

## A) PRE REQUIS

On suppose que le didacticiel "TD 4 ROBOT \_ géométrie" a été fait.

On suppose que le didacticiel "TD 4 ROBOT\_ charges" a été fait.

### ► ETAPE 8

#### ● Calcul de la structure

Le calcul se fait par le menu principal: [analyse](#) puis [calcul](#)

Vous avez les résultats des erreurs de calcul dans la fenêtre suivante :

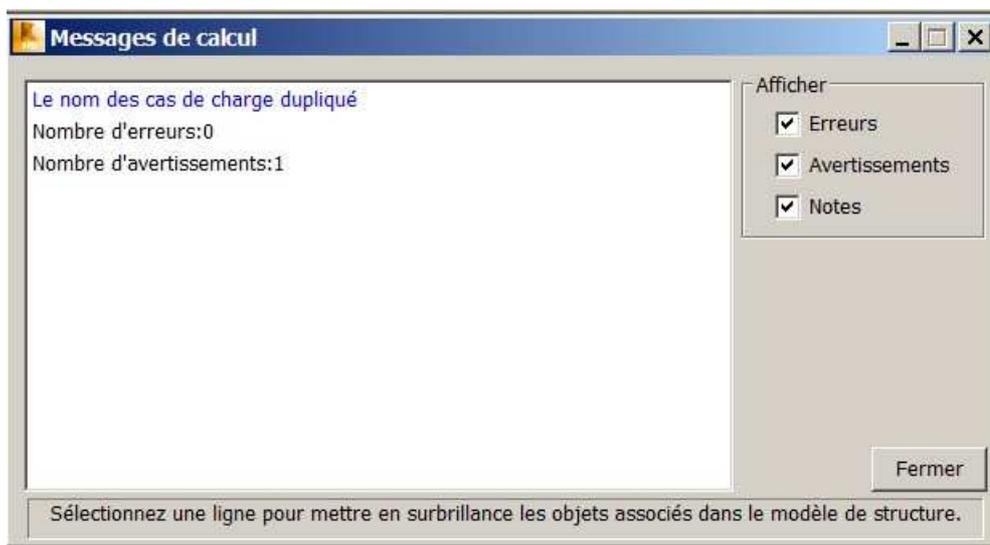


fig 1

Le message d'erreur ci-dessus n'est pas grave. Par défaut, le logiciel tient compte du poids des profilés. Comme on a défini un autre poids propre pour le poids des bacs acier, c'est en fait un problème de notation mais qui n'engendre pas de faute de calcul.

Vous aurez quasi systématiquement ce message à l'avenir.

## ► ETAPE 9

### ● Affichage des résultats

#### 1) affichage du diagramme des moments:

L'affichage du diagramme de moments se fait uniquement par menu :

#### Résultat puis diagrammes-barrre

Vous avez alors la fenêtre suivante qui s'ouvre :

Permet d'afficher d'autres diagrammes ; déformée, contraintes, réactions.....

Cocher cette case permet d'avoir l'effort normal dans la structure

Cocher cette case permet d'avoir l'effort tranchant dans la structure

Cocher cette case permet d'avoir le moment fléchissant dans la structure

Permet de :  
- tout cocher  
- tout décocher

Ajuste au mieux la dimension des diagrammes

Permet d'augmenter ou diminuer la tailles des diagrammes

Une fois que vous avez coché ce qu'il faut, cliquer sur appliquer pour faire afficher les diagrammes

**ATTENTION :** Si vous cochez les cases Force Fx, Force Fz et Moment My **à la fois**, vous aurez les trois diagrammes **SUPERPOSES**.

En général, c'est illisible.

Ne faire afficher qu'une sollicitation à la fois.

Si vous voulez afficher la déformée, ne pas oublier de décocher les moments avant.

Vous obtenez ensuite l'écran suivant :

fig 3

Toujours laisser cette fenêtre ouverte ici, par-dessus l'arbre de

Permet de choisir directement le cas qui sera affiché (choisir le cas par menu déroulant)

Utiliser les boutons + et - puis appliquer pour régler la dimension des diagrammes

Donne les cas de charge et la sollicitation affichée (N, M, T)

My 5kNm  
Max=20,67  
Min=-52,70

Cas: 9 (1.35 G + 1.5 W depression toit)

• affichage des valeurs des moments sur les diagrammes

fig 4

Cliquer sur cette flèche pour faire apparaître l'onglet Paramètres et faire afficher cette fenêtre.

En principe, on garde les extrêmes locaux.

A cocher selon convenance (En général, on le laisse comme c'est)

