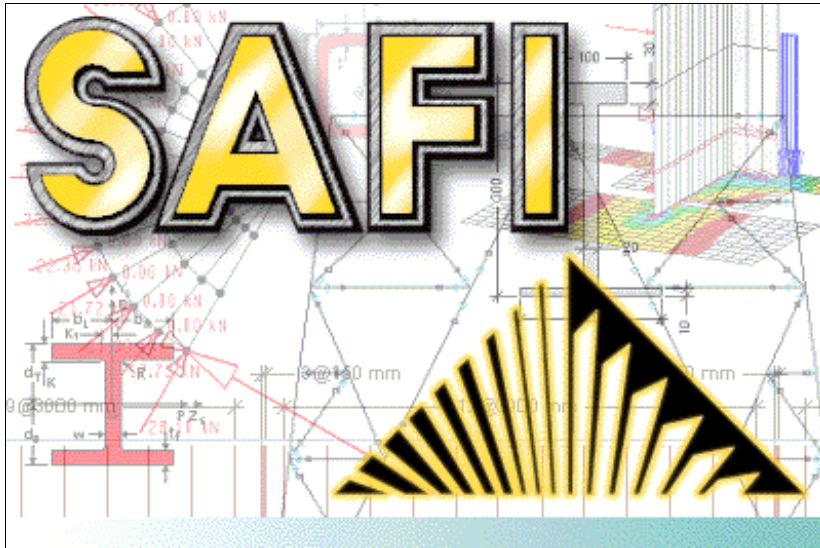




Exemples de Projets SAFI

Analyse sismique simplifiée (CNB-95)



Société Informatique SAFI Inc.
3393, chemin Sainte-Foy
Ste-Foy, Québec, G1X 1S7
Canada

Contact: Rachik Elmaraghy, P.Eng., M.A.Sc.

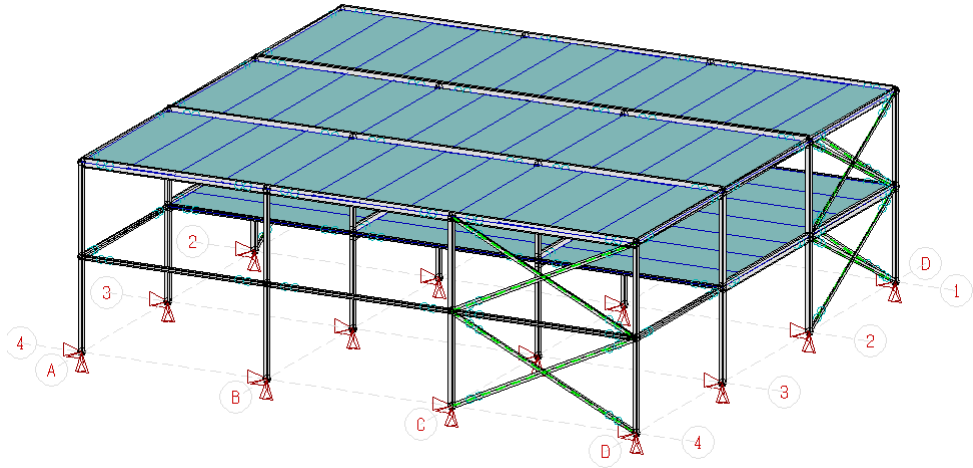
Tél.: 1-418-654-9454
1-800-810-9454
Fax: 1-418-653-9475

Site Internet: <http://www.safi.com>
Courriel: info@safi.com

Analyse sismique simplifiée (CNB-95)

Description

Cet exemple décrit l'analyse d'une structure de bâtiment sollicitée par une charge sismique dans ses deux directions principales.



Ce type d'analyse consiste en une analyse pour laquelle des charges statiques équivalentes à un séisme sont appliquées à la structure. L'utilisation de cette technique est en général limitée aux bâtiments de forme régulière. Lorsqu'un bâtiment ne rencontre pas les critères des techniques simplifiées, il est nécessaire d'utiliser des techniques d'analyses sismiques spectrales ou transitoires.

L'utilisation de la méthode simplifiée dans SAFI n'est pas limitée uniquement à des bâtiment réguliers. L'interprétation et la validation des résultats pour des modèles ne respectant pas les limites de validité des méthodes simplifiées est laissée à l'ingénieur.

