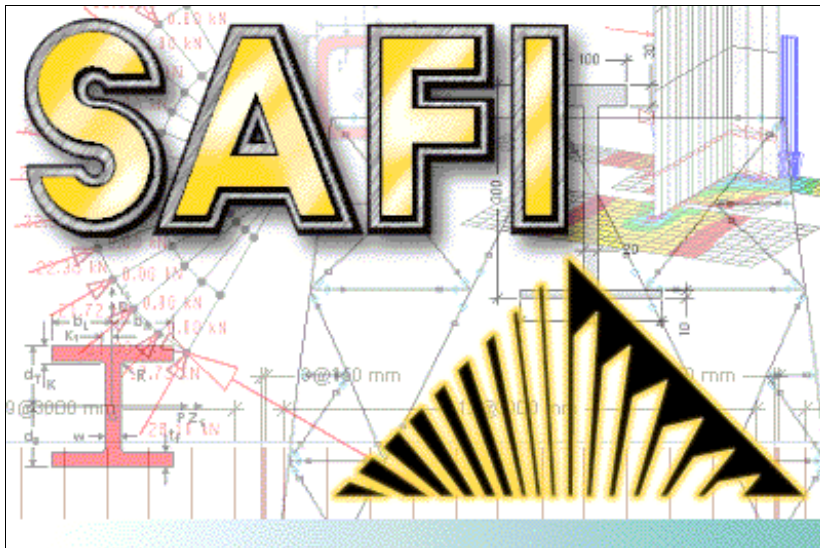




# Exemples de Projets SAFI

Évaluation d'un pont en béton armé  
(CSA-S6-00)

---



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](mailto:info@safi.com)

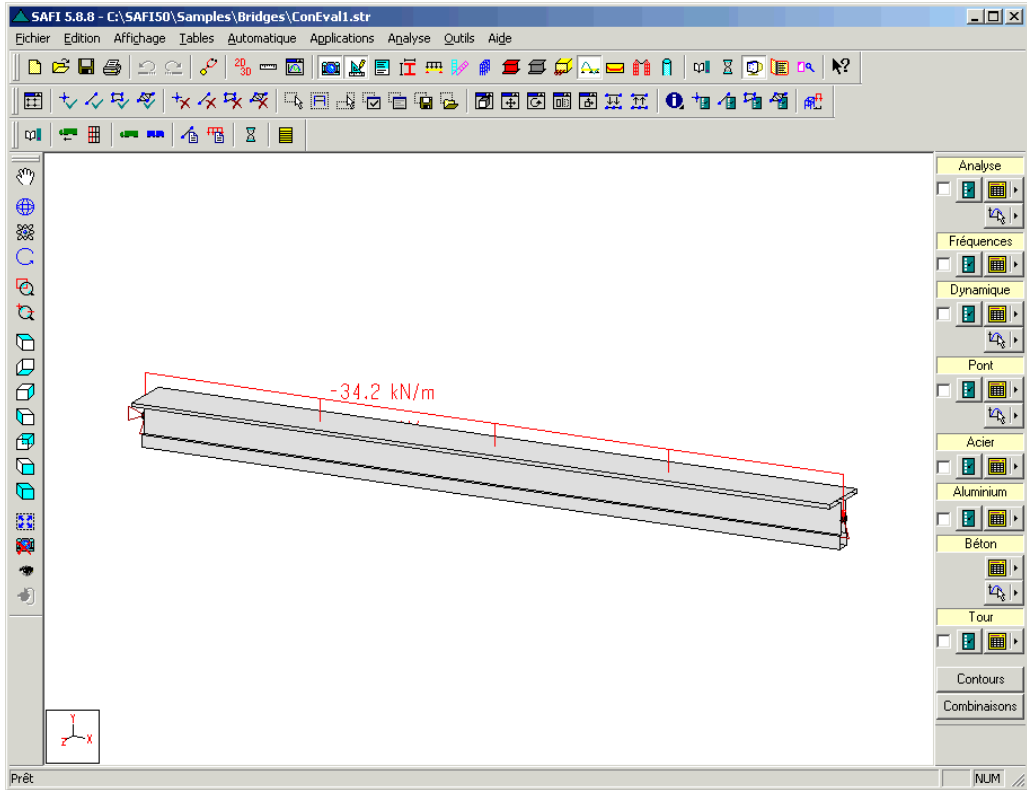
# Évaluation d'un pont en béton armé (CSA-S6-00)

## Introduction

Cet exemple présente l'évaluation de la résistance d'une poutre de pont en béton. Nous allons compléter le modèle pour effectuer une vérification de la résistance du pont en tenant compte du chapitre 14 de la norme S6-00 traitant de l'évaluation des ponts existants. Le fichier d'exemple complété peut être trouvé dans le sous-répertoire *Samples\Bridges*, son nom est *ConEval2.str*.

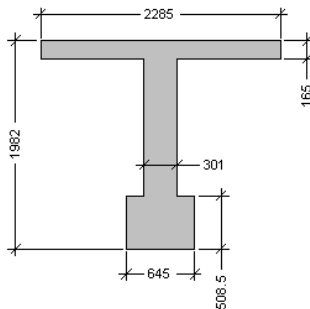
## Ouverture du fichier de base

Le fichier de base pour débiter l'exemple peut être trouvé dans le sous-répertoire *Samples\Bridges*, son nom est *ConEval1.str*. Les opérations déjà complétées dans ce modèle sont listées ci-dessous:



### Création du modèle

1. Édition des matériaux *Steel 345MPa* et *Concrete 27.5 MPa*.
2. Création d'une poutre de 29406 mm.
3. Création d'une section et assignation de la section à la membrure.