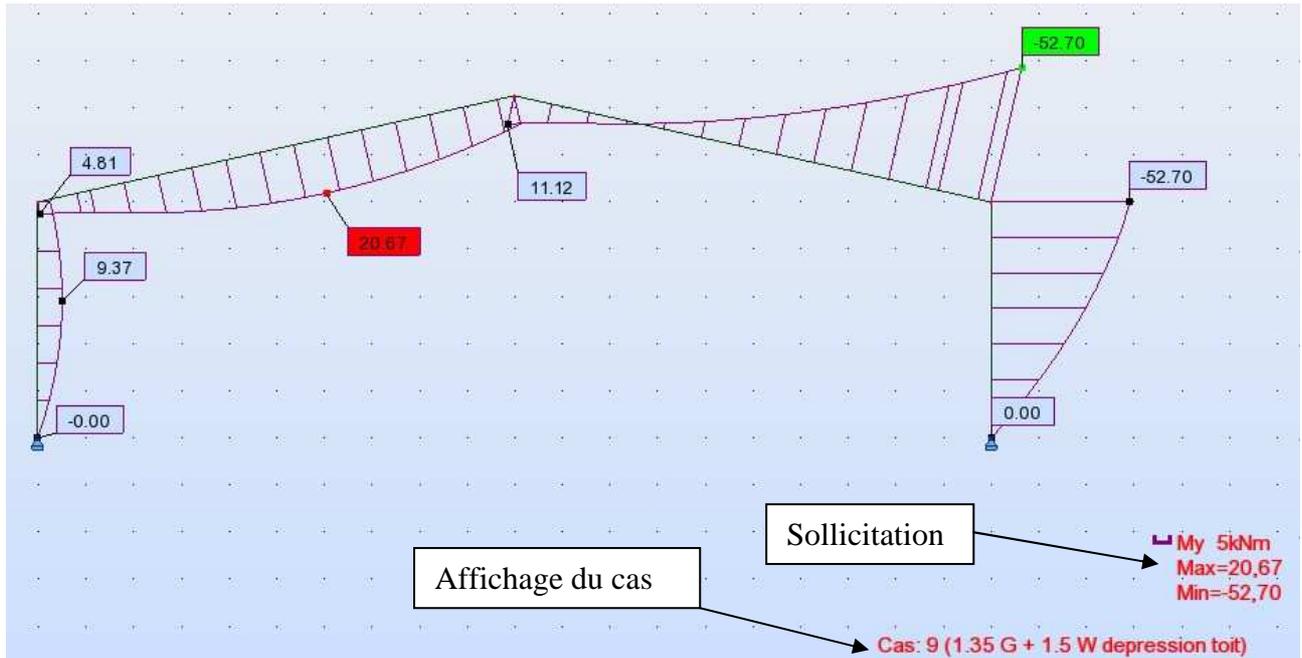
Quand tous les réglages sont faits, cliquer sur Appliquer

Cocher le bouton description pour faire apparaître les valeurs

Appliquer

Vous devriez avoir l'écran suivant :

fig 5



On constate que toutes les valeurs maxi de moment sont affichées, notamment en travée.

Si vous voulez afficher un autre cas avec les valeurs, voir fig 3 (menu déroulant en haut de l'écran)

## 2) affichage du tableau des valeurs de M, N, V:

Se fait par l'affichage de tableau : icône à droite :  et vous obtenez

fig 6

Cocher ici la case efforts, c.a.d. le tableau qui donne les valeurs de M, N, V pour chaque barre (aux nœuds d'extrémité)

L'onglet « Efforts » doit apparaître au bas de l'écran

Tableaux de données et de résultats

- Noeuds
- Barres
- Caractéristiques
- Pièces et familles
- Groupes d'objets
- Appuis
- Liaisons rigides
- Excentrement
- Imperfections géométriques
- Etages
- Métré
- Devis estimatif
- Charges
- Masses ajoutées
- Combinaisons
- Réactions
- Flèches des barres
- Déplacements des noeuds
- Efforts
- Contraintes

Mode d'ouverture du tableau

tableau complet (sélection en surbrillance)

tableau filtré suivant la sélection actuelle

OK Annuler Aide

Analyse détaillée Efforts Efforts:1

Après avoir cliqué sur OK puis dans l'onglet effort, vous obtenez le tableau suivant :

Indique le numéro de noeud, de barre et le cas. (C) indique que c'est une combinaison

Sollicitations Effort normal, tranchant, moment

Barre/Noeud/Cas	FX [kN]	FZ [kN]	MY [kNm]
1/ 1/ 1	28,81	-14,40	0,0
1/ 1/ 2	29,30	-15,81	0,00
1/ 1/ 3	18,35	-11,87	-0,00
1/ 1/ 4	-21,66	17,20	-0,00
1/ 1/ 5	9,61	6,17	-0,00
1/ 1/ 6	-21,40	4,53	-0,00
1/ 1/ 7 (C)	82,85	-43,16	0,00
1/ 1/ 8 (C)	66,42	-37,25	-0,00
1/ 1/ 9 (C)	6,41	6,36	-0,00
1/ 1/ 10 (C)	53,31	-10,19	-0,00
1/ 1/ 11 (C)	6,80	-12,65	-0,00
1/ 1/ 12 (C)	91,49	-37,60	0,00
1/ 1/ 13 (C)	75,07	-31,69	-0,00
1/ 1/ 14 (C)	75,28	-22,04	0,00
1/ 1/ 15 (C)	67,07	-19,09	-0,00
1/ 2/ 1	26,74	-14,40	-72,01
1/ 2/ 2	29,30	-15,81	-79,05
1/ 2/ 3	18,35	-11,87	-59,35
1/ 2/ 4	-21,66	10,00	68,02
1/ 2/ 5	9,61	-8,03	-4,64
1/ 2/ 6	-21,40	16,03	51,38
1/ 2/ 7 (C)	80,05	-43,16	-215,79
1/ 2/ 8 (C)	63,63	-37,25	-186,25
1/ 2/ 9 (C)	3,62	-4,44	4,81
1/ 2/ 10 (C)	50,51	-31,49	-104,18
1/ 2/ 11 (C)	4,00	4,60	-20,15
1/ 2/ 12 (C)	88,70	-50,38	-219,96
1/ 2/ 13 (C)	72,27	-44,47	-190,42
1/ 2/ 14 (C)	72,49	-43,34	-163,46
1/ 2/ 15 (C)	64,27	-40,39	-148,69
2/ 2/ 1	19,92	22,93	-72,01
2/ 2/ 2	21,86	25,12	-79,05
2/ 2/ 3	15,61	15,30	-59,35
2/ 2/ 4	-14,51	-18,93	68,02
2/ 2/ 5	9,94	7,61	-4,64
2/ 2/ 6	-20,33	-17,36	51,38

◀ Valeurs

Enveloppe

Extrêmes globaux

Info

Ce tableau permet de voir par exemple que pour la barre 1 au nœud 2 c'est la combinaison 12 qui conduit au moment maxi de 219.96 KN.m

fig 7

**Remarque :**

Le tableau ci-dessus n'est pas complet et s'étend sur environ 5 pages pour être complet.