Création du projet

Un fichier déjà existant portant le nom *Stl-Ex-1.str* est disponible dans le sous répertoire de SAFI *SAFI50\samples\steel*. Les étapes de la construction du modèle sont décrites en détails dans le document *Conception d'une structure d'acier.pdf*.

Les étapes à suivre pour appliquer une charge sismique (statique équivalente) sont les suivantes.

Définition des charges de bases sismiques

Pour éditer les charges de bases, vous devez activer la commande **Tables → Charges de base**. Le CNB recommande de déplacer le centre de masse pour tenir compte des incertitudes et défaut du bâtiment et des fondations. Les équation qui y sont décrites sont:




$$\begin{aligned} \text{Torsion} &= F_x (1.5 E_x \pm 0.1 D_{nx}) \\ &= F_x (0.5 E_x \pm 0.1 D_{nx}) \end{aligned}$$

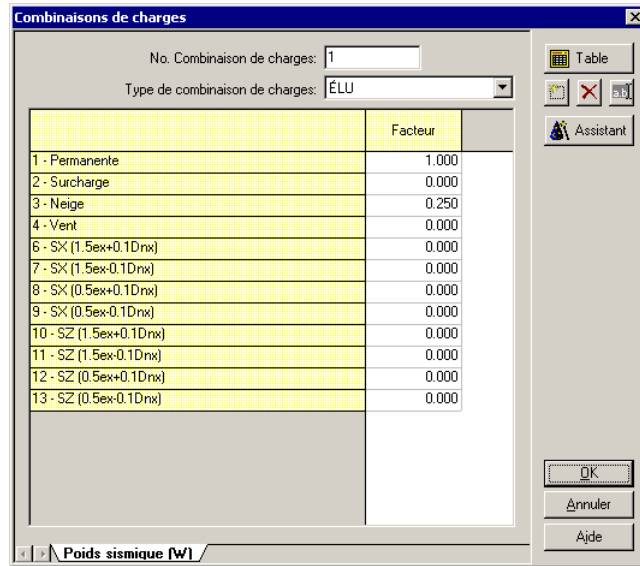
Ceci représente 4 cas de débalancement de charge sismique par direction sismique X et Z. Complétez la table de manière indiquée ci-dessous, puis pressez **OK**.

	Nom de la charge de base	Type de charge
1	Permanente	Charge permanente
2	Surcharge	Surcharge
3	Neige	Charge de neige
4	Vent	Charge de vent
5		
6	SX (1.5ex+0.1Dnx)	Charge sismique statique
7	SX (1.5ex-0.1Dnx)	Charge sismique statique
8	SX (0.5ex+0.1Dnx)	Charge sismique statique
9	SX (0.5ex-0.1Dnx)	Charge sismique statique
10	SZ (1.5ex+0.1Dnx)	Charge sismique statique
11	SZ (1.5ex-0.1Dnx)	Charge sismique statique
12	SZ (0.5ex+0.1Dnx)	Charge sismique statique
13	SZ (0.5ex-0.1Dnx)	Charge sismique statique
14		
15		
16		
17		
18		

Définition du poids sismique (W)

Le poids sismique est généralement constitué de la charge permanente plus une fraction de la surcharge et de la charge neige. Les fractions de la charge vive et de neige dépendent du type de structure, elles sont définies dans la section 4.1.9 du CNB-95. Notez que le poids sismique n'inclut aucune des charges de bases sismiques statiques.

Pour cet exemple, vous devez créer une combinaison de chargement qui contient la charge permanente plus 25 pourcent de la charge de neige. Sélectionnez la commande **Tables → Combinaisons de chargement** (). Effacez les deux combinaisons de charges existantes avec la commande . Ensuite, pressez la touche  pour créer la nouvelle combinaison de charge. Spécifiez les valeurs des facteurs de combinaisons de charges tels que présentés sur la figure suivante.



Paramètres du code sismique

Définir les paramètres du code sismique utilisé avec la commande **Tables → Sismique et Dynamique → Code du séisme**.