4. Assignment des conditions d'appui.
5. Création des charges de bases statiques *Morte*, *Morte Add.* et des charges de bases mobiles *CL1*, *CL2*, *CL3*. Choix des facteurs d'impacts et des coefficients de distribution latéral.
6. Création des combinaisons de charges non-pondérées (la pondération des charges sera effectuée dans la section évaluation un peu plus loin).
7. Assignment des charges statiques uniformes *Morte*, *Morte Add.*

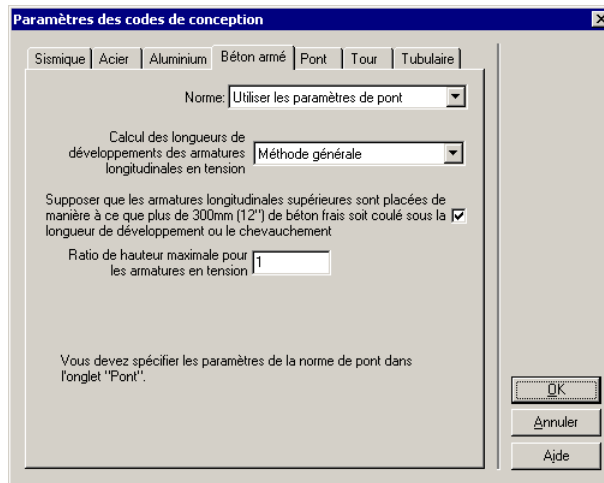
### Paramètres généraux des ponts

1. Création d'une trajectoire.
2. Sélection des membrures de transfert.
3. Création des surcharges routières standard CL1-625A, CL2-625A et CL3-625A.

## Norme de conception et d'évaluation

Pour définir la norme de conception active, sélectionnez la commande **Norme** du sous-menu **Pont** du menu **Application**. Cette commande est aussi accessible à partir de la barre d'outils **Pont** (  ).

Pour vérifier la résistance des membrures en béton d'un pont en utilisant la norme S6-00, vous devez d'abord sélectionner l'onglet **Béton**. Choisissez l'option *Utiliser les paramètres de pont* dans la liste des normes



Dans l'onglet **Pont** sélectionnez l'option CAN/CSA S6-00 et **Évaluation des ponts (chapitre 14)**. L'évaluation des ponts avec le chapitre 14 de la norme CAN/CSA S6-00 est possible uniquement pour une analyse du type *Charges mobiles*. Avec tous les types d'analyse (statique linéaire, non-linéaire, charges mobiles) l'autre option **Conception et vérification des ponts** est disponible.

Les paramètres d'évaluation doivent être complétés tel que présenté dans la figure suivante. Référez-vous à la section **Paramètres d'évaluation** du *Chapitre 3: Évaluation et conception (S6-00)* de ce manuel pour plus d'information sur la signification de chacun des paramètres d'évaluation.

Paramètres des codes de conception

Sismique | Acier | Béton armé | **Pont** | Tour | Tubulaire

Norme: CAN/CSA S6-2000

Conception et vérification de ponts

Évaluation de ponts (Chapitre 14)

Paramètres d'évaluation

Niveau de sécurité: Niveau de sécurité normal

Longueurs des travées: Les travées sont de 10 mètres ou plus

Comportement du système par rapport aux appuis: S1 - La rupture conduit à l'effondrement

Niveau d'inspection des appuis: INSP3 - L'élément a été inspecté par

Type d'analyse: Simplifiée

OK  
Annuler  
Aide

## Choix du camion

Dans le fichier de base trois camions ont été générées afin d'effectuer l'évaluation du pont avec les camions CL1-625, CL2-625, CL3-625.

**Charges mobiles standards**

Charge de base: 3 - CL1

Attacher à la trajectoire # 1

Charge standard: CL1-625A

Charge non-simultanée  
 Charge simultanée

**Charge mobile**

Sans levée des essieux  
 Impact pour tous les essieux: 0.4

Avec levée des essieux  
 Impact pour un essieu: 0.4  
 Impact pour les trois premiers: 0.3  
 Impact pour deux essieu: 0.3  
 Impact pour trois essieux ou plus: 0.25

**Charge de voie**

Impact pour charge unif.: 0  
 Impact pour charge conc.: 0



**Distribution latérale**

Coefficient pour la flexion: 0.588  
 Coefficient pour le cisaillement: 0.588

Table

OK  
Annuler  
Aide

3 - CL1 / 4 - CL2 / 5 - CL3

## Identification des charges de bases pour l'évaluation


Dans une première étape, les charges de bases ont été générées avec la commande **Charges de bases** du menu **Tables**.