Dans ce tableau, en général les cas élémentaires 1 à 6 ne nous intéressent pas (non prépondérant)

On peut filtrer de la manière suivante :

Cliquez avec **le bouton de droite** sur la case Barre/nœud/cas, sélectionner filtre dans le menu déroulant et vous obtenez :

Barre/Noeud/Cas	FX [kN]	FZ [kN]	MY [kNm]
1/ 1/ 7 (C)	82,85	-43,16	0,00
1/ 1/ 8 (C)	66,42	-37,25	-0,00
1/ 1/ 9 (C)	6,41	6,36	-0,00
1/ 1/ 10 (C)	53,31	-10,19	-0,00
1/ 1/ 11 (C)	6,80	-12,65	-0,00
1/ 1/ 12 (C)	91,49	-37,60	0,00
1/ 1/ 13 (C)	75,07	-31,69	-0,00
1/ 1/ 14 (C)	75,28	-22,04	0,00
1/ 1/ 15 (C)	67,07	-19,09	-0,00
1/ 2/ 7 (C)	80,05	-43,16	-215,79
1/ 2/ 8 (C)	63,63	-37,25	-186,25
1/ 2/ 9 (C)	3,62	-4,44	4,81
1/ 2/ 10 (C)	50,51	-31,49	-104,18
1/ 2/ 11 (C)	4,00	4,60	-20,15
1/ 2/ 12 (C)	88,70	-50,38	-219,96
1/ 2/ 13 (C)	72,27	-44,47	-190,42
1/ 2/ 14 (C)	72,49	-43,34	-163,46
1/ 2/ 15 (C)	64,27	-40,39	-148,69
2/ 2/ 7 (C)	59,68	68,63	-215,79
2/ 2/ 8 (C)	50,31	53,90	-186,25

**Filtre : Efforts**

Tout Rien Inverser

Cas

7A15

Précédente

Simple Combinaison Groupe

Attributs:

Tout

1 : poids propre toit  
 2 : neige sans accumul  
 3 : neige avec accumul  
 4 : vent LP, dépression  
 5 : vent LP, surpression  
 6 : vent sur le pignon

Fermer Aide

fig 8

1 Sélectionner CAS dans ce menu déroulant

2 Ecrire dans cette case manuellement 7A15 en majuscule

**REMARQUE** : - dès que vous écrivez 7A15 dans la case de filtrage, le tableau se trie automatiquement à gauche si vous cliquez dessus. Si ce n'est pas le cas, cela se fait dès qu'on clique sur fermer.

- vous remarquerez que les cas élémentaires ont disparu du tableau
- cette méthode de filtrage permet aussi d'isoler les résultats pour une seule barre en réglant le menu déroulant Cas sur Barre et en mettant les numéros de barres qui vous intéressent.

**PROPOSITION** : essayer les différentes options de cette boîte de dialogue pour en appréhender les effets

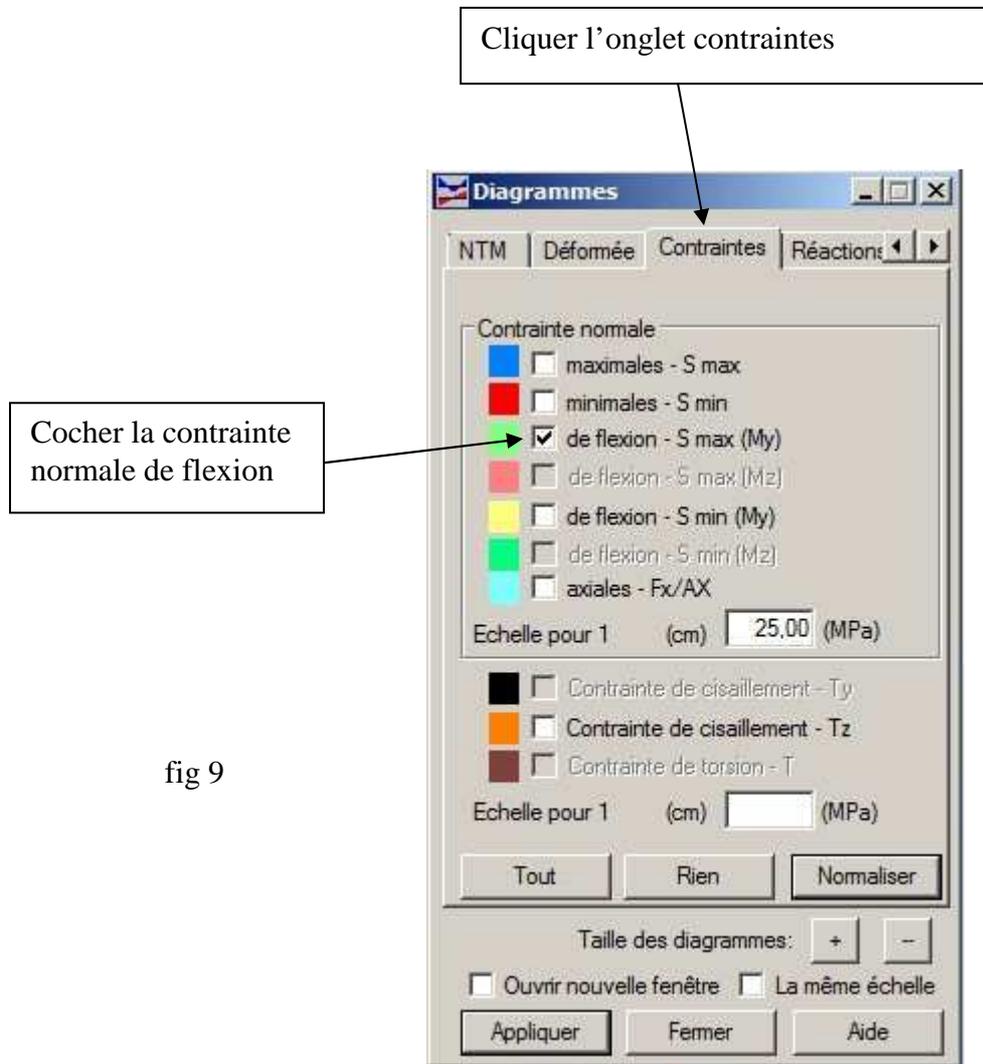
**IL EST IMPORTANT DE BIEN MAITRISER CES TECHNIQUES DE FILTRAGE PARCEQUE LES TABLEAUX DE RESULTATS PEUVENT ETRE TRES LONG (Donc il est difficile d'y retrouver une barre en particulier)**