Tous les paramètres de cette boîte de dialogue sont communs aux diverses charges sismiques. Ils sont définis une seule fois pour toute la structure. Le logiciel détermine de manière automatisée le centre de masse de chaque étage. Le centre de masse est calculé à partir du poids sismique défini ci-dessus. Notez que les masses des éléments utilisés pour générer la charge sismique sont concentrées à leurs joints.

Lorsque la norme sélectionnée est **Canada - CNB-95**, les paramètres (Z_a , Z_v , v , R , U , I , F) décrits ci-dessus sont requis. Pour plus de détails, voir l'article 4.1.9 du *Code national du bâtiment 1995*. En utilisant, le bouton représentant la terre, vous pouvez obtenir rapidement les données relatives à l'emplacement géographique de la structure.

Paramètres des codes de conception

Sismique | Acier

Norme: Canada - CNB-95

Vitesse et Accélération

Za: 3 Zv: 3

Rapport de vitesse de la zone (v): 0.15

Données du modèle

Coefficient de réduction (R): 2

Coefficient d'étalement (U): 0.6

Facteur d'importance (I): 1

Facteur de fondation (F): 1

Coordonnées Y du sol: 0 mm

Comb. de Ch. pour poids sismique (W): 1 - Poids sismique (W)

OK
Annuler
Aide

Données régionales

Canada

- [-] Alberta
- [-] Colombie-Britannique
- [-] Manitoba
- [-] Nouveau-Brunswick
- [-] Terre-Neuve
- [-] Territoires du Nord-Ouest
- [-] Nouvelle-Écosse
- [-] Nunavut
- [-] Ontario
- [-] Île-du-Prince-Édouard
- [-] Québec
 - [-] Acton-Vale
 - [-] Alma
 - [-] Amos
 - [-] Asbestos
 - [-] Aylmer
 - [-] Baie-Comeau
 - [-] Beauport
 - [-] Bedford
 - [-] Beloeil
 - [-] Brome

Pays: Canada
Région: Québec
Ville: Alma

Élévation: 110000 mm

Données de la neige

Pression de neige (Ss): 3 kN/m.2
Pression de pluie (Sr): 0.4 kN/m.2

Données du vent

Pression de vent (1:10): 0.23 kN/m.2
Pression de vent (1:30): 0.29 kN/m.2
Pression de vent (1:100): 0.36 kN/m.2

Données sismiques

Zone d'accél. (Za): 3
Zone de vitesse (Zv): 3
Rapport de vitesse (v): 0.15

OK
Annuler
Aide

La **Coordonnée Y du sol** permet de définir le niveau du sol par rapport à un modèle. Toutes les masses situées en dessous du niveau du sol ne seront pas considérées dans l'analyse sismique simplifiée. Il faut choisir dans la liste **Comb. de ch. pour poids sismique (W)** la combinaison de charge définie à l'étape précédente correspondant au poids sismique (W).

Définition des charges sismiques

Activez la commande **Tables** → **Sismique et Dynamique** → **Charges sismiques** pour définir les charges sismiques. Complétez les données d'entrées de la boîte de dialogue tel que présenté ci-dessous.


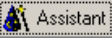
La période de la structure peut être obtenu par une analyse de fréquence. Le type de solution **Analyse: fréquences naturelles** de SAFI permet d'obtenir l'information requise. Dans cet exemple une autre approche est utilisée. Ne spécifiez pas la **Période** de la structure et choisissez la **méthode de validation de la période** égale à *Autres structures*. L'analyse sera effectuée en effectuant le calcul de la période selon les équations empiriques décrites dans le CNB-95 (art. 4.1.9.1 7).

