15% doit donc faire l'objet d'un double calcul comme expliqué dans les commentaires du 4.3.1(8). »

Qu'est-ce qu'un double calcul sismique ?

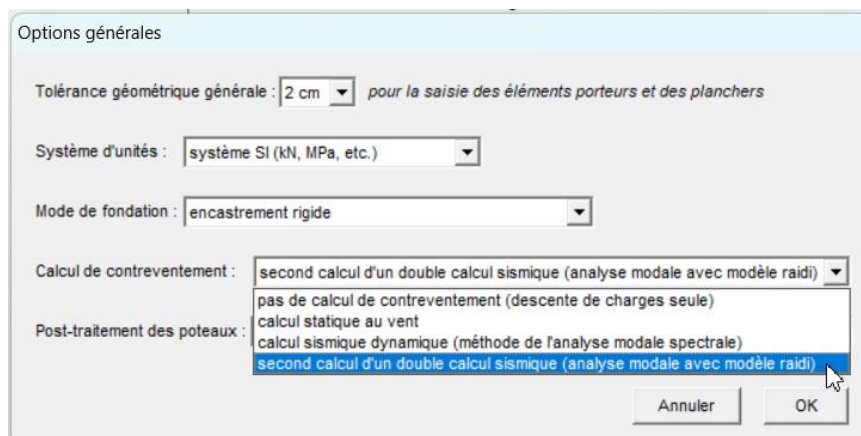
La clause 4.3.1(8) du guide d'application de l'Eurocode 8 (FD P06-031) précise les modalités d'un double calcul sismique :

- les actions sismiques sont calculées en considérant dans la modélisation (1) la structure primaire seule, puis (2) la structure primaire et les éléments secondaires et/ou de remplissage. Cela conduit dans chaque cas à un système d'actions sismiques assorties d'excentrement par rapport au centre de gravité ;
- chaque système d'actions est réparti dans les éléments de la structure primaire seule et ces éléments sont justifiés vis-à-vis des deux systèmes d'actions considérés.

Réalisation d'un double calcul sismique avec Épicentre

Il est très simple de réaliser un double calcul sismique avec Épicentre :

- 1) Vous procédez au « premier calcul » sur le modèle initial, dans lequel vous avez-vous-même désactivé pour le contreventement les murs secondaires non directement portés par des poteaux ou d'autres murs (NB : Épicentre se charge de désactiver lui-même les murs s'appuyant sur ces murs et les poteaux situés sur ou sous ces murs).
- 2) Vous faites une copie de ce modèle et, avant de lancer le traitement, vous indiquez simplement dans le menu de choix des traitements que vous désirez procéder au « second calcul d'un double calcul sismique » :



- 3) Épicentre se charge du reste, automatiquement :
 - au démarrage, Épicentre réactive pour le contreventement tous les éléments secondaires. C'est très facile puisqu'il suffit qu'Épicentre ignore les désactivations faites dans le modèle initial (murs et poteaux). Ce bâtiment avec éléments secondaires réactivés pour le contreventement est le modèle "raidi".
 - L'analyse modale est menée avec ce modèle raidi, ainsi que le calcul des efforts sismiques (efforts statiques équivalents modaux, appliqués au centre de gravité de chaque étage, pour chacune des deux directions sismiques de calcul). Ces efforts sismiques sont donc calculés à partir de l'analyse modale faite sur le modèle raidi (période, masses modales, facteurs modaux) et à partir de la géométrie du modèle raidi (inerties et position des centres de torsion des étages).
 - A ce stade du calcul, Épicentre revient au modèle initial (éléments secondaires désactivés) et il lui applique les efforts sismiques qui viennent d'être calculés avec le modèle raidi.
 - Le calcul se poursuit ensuite normalement, jusqu'à la vérification des efforts dans les murs, les pieux et les poteaux.
- 4) Lorsque ce second calcul est terminé, l'utilisateur doit vérifier le dimensionnement du bâtiment en exploitant les résultats des deux calculs.

Épicentre permet donc de procéder très rapidement et très facilement à un double calcul sismique.