Pour finir, cliquer sur le bouton Fermer.

### 3) Analyse graphique des contraintes:

Pour analyser les contraintes, on utilise le menu : **Résultat** puis **diagrammes-barres**

Vous obtenez la fenêtre suivante :

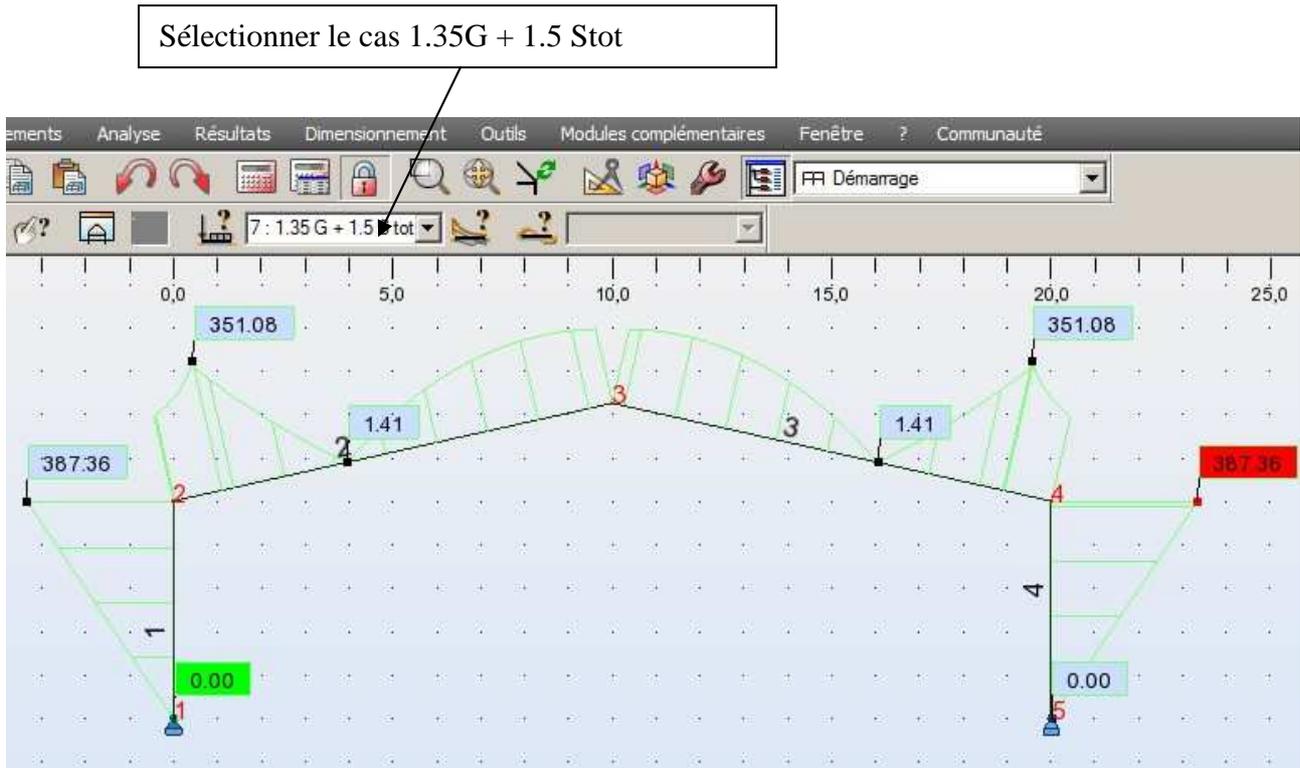


**ATTENTION** : il faut d'abord décocher moment My dans l'onglet NTM, sinon les diagrammes de moment et de contraintes qui se mélangent (ce qui est peu lisible)