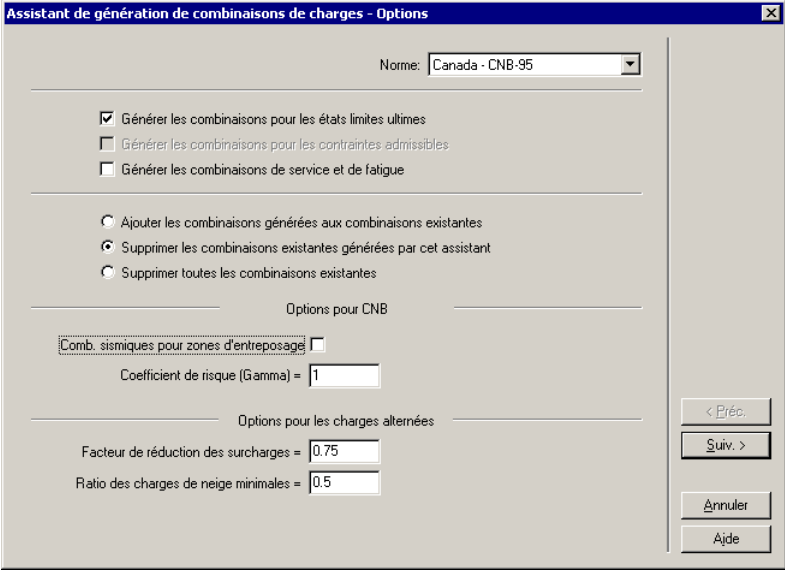
Pour activer la table et compléter l'entrée des 8 charges sismiques, utilisez le bouton **Table**. Ensuite, complétez les données telles que spécifiées ci-dessous.

	Nom de la charge	Angle d'incidence deg	Période s	Méthode de validation de la période	Ds mm	Facteur Ex	Facteur Dnx
	6 - SX (1.5ex+0.1Dn	0.000	0.000	Autres structures	7500.000	1.500	0.100
	7 - SX (1.5ex+0.1Dnx)	0.000	0.000	Autres structures	7500.000	1.500	-0.100
	8 - SX (0.5ex+0.1Dnx)	0.000	0.000	Autres structures	7500.000	0.500	0.100
	9 - SX (0.5ex+0.1Dnx)	0.000	0.000	Autres structures	7500.000	0.500	-0.100
	10 - SZ (1.5ex+0.1Dnx)	90.000	0.000	Autres structures	7000.000	1.500	0.100
	11 - SZ (1.5ex+0.1Dnx)	90.000	0.000	Autres structures	7000.000	1.500	-0.100
	12 - SZ (0.5ex+0.1Dnx)	90.000	0.000	Autres structures	7000.000	0.500	0.100
	13 - SZ (0.5ex+0.1Dnx)	90.000	0.000	Autres structures	7000.000	0.500	-0.100

Création des combinaisons de charges

Dans une des étapes précédente, la combinaison de charge **Poids sismique (W)** a été créée. Il reste maintenant à créer les combinaisons de charges sismiques. C'est-à-dire, la combinaison du poids propre et de la charge vive avec les charges horizontales engendrées par le séisme.

Sélectionnez la commande **Tables → Combinaisons de chargement** (). Activez la commande  pour créer les combinaisons de manière automatisées. Complétez les données de la première étape présentée ci-dessous, puis cliquez sur le bouton suivant.



Assistant de génération de combinaisons de charges - Options

Norme: Canada - CNB-95

Générer les combinaisons pour les états limites ultimes
 Générer les combinaisons pour les contraintes admissibles
 Générer les combinaisons de service et de fatigue

Ajouter les combinaisons générées aux combinaisons existantes
 Supprimer les combinaisons existantes générées par cet assistant
 Supprimer toutes les combinaisons existantes

Options pour CNB

Comb. sismiques pour zones d'entreposage
Coefficient de risque (Gamma) = 1

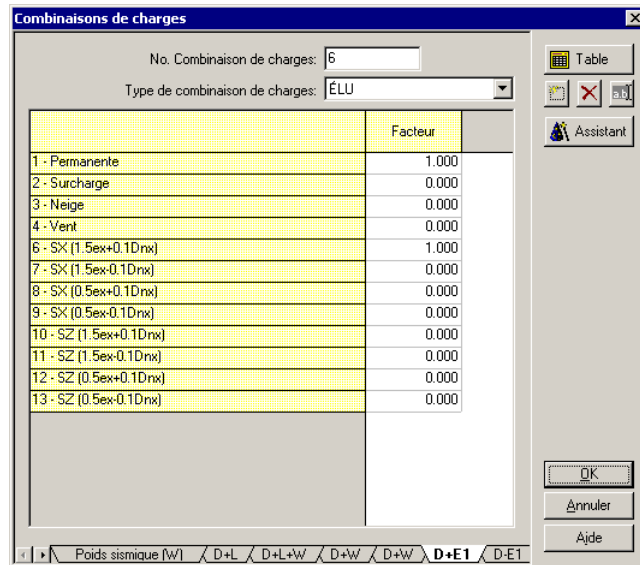
Options pour les charges alternées

Facteur de réduction des surcharges = 0.75
Ratio des charges de neige minimales = 0.5

< Préc. | Suiv. > | Annuler | Aide


La deuxième étape de l'assistant s'applique aux charges alternées pour les portées continues. Ceci n'est pas applicable dans cet exemple. Vous n'avez qu'à presser le bouton **Terminer** pour compléter la génération des combinaisons.