**Charges de base**

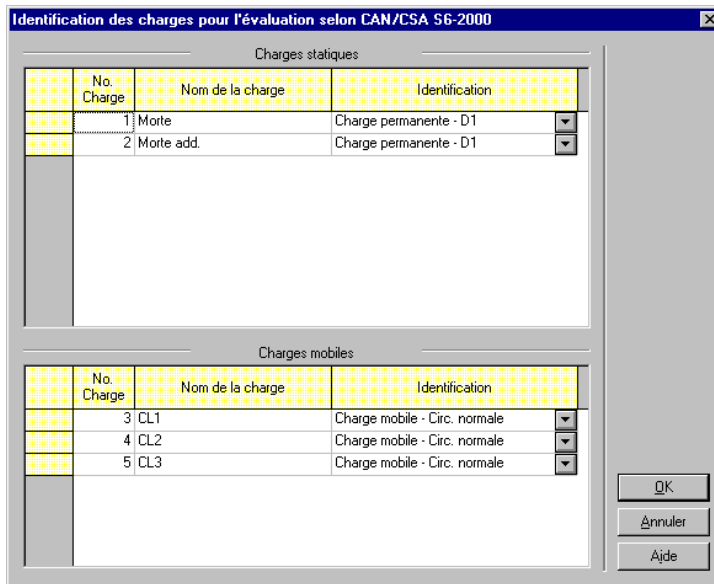
	Nom de la charge de base	Type de charge
1	Morte	Charge permanente
2	Morte add.	Charge permanente additionn
3	CL1	Charge mobile
4	CL2	Charge mobile
5	CL3	Charge mobile
6		
7		
8		
9		
10		
11		
12		
13		
14		
15		
16		
17		
18		

OK  
Annuler  
Aide

Une identification complémentaire des charges de bases déjà définies doit être effectuée pour les besoins particuliers de l'évaluation, puisque les pondérations de charges sont automatiquement effectués selon le type de charge. Référez-vous à la section **Identification des charges pour l'évaluation** du *Chapitre 3: Évaluation et conception (S6-00)* de ce manuel pour plus d'information sur la signification de chacun des paramètres d'évaluation.

Pour spécifier les types de charges de bases spécifiques à l'évaluation des ponts, activez la commande **Identification des charges** du sous-menu **Pont** du menu **Applications**. Cette commande est aussi accessible de la barre d'outils **Pont** (.

En ouvrant la boîte de dialogue, la liste des charges de bases est déjà visible, il ne reste qu'à spécifier le type de charge associé aux charges de bases. Complétez la table telle que présentée ci-dessous.



Charges statiques		
No. Charge	Nom de la charge	Identification
1	Morte	Charge permanente - D1
2	Morte add.	Charge permanente - D1

Charges mobiles		
No. Charge	Nom de la charge	Identification
3	CL1	Charge mobile - Circ. normale
4	CL2	Charge mobile - Circ. normale
5	CL3	Charge mobile - Circ. normale

## Combinaisons de chargement

Les combinaisons de charges entrées ne doivent pas être pondérées. Vous devez donc entrer des valeurs unitaires (1.0) pour indiquer quelles sont les charges de bases considérées dans la combinaison de charge.

Pour toutes les combinaisons de charges avec le type de combinaisons ÉLU (état limite ultime) sélectionné, les facteurs de pondérations ( $\alpha_D$  et  $\alpha_L$ ) des combinaisons de charges sont automatiquement calculés en fonction des paramètres suivants de la norme S6-00:

- Art 14.11.1: Comportement du système (S1, S2, S3)
- Art 14.11.2: Comportement des éléments (E1, E2, E3)
- Art 14.11.3: Niveau d'inspection (INSP1, INSP2, INSP3)
- Art 14.11.4: Niveau de sécurité (Normal, Élevé)
- Art 14.12: Type de charge (morte D1, D2 ou D3; Camion)
- Art 14.2.3: Longueur des travées (selon le camion utilisé)
- Art 14.12.3.2: Type d'analyse (selon le camion utilisé)

Le facteur de pondération spécifié par l'utilisateur pour une charge de base dans la table des combinaisons de charges est multiplié par le facteur de pondération calculé automatiquement ( $\alpha_D$  ou  $\alpha_L$ ). Par exemple, si la valeur spécifiée pour une charge de base mobile est de 0.7, le facteur de pondération final pour cette charge à l'intérieur de la combinaison de charge spécifiée sera de  $0.7 \cdot \alpha_L$ .

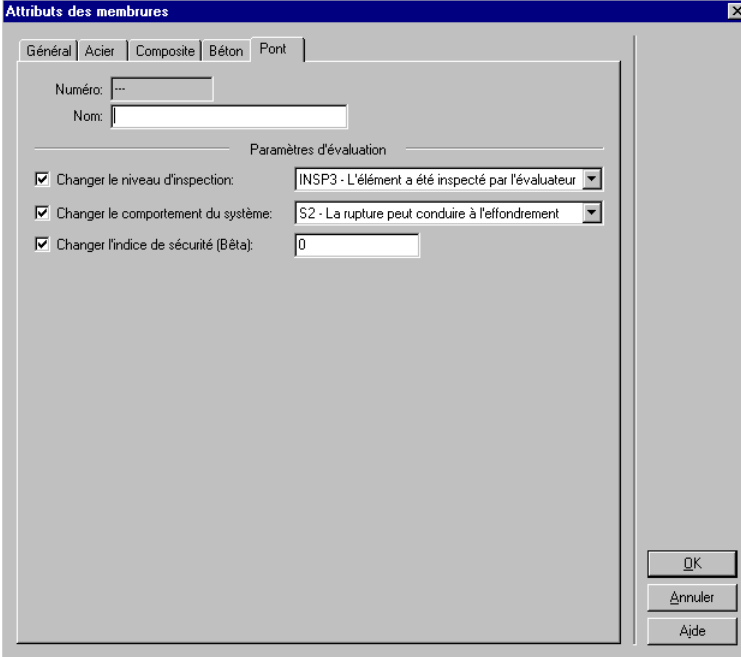
Compléter la table telle que présentée ci-dessous:

No. Combinaison	Nom Combinaison	Type de combinaison	1 - Dead	2 - Add Dead	3 - CL1	4 - CL2	5 - CL3
1	CL1	ÉLU	1.000	1.000	1.000	0.000	0.000
2	CL2	ÉLU	1.000	1.000	0.000	1.000	0.000
3	CL3	ÉLU	1.000	1.000	0.000	0.000	1.000

## Paramètres d'évaluation des membrures

Pour spécifier les paramètres d'évaluation des membrures il est d'abord nécessaire de sélectionner les membrures. Utilisez la commande de sélection par fenêtre et sélectionnez le modèle.

Activez la commande **Attributs des membrures** du sous-menu **Membrure** du menu **Édition**. Cette commande est aussi accessible à partir de la barre d'outils **Édition** ( ). Choisissez l'onglet **Pont** de cette boîte de dialogue et complétez les paramètres d'évaluation des membrures. Référez-vous à la section **Attributs des membrures - Ponts** du *Chapitre 3: Évaluation et conception (S6-00)* de ce manuel pour plus d'information sur la signification de chacun des paramètres d'évaluation.



The image shows a software dialog box titled "Attributs des membrures" with a close button (X) in the top right corner. It features a tabbed interface with tabs for "Général", "Acier", "Composite", "Béton", and "Pont", with "Pont" currently selected. The dialog contains the following fields and options:

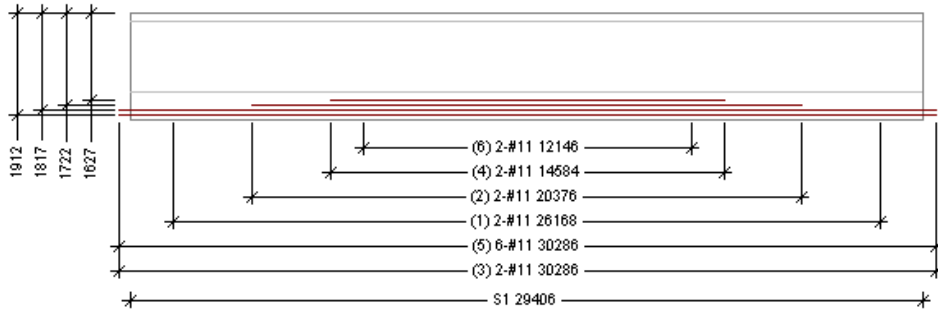
- "Numéro:" followed by a text input field containing "...".
- "Nom:" followed by an empty text input field.
- A section titled "Paramètres d'évaluation" containing three checked options:
  - "Changer le niveau d'inspection:" with a dropdown menu showing "INSP3 - L'élément a été inspecté par l'évaluateur".
  - "Changer le comportement du système:" with a dropdown menu showing "S2 - La rupture peut conduire à l'effondrement".
  - "Changer l'indice de sécurité (Bêta):" with a text input field containing "0".

At the bottom right of the dialog, there are three buttons: "OK", "Annuler", and "Aide".

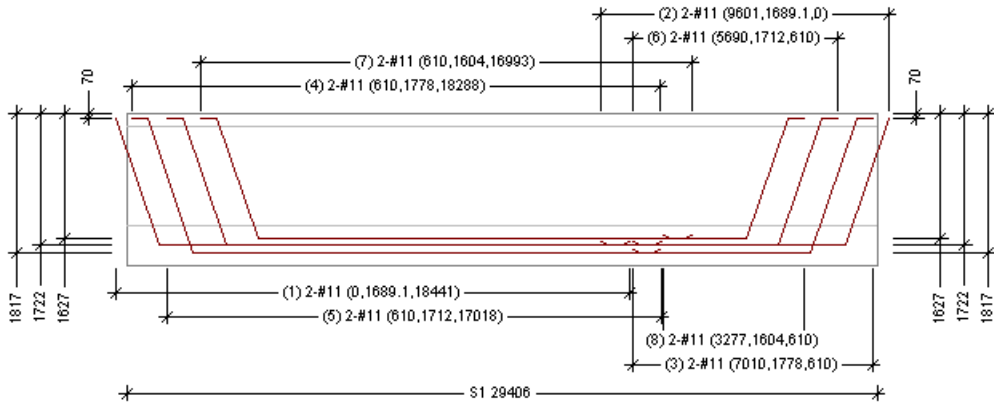
## Définition des barres d'armature

Pour spécifier l'armature d'une poutre, il est nécessaire de définir une configuration de barres. Cette configuration de barre peut être assignée à une ou plusieurs poutres. Pour cet exemple, trois type de configurations sont utilisées: barres d'armatures longitudinales, barres pliées et les étriers.