Les diagrammes de contraintes ont généralement des valeurs élevées. Cliquez sur la case normalisée de la fig 9 pour faire apparaître un diagramme propre

Vous obtenez alors le résultat suivant :

fig 10



Le diagramme ci-dessus vous indique que la contrainte maxi sous le cas 1.35G + 1.5 Stot est de 387.36 Mpa

On en déduit tout de suite que les profilés choisis ne conviennent pas puisqu'on dépasse largement la contrainte élastique de 275 Mpa (acier S275)

#### 4) Tableau des contraintes:

Se fait par l'affichage de tableau : icône à droite : cocher la case contrainte et cliquer sur l'onglet contrainte en bas d'écran. Vous obtenez alors le tableau suivant :

fig 11

Barre/Noeud/Cas	S max [MPa]	S min [MPa]	S max(My) [MPa]	S min(My) [MPa]	Fx/Ax [MPa]
1/ 1/ 7 (C)	15,40	15,40	0,00	-0,00	15,40
1/ 1/ 8 (C)	12,34	12,34	0,00	-0,00	12,34
1/ 1/ 9 (C)	1,19	1,19	0,00	-0,00	1,19
1/ 1/ 10 (C)	9,91	9,91	0,00	-0,00	9,91
1/ 1/ 11 (C)	1,26	1,26	0,00	-0,00	1,26
1/ 1/ 12 (C)	17,00	17,00	0,00	-0,00	17,00
1/ 1/ 13 (C)	13,95	13,95	0,00	-0,00	13,95
1/ 1/ 14 (C)	13,99	13,99	0,00	-0,00	13,99
1/ 1/ 15 (C)	12,46	12,46	0,00	-0,00	12,46
1/ 2/ 7 (C)	402,23	-372,48	387,36	-387,36	14,88
1/ 2/ 8 (C)	346,15	-322,51	334,33	-334,33	11,82
1/ 2/ 9 (C)	9,31	-7,96	8,64	-8,64	0,67
1/ 2/ 10 (C)	196,39	-177,62	187,00	-187,00	9,39
1/ 2/ 11 (C)	36,91	-35,42	36,17	-36,17	0,74
1/ 2/ 12 (C)	411,33	-378,37	394,85	-394,85	16,48
1/ 2/ 13 (C)	355,25	-328,39	341,82	-341,82	13,43
1/ 2/ 14 (C)	306,90	-279,95	293,43	-293,43	13,47
1/ 2/ 15 (C)	278,86	-254,97	266,91	-266,91	11,94
2/ 2/ 7 (C)	240,73	-220,85	230,79	-230,79	9,94
2/ 2/ 8 (C)	207,57	-190,87	199,20	-199,20	8,38

**Filtre : Contraintes**

Tout Rien Inverser

Cas: [dropdown]

7A15

Précédente [up arrows] [up+] [down-] [down&]

Simple Combinaison Groupe

Attributs: [dropdown]

Tout

1 : poids propre toit  
2 : neige sans accumul  
3 : neige avec accumul  
4 : vent LP, dépression  
5 : vent LP, surpression  
6 : vent sur le pignon

Fermer Aide

## REMARQUE :

Le tableau ci-dessus (fig 11) donne :

- les valeurs des contraintes uniquement pour la barre 1
- les valeurs pour les combinaisons 7 A 15, c.a.d les combinaisons ELU (par tri)
- le tableau montre que la combinaison 12 induit une contrainte de 411.33 Mpa. Le tableau permet donc de trouver la valeur maxi de contraintes et le cas qui la donne. (le cas de la fig 10 n'était pas le maximum)

## 5) Déformée graphique:

Pour analyser les déplacements (déformée), on utilise le menu :

**Résultat puis diagrammes-barre**

Vous obtenez la fenêtre suivante :