Les combinaisons générées peuvent être visualisées sur la figure ci-dessous. Puisque la charge sismique peut être appliquée dans les directions positive ou négative, pour chaque charge de base sismique les signes positifs et négatifs sont générées (par exemple: D+E1 et D-E1).



Exécution de l'analyse

Dans une analyse sismique avec une norme, les niveaux des étages sont automatiquement déterminés par le logiciel. Le logiciel détermine aussi de manière automatisée le centre de masse et le centre de rigidité de chaque étage. Dans certains cas particuliers, il est possible de fournir manuellement les données concernant l'excentricité entre le centre de masse et de rigidité.

Pour afficher la boîte des solution, sélectionnez la commande **Exécuter** du menu **Analyse**. La commande de solution () est aussi accessible de la barre d'outils **Principale**. Pour exécuter la solution, sélectionnez *Statique P-Delta* dans la liste **Analyse**, puis cliquez sur le bouton **Exécuter**. Notez que la méthode d'analyse requise pour les charges sismiques simplifiée est la même que pour n'importe quelle autre charge statique (analyse statique linéaire, P-Delta ou non-linéaire).

Au moment de l'analyse, les masses sur les joints ayant des supports ne sont pas considérées dans la charge sismique. Les charges sismiques générées sont redistribuées directement aux noeuds proportionnellement aux masses qui y sont rattachées.

Résultats sismiques

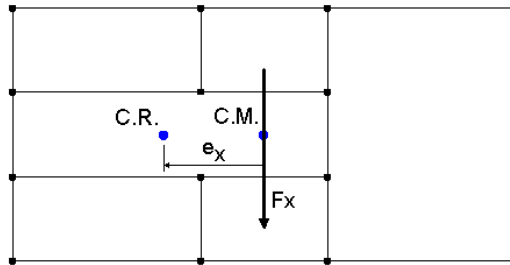
Trois tables de résultats permettent de valider les charges sismiques calculées et leur répartition. Ces tables sont facilement accessible à partir du bouton des **Résultats numériques** de la section **Analyse** de la barre des résultats.

La table **Résultats généraux** contient les résultats généraux pour chaque charge de base sismique spécifiée.

Nom	Valeur	Unité
No de Charge de Base	6	
Poids sismique (W)	2497.546	kN
Période "T" (CNB)	0.237	s
Coef. "S" calculé avec "T" (CNB)	3.000	
Période "T"	0.237	s
Coef. de réponse sismique (S)	3.000	
"F"S" Maximum	3.000	
Cisaillement élastique (Ve)	1123.896	kN
Cisaillement à la base (V)	337.169	kN
Force au Toit (Ft)	0.000	kN
No de Charge de Base	7	
Poids sismique (W)	2497.546	kN
Période "T" (CNB)	0.237	s
Coef. "S" calculé avec "T" (CNB)	3.000	
Période "T"	0.237	s

La table des **Forces aux étages** contient les résultats pour les différentes charges sismiques à tous les étages, soit la force totale F_x de séisme appliquée à chaque étage, le couple de torsion autour de l'axe vertical Y, la dimension du bâtiment (D_{nx}) perpendiculairement à la direction sismique et l'excentricité (Ex) entre le centre de masse et le centre de rigidité.