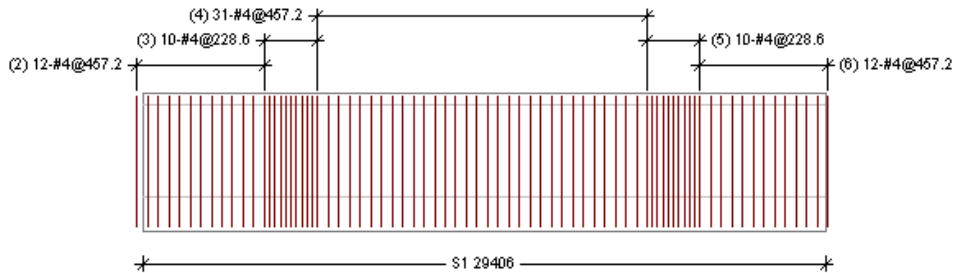
Les figures ci-dessous donnent un aperçu des barres d'armature de cette poutre. Les étapes suivantes présentent de manière plus détaillée, la façon de spécifier les barres.



Barres d'armatures longitudinales





Barres d'armatures longitudinales pliées

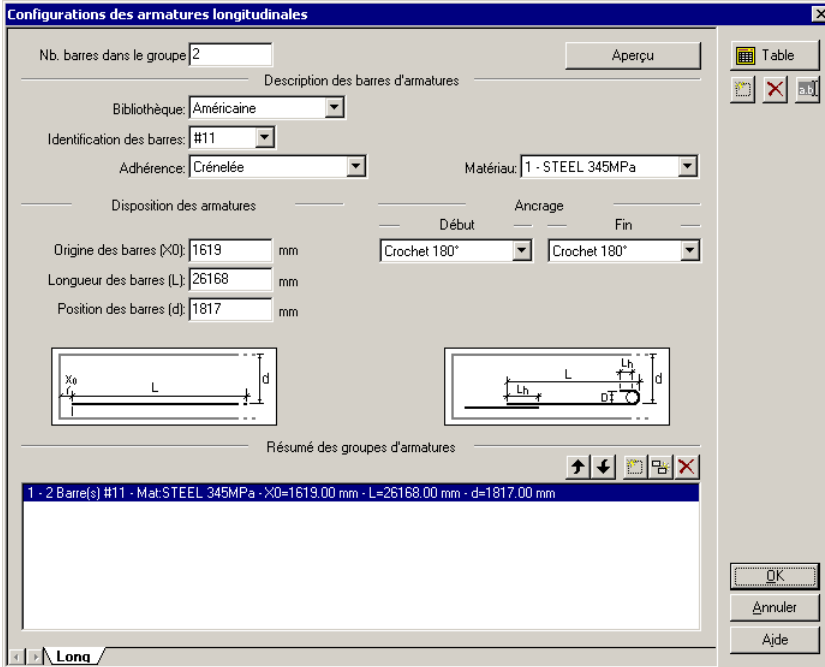


Barres d'armatures de cisaillement (étriers)

## Configuration des armatures longitudinales

Pour spécifier une configuration d'armatures longitudinales, activez la commande **Armature longitudinales** du sous-menu **Béton armé** du menu **Applications**. Cette commande est aussi accessible à partir de la barre d'outils **Béton armé** (  ).

Pour créer une première configuration appuyez sur le bouton  dans la partie supérieure droite de la boîte de dialogue. Ajoutez des nouvelles barres d'armatures en vous référant à l'image présentée ci-dessous. Double-cliquez sur le nom de l'onglet *Non défini* et modifiez le nom par *Long*.



**Configurations des armatures longitudinales**

Nb. barres dans le groupe: 2

Description des barres d'armatures

Bibliothèque: Américaine

Identification des barres: #11

Adhérence: Crénelée

Matériau: 1 - STEEL 345MPa

Disposition des armatures

Origine des barres (X0): 1619 mm

Longueur des barres (L): 26168 mm

Position des barres (d): 1817 mm

Ancrage


Début: Crochet 180°

Fin: Crochet 180°

Résumé des groupes d'armatures

1 - 2 Barre(s) #11 - Mat:STEEL 345MPa - X0=1619.00 mm - L=26168.00 mm - d=1817.00 mm

Long

Pour créer un deuxième groupe de barres appartenant à la même configuration *Long*, appuyez sur le bouton  dans la zone **Résumé des groupes d'armature**. Complétez les données d'entrées des barres longitudinales en vous référant à l'image présentée ci-dessous.

**Configurations des armatures longitudinales**

Nb. barres dans le groupe:  Aperçu

Description des barres d'armatures

Bibliothèque:

Identification des barres:

Adhérence:  Matériau:

Disposition des armatures

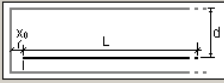
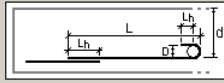
Origine des barres (X0):  mm

Longueur des barres (L):  mm

Position des barres (d):  mm

Ancrage

Début:  Fin:





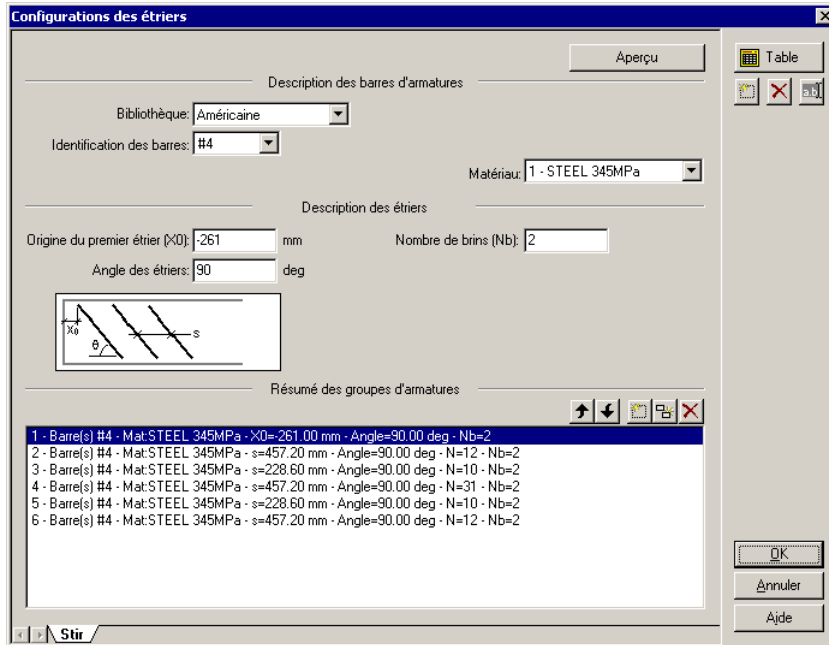
Résumé des groupes d'armatures

1 - 2 Barre(s) #11 - Mat:STEEL 345MPa - X0=1619.00 mm - L=26168.00 mm - d=1817.00 mm
2 - 2 Barre(s) #11 - Mat:STEEL 345MPa - X0=4515.00 mm - L=20376.00 mm - d=1722.00 mm
3 - 2 Barre(s) #11 - Mat:STEEL 345MPa - X0=440.00 mm - L=30286.00 mm - d=1817.00 mm
4 - 2 Barre(s) #11 - Mat:STEEL 345MPa - X0=7411.00 mm - L=14584.00 mm - d=1627.00 mm
5 - 6 Barre(s) #11 - Mat:STEEL 345MPa - X0=440.00 mm - L=30286.00 mm - d=1912.00 mm
6 - 2 Barre(s) #11 - Mat:STEEL 345MPa - X0=8630.00 mm - L=12146.00 mm - d=1627.00 mm


Long

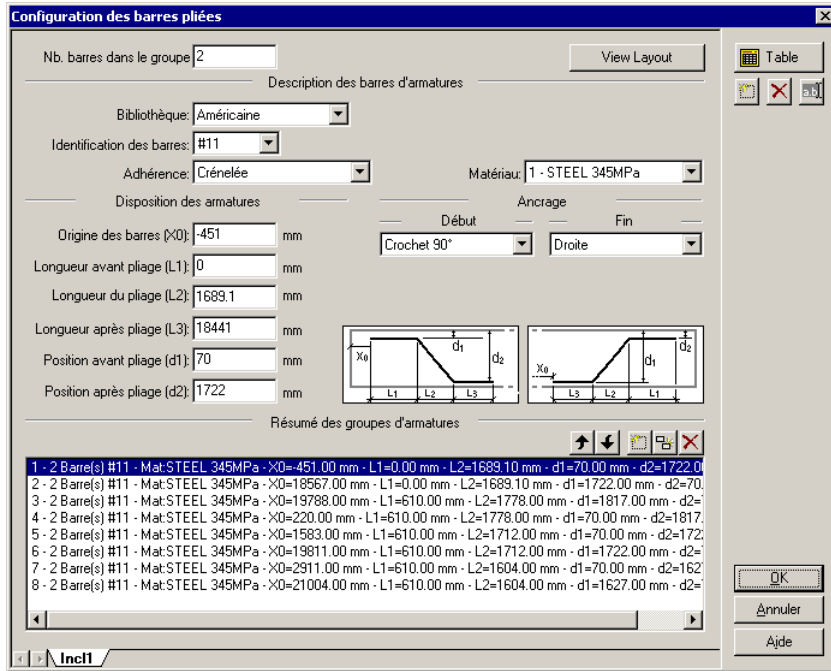
## Configuration des armatures de cisaillement (étriers)

Pour spécifier une configuration d'armatures de cisaillement, activez la commande **Étriers** du sous-menu **Béton armé** du menu **Applications**. Cette commande est aussi accessible à partir de la barre d'outils **Béton armé** (). Pour compléter les données référez-vous à méthode décrite précédemment pour les barres d'armatures longitudinales. Compléter les données d'entrées telles que décrites dans la figure ci-dessous.



## Configuration des armatures longitudinales pliées

Pour spécifier une configuration des armatures longitudinales pliées, activez la commande **Armatures pliées** du sous-menu **Béton armé** du menu **Applications**. Cette commande est aussi accessible à partir de la barre d'outils **Béton armé** (). Pour compléter les données référez-vous à méthode décrite précédemment pour les barres d'armatures longitudinales. Compléter les données d'entrées telles que décrites dans la figure ci-dessous.



La table ci-dessous complète l'information affichée ci-dessus.