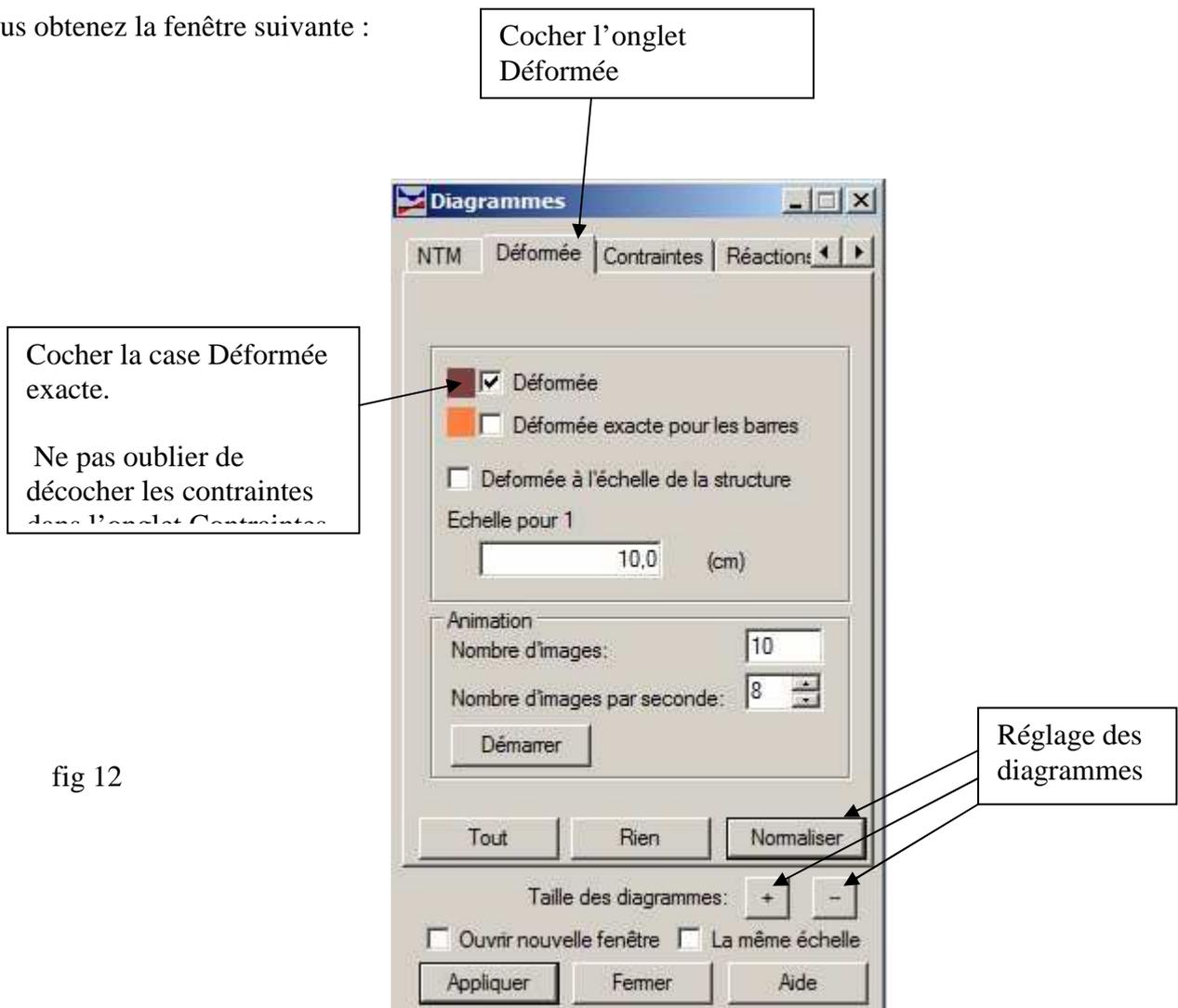
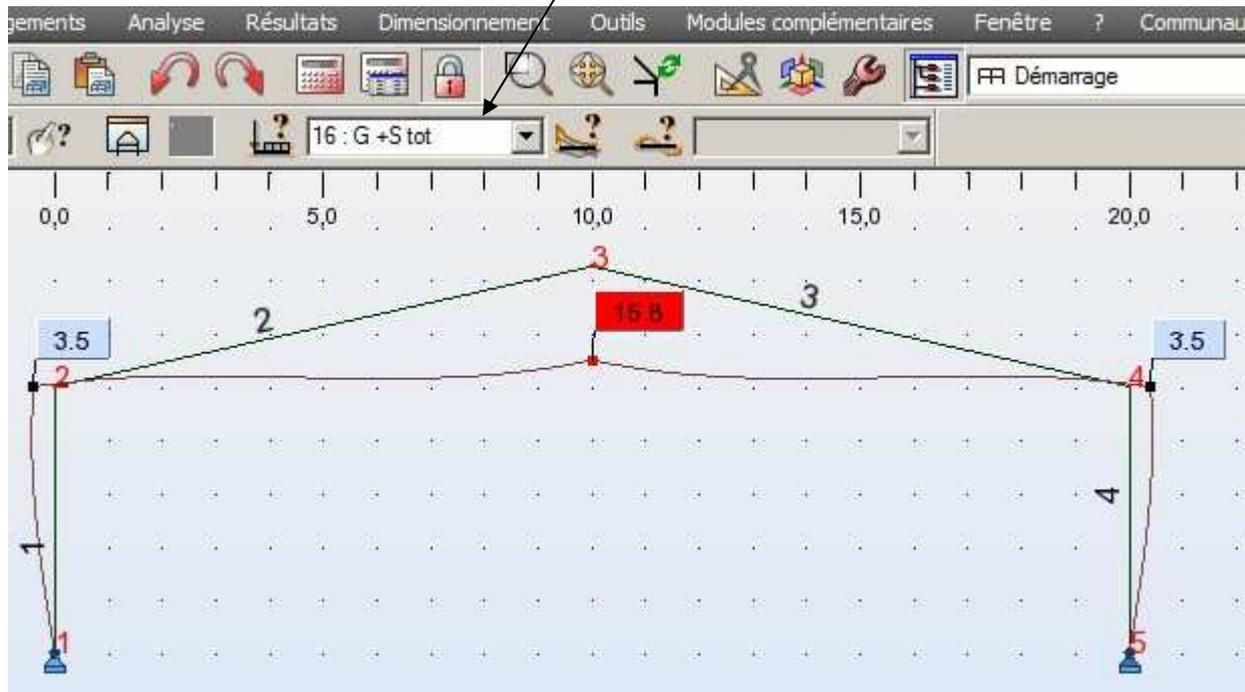


fig 12

On obtient alors la déformée suivante

fig 13

Bien sélectionner une combinaison ELS.  
C'est toujours la combinaison G+S tot qui produit la flèche maximale au milieu