No Charge	Nom Charge	Étage	Y Min mm	Y Max mm	F_x Étage kN	Torsion kN-m	D_{nx} mm	Ex mm
6	SX (1.5ex+0.1Dnx)	1	0.0000	3601.0000	71.3243	-224.6715	21000.0000	-3500.0000
6	SX (1.5ex+0.1Dnx)	2	3601.0000	7201.0000	265.8445	558.2730	21000.0000	-0.0010
7	SX (1.5ex+0.1Dnx)	1	0.0000	3601.0000	71.3243	-524.2335	21000.0000	-3500.0000
7	SX (1.5ex+0.1Dnx)	2	3601.0000	7201.0000	265.8445	-558.2737	21000.0000	-0.0010
8	SX (0.5ex+0.1Dnx)	1	0.0000	3601.0000	71.3243	24.9635	21000.0000	-3500.0000
8	SX (0.5ex+0.1Dnx)	2	3601.0000	7201.0000	265.8445	558.2733	21000.0000	-0.0010
9	SX (0.5ex+0.1Dnx)	1	0.0000	3601.0000	71.3243	-274.5985	21000.0000	-3500.0000
9	SX (0.5ex+0.1Dnx)	2	3601.0000	7201.0000	265.8445	-558.2736	21000.0000	-0.0010
10	SZ (1.5ex+0.1Dnx)	1	0.0000	3601.0000	71.3243	160.4798	22500.0000	0.0010
10	SZ (1.5ex+0.1Dnx)	2	3601.0000	7201.0000	265.8445	598.1505	22500.0000	0.0010
11	SZ (1.5ex+0.1Dnx)	1	0.0000	3601.0000	71.3243	-160.4796	22500.0000	0.0010
11	SZ (1.5ex+0.1Dnx)	2	3601.0000	7201.0000	265.8445	-598.1497	22500.0000	0.0010
12	SZ (0.5ex+0.1Dnx)	1	0.0000	3601.0000	71.3243	160.4797	22500.0000	0.0010
12	SZ (0.5ex+0.1Dnx)	2	3601.0000	7201.0000	265.8445	598.1502	22500.0000	0.0010
13	SZ (0.5ex+0.1Dnx)	1	0.0000	3601.0000	71.3243	-160.4796	22500.0000	0.0010
13	SZ (0.5ex+0.1Dnx)	2	3601.0000	7201.0000	265.8445	-598.1499	22500.0000	0.0010





La table des **Données des étages** contient les résultats propres à chaque étage, soit la masse de l'étage (W_i), la hauteur moyenne (centre de gravité) de l'étage par rapport à la coordonnée Y spécifiée du sol et, les coordonnées x et z du centre de masse et du centre de rigidité. Les deux dernières colonnes **Corr x** et **Corr z** sont des facteurs de corrélation indiquant la rigidité relative des planchers. Notez que le degré de précision du centre de rigidité calculé par SAFI est plus faible lorsque les planchers sont très souples. Lorsque ces facteurs de corrélation sont trop faibles, il est peut être préférable de spécifier manuellement les excentricité entre le centre de rigidité et le centre de masse pour les étages correspondants.

Étage	Y Min mm	Y Max mm	W _i kN	H _i mm	C _{mass,x} mm	C _{mass,z} mm	C _{rig,x} mm	C _{rig,z} mm	Corr x	Corr z
1	0.0000	3601.0000	872.1603	3600.0000	11301.3389	7231.5469	11301.3398	10731.5469	1.0000	1.0000
2	3601.0000	7201.0000	1625.3861	7199.9995	11263.8467	10487.8301	11263.8477	10487.8311	1.0000	1.0000

Résultats et rapport

Dans l'exemple présent, l'analyse statique a été effectuée. Ainsi, les résultats (déplacements, réactions, efforts internes, ...) ne seront disponibles que pour les commandes de la section **Analyse** de la barre des résultats. Le bouton  permet de définir les résultats statiques qui devraient être présentés graphiquement.

Vous pouvez aussi visualiser les résultats numériques pour toutes la structure ou pour une partie de la structure. Cliquez sur le bouton  dans la section **Analyse** de la barre d'outils **Résultats**. Lorsque le bouton est enfoncé, un menu s'affiche permettant de choisir les résultats à visualiser.

Certains résultats d'analyse peuvent être visualisés par l'intermédiaire de graphiques. Cliquez sur le bouton  dans la section **Analyse** de la barre d'outils **Résultats**. Lorsque le bouton est enfoncé, un menu s'affiche permettant de choisir les résultats à visualiser.

Lorsque la conception d'acier, l'aluminium ou de béton est activée durant l'analyse, les résultats correspondants sont aussi disponibles.