No. config.	nom de la configuration	No. groupe	Nb. barres	Bibliothèque	Dim. barres	Ab mm.2	Matériau	Adhérence	X0 mm	L1 mm	L2 mm	L3 mm	d1 mm	d2 mm	Ancrage début	Ancrage fin
1	Incl1	1	2	Américaine	11	0.000	1- STEEL 345MPa	Crénelée	-451.000	0.000	1689.100	18441.000	70.000	1722.000	Crochet 90°	Droite
2	Incl1	2	2	Américaine	11	0.000	1- STEEL 345MPa	Crénelée	18567.000	0.000	1689.100	9601.000	1722.000	70.000	Droite	Crochet 90°
3	Incl1	3	2	Américaine	11	0.000	1- STEEL 345MPa	Crénelée	19788.000	610.000	1778.000	7010.000	1817.000	70.000	Droite	Crochet 90°
4	Incl1	4	2	Américaine	11	0.000	1- STEEL 345MPa	Crénelée	220.000	610.000	1778.000	18288.000	70.000	1817.000	Crochet 90°	Droite
5	Incl1	5	2	Américaine	11	0.000	1- STEEL 345MPa	Crénelée	1583.000	610.000	1712.000	17018.000	70.000	1722.000	Crochet 90°	Droite
6	Incl1	6	2	Américaine	11	0.000	1- STEEL 345MPa	Crénelée	19811.000	610.000	1712.000	5690.000	1722.000	70.000	Droite	Crochet 90°
7	Incl1	7	2	Américaine	11	0.000	1- STEEL 345MPa	Crénelée	2911.000	610.000	1604.000	16993.000	70.000	1627.000	Crochet 90°	Droite
8	Incl1	8	2	Américaine	11	0.000	1- STEEL 345MPa	Crénelée	21004.000	610.000	1604.000	3277.000	1627.000	70.000	Droite	Crochet 90°

## Paramètres des poutres de béton armé

Pour assigner les configurations décrites ci-haut aux membrures de béton, il est d'abord nécessaire de sélectionner les membrures. Lorsqu'une configuration couvre la longueur de plusieurs membrures du modèle d'une façon continue, il alors nécessaire de définir une membrure physique qui comprend les membrures correspondant à la longueur décrite par les configurations d'armature. Dans le cas présent, la membrure physique correspond à la seule membrure du modèle, vous n'avez donc qu'à utiliser la commande de sélection par fenêtre et sélectionner la membrure du modèle

Activez la commande **Attributs des membrures** du sous-menu **Membrure** du menu **Edition**. Cette commande est aussi accessible à partir de la barre d'outils **Edition** ( ). Choisissez l'onglet

**Béton** de cette boîte de dialogue et complétez les paramètres de la membrure tels que décrits ci-dessous. En complétant les données d'entrées, les configurations décrites plus haut sont assignées à la poutre sélectionnée.

**Attributs des membrures**

Général | Acier | **Béton** | Pont

Numéro: ---  
Nom: \_\_\_\_\_

Paramètres généraux

Changer la couverture de béton (C) 40 mm

Paramètres de vérification

Changer les armatures long. 1 - Long  
 Changer les étriers 1 - Stir  
 Changer les barres pliées 1 - Incl1  
 Changer les barres périph. Aucune armature périphérique

Paramètres de conception

Changer le groupe de conception des poutres Aucune conception  
 Changer le groupe de conception des poteaux Aucune conception

Compression

Changer le support - Axe majeur (Kz, Lz) Facteur (K) 0 Longueur (L) 0 mm  
 Changer le support - Axe mineur (Ky, Ly) 0 0 mm  
 Changer le coefficient - Axe majeur (Cm,z) 0  
 Changer le coefficient - Axe mineur (Cm,y) 0

Excentricités

Changer les excentricités longitudinales Noeud i 0 Noeud j 0 mm

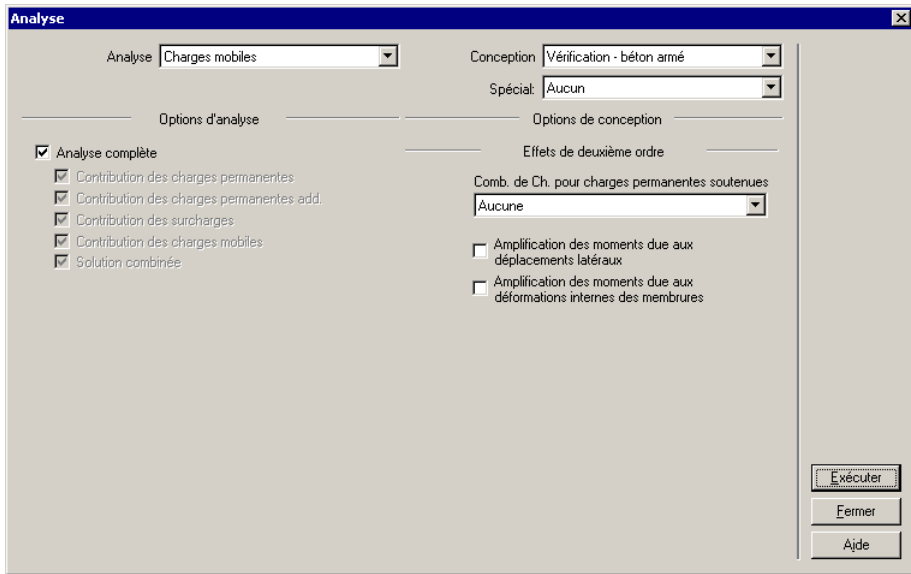
OK  
Annuler  
Aide

## Exécution de l'analyse

Pour exécuter l'analyse et la vérification de la résistance des poutres de béton, activez la commande **Exécuter** du menu **Analyse**. Dans la liste **Analyse** sélectionnez *Charges mobiles* et dans la liste **Conception** sélectionnez *Vérification - béton armé*. Ensuite, cliquez sur le bouton **Exécuter**.