### 6) Déformée sous forme de tableau:

Se fait par l'affichage de tableau : icône à droite :  , vous cocher la case **déplacement des noeuds** et vous éditez le tableau des déplacements de noeuds. Vous obtenez :

fig 14

Noeud/Cas	UX [cm]	UZ [cm]	RY [Rad]
1/ 15 (C)	0,0	0,0	-0,004
1/ 16 (C)	0,0	0,0	-0,014
1/ 17 (C)	0,0	0,0	-0,015
1/ 18 (C)	0,0	0,0	0,006
1/ 19 (C)	0,0	0,0	0,001
1/ 20 (C)	0,0	0,0	-0,003
1/ 21 (C)	0,0	0,0	-0,010
1/ 22 (C)	0,0	0,0	-0,010
1/ 23 (C)	0,0	0,0	-0,003
1/ 24 (C)	0,0	0,0	-0,003
2/ 15 (C)	1,1	-0,0	0,015
2/ 16 (C)	-3,5	-0,0	0,007
2/ 17 (C)	-4,3	-0,0	0,004
2/ 18 (C)	3,0	-0,0	0,006
2/ 19 (C)	1,9	-0,0	0,010
2/ 20 (C)	-0,6	-0,0	0,001
2/ 21 (C)	-1,4	-0,0	0,011
2/ 22 (C)	-2,2	-0,0	0,008
2/ 23 (C)	0,9	-0,0	0,012
2/ 24 (C)	0,5	-0,0	0,010
3/ 15 (C)	5,1	-18,3	-0,004
3/ 16 (C)	0,0	-15,8	-0,000
3/ 17 (C)	-1,3	-13,8	0,003
3/ 18 (C)	3,6	-2,5	-0,003
3/ 19 (C)	4,0	-9,8	-0,004
3/ 20 (C)	0,0	-2,8	-0,000
3/ 21 (C)	2,4	-17,2	-0,002
3/ 22 (C)	1,2	-15,1	0,000
3/ 23 (C)	4,0	-14,0	-0,004
3/ 24 (C)	3,4	-12,9	-0,002

**Filtre : Déplacements**

Tout Rien Inverser

Cas

15A24

Précédente

Simple Combinaison Groupe

Attributs:

Tout

- 1 : poids propre toit
- 2 : neige sans accumul
- 3 : neige avec accumul
- 4 : vent LP, dépression
- 5 : vent LP, surpression
- 6 : vent sur le pignon

Fermer Aide

**REMARQUE :** - On filtre les combinaisons 15 à 24 qui sont les **combinaisons ELS**

- On remarque que le déplacement vertical est de 17.2 cm au point 3, comb 21

- On remarque que le déplacement horizontal est de 5.1 cm au point 3, comb 15

- On peut comparer ces valeurs aux limites ( $h/150$  et  $L/250$ )

**ATTENTION :** Robot donne les flèches en cm, avec un chiffre après la virgule. Cette précision est quelquefois peu suffisante.

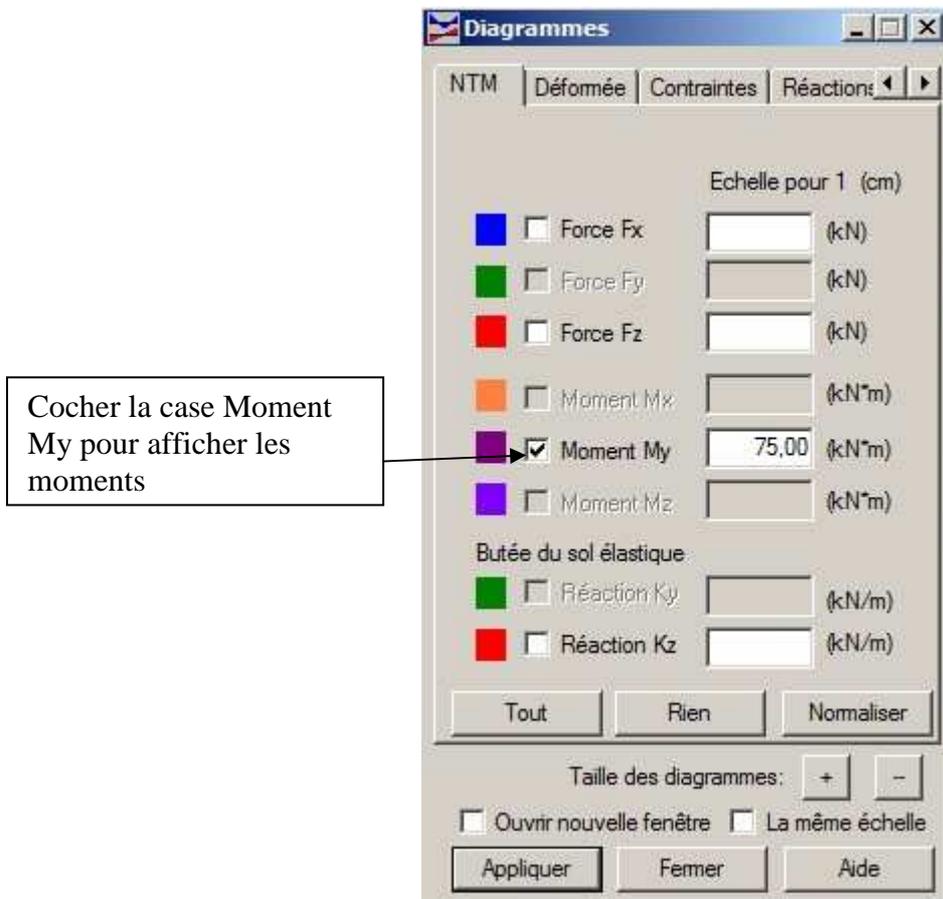
## 7) Courbe enveloppe:

La courbe enveloppe est celle qui englobe toutes les autres courbes. Elle montre donc les valeurs maxi globales.

On peut tracer des courbes enveloppes pour les moments, les déformées et les contraintes. On fera juste le cas des moments à titre d'exemple.