Lorsque la norme pour la résistance des ponts utilisée est la norme S6-00, la vérification de la résistance des membrures peut se faire selon deux façons:

- **Vérification**  
Calcul de la résistance avec les mêmes chapitres que ceux de la conception
- **Évaluation**  
Calcul de la résistance avec les mêmes chapitres que ceux de la conception complété par des facteurs d'ajustement des charges et des résistances décrits dans le chapitre 14 de la norme S6-00. Notez que l'évaluation n'est disponible que si l'analyse Charges mobile est activée à la solution.





## Vérification des résultats

Les résultats d'analyse peuvent être visualisés par l'intermédiaire de tableaux ou bien graphiquement pour chaque membrure ou membrure physique.

Cliquez sur le bouton  ou le bouton  dans la section **Pont** de la **Barre des résultats**. Une liste résumée des résultats spécifiques à l'évaluation des ponts avec la norme S6-00 est listée ci-dessous.

### Résultats de l'analyse de charges mobiles.

- Facteurs de pondérations  $\alpha_D$  et  $\alpha_L$  des charges de bases utilisés pour les pondérations des efforts dans les membrures et pour les réactions d'appuis.
- Enveloppe des efforts pondérés en fonction du comportement E1, E2 et E3 des éléments analysés. Notez que chacun de ces résultats est disponible pour chaque membrure. Dans le module d'évaluation de la résistance, seulement les valeurs applicables sont utilisées.
- Enveloppe des réactions pondérés en fonction du comportement E1, E2 et E3 des appuis.

Cliquez sur le bouton  ou le bouton  dans la section **Béton** de la **Barre des résultats**. Une liste résumée des résultats spécifiques à l'évaluation des ponts avec la norme S6-00 est listée ci-dessous.

**Résultats de la vérification de béton.**

- État limite de flexion
- État limite de cisaillement
- Résumé des états limites

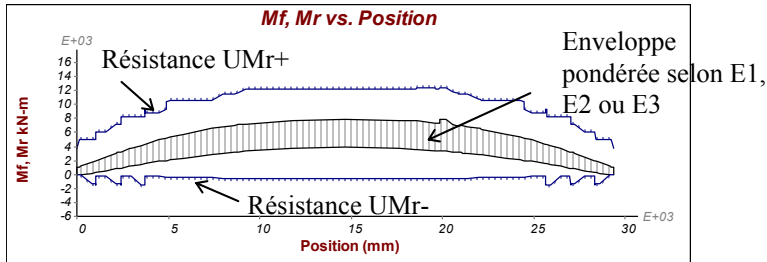
**Résultats de l'évaluation des ponts de béton (article 14.14.2 de la norme CAN/CSA-S6-00).**

- Table des FCS pour la flexion
- Table des FCS pour le cisaillement
- Table du résumé des FCS

Notez que tous les résultats listés ci-dessus peuvent être imprimés dans un rapport en utilisant la commande **Générer le rapport** du menu **Analyse**.

**Résultats graphiques**

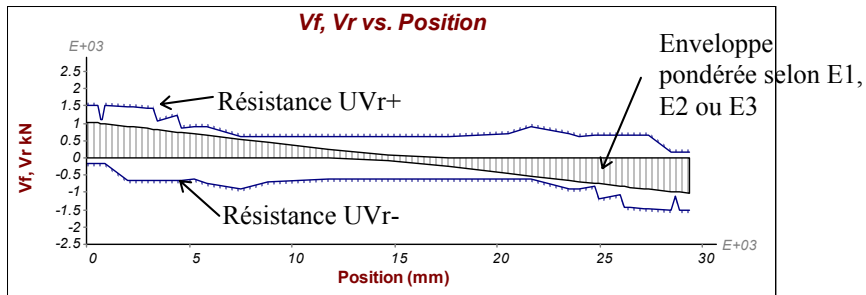
Les résultats de flexion et de cisaillement peuvent être présentés sous forme graphique. Les figures ci-dessous présentent les résultats pour la première combinaison de charge. Ces résultats sont comparés avec ceux de la calculatrice de béton. La calculatrice de béton permet d'obtenir de l'information pertinente sur la résistance d'une section critique choisie par l'utilisateur à l'aide de la norme S6-00.



Enveloppe des charges pondérées et résistance en flexion d'une poutre

L'utilisateur peut utiliser la calculatrice de béton au cours des travaux d'évaluation des ponts. Ainsi pour la section centrale se trouvant à  $x=14703$  mm. Les données d'entrées de la calculatrice sont présentées ci-dessus. Les informations pertinentes qui ne sont pas présentés sur l'image à la section critique sont ( $f'_c = 27.5$  MPa et  $F_y=345$  MPa)

La résistance calculée dans la calculatrice est de  $M_r=12406.6$  kN-m. Dans SAFI, la résistance est la même  $U_{M_r} = 12282.55$  kN-m ( $U=0.99$ ,  $M_r=12406.6$  kN-m).



Enveloppe des efforts et résistance au cisaillement d'une poutre

L'utilisateur peut utiliser la calculatrice de béton au cours des travaux d'évaluation des ponts. Ainsi pour la section critique à  $x = 0$ , les données d'entrées de la calculatrice sont présentées ci-dessus. Les informations pertinentes qui ne sont pas présentés sur l'image à la section critique sont ( $f'_c = 27.5$  MPa et  $F_y = 345$  MPa)

La résistance calculée dans la calculatrice est de  $V_r = 1606.3$  kN. Dans SAFI, la résistance est la même  $UV_r = 1509.9$  kN ( $U = 0.94$ ,  $V_r = 1606.3$  kN).