Pour analyser les contraintes, on utilise le menu : **Résultat** puis **diagrammes-barres**

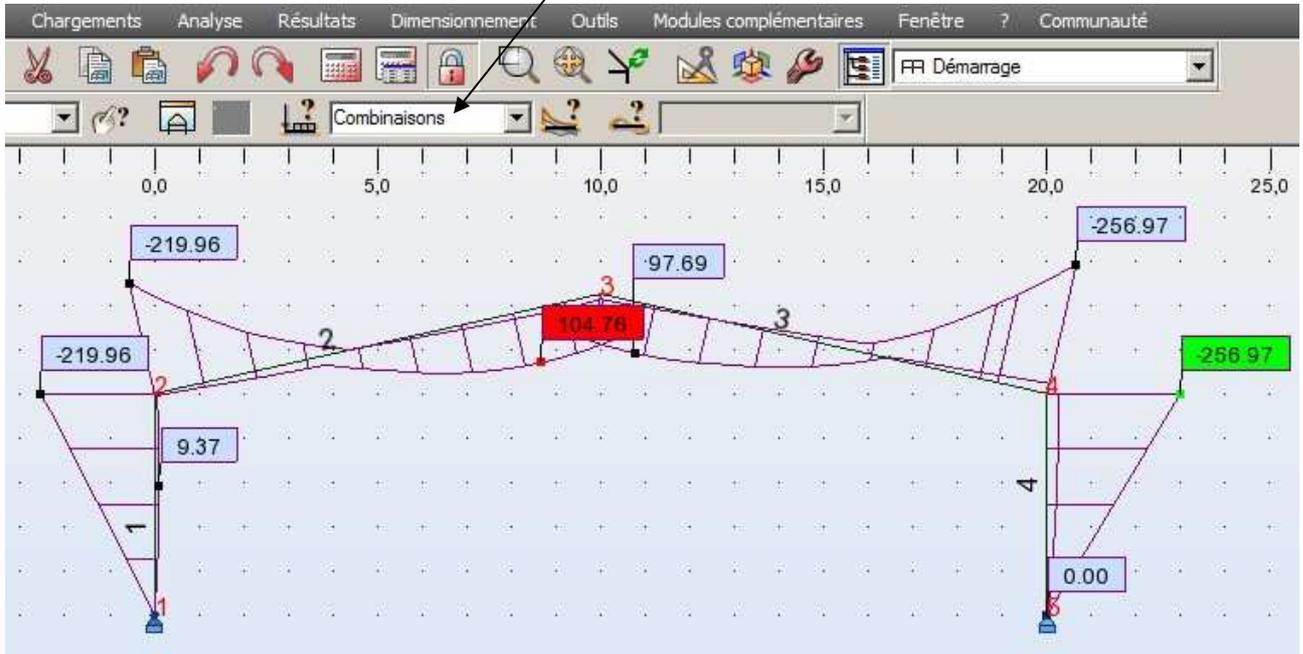
Vous obtenez la fenêtre suivante :



Cliquez sur appliquer et vous obtiendrez :

fig 15

Bien cliquer sur **combinaisons** dans ce menu. Donne la courbe enveloppe de M



Cette méthode permet de trouver le moment maximum dans la structure sans examiner les tableaux de chiffre.

**ON PEUT AVOIR LES MEMES COURBES ENVELOPPES POUR LES CONTRAINTES ET LES DEFORMEES** → à faire à titre d'exercice.

### 8) Analyse d'une seule barre à la fois:

Permet d'analyser une seule barre pour les valeurs de M,N, V, de contraintes ou de déplacement en n'importe quel point.

#### 1. SELECTIONNER LA BARRE QUE VOUS VOULEZ ANALYSER (elle devient rouge)

Utiliser le menu : **Résultat** puis **Analyse détaillée**

vous obtenez la fenêtre suivante et vous y cocher My → affichera le moment sur la barre sélectionnée.

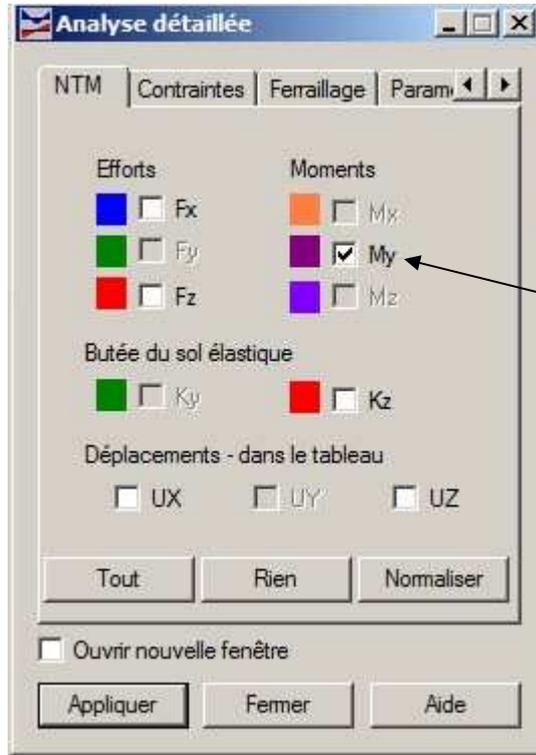


fig 16

Cocher ici My, c.a.d q'on aura le moment dans la barre sélectionnée

Cliquez sur appliquer et vous obtenez :

fig 17

Cliquer sur terminer pour sortir de cette fenêtre.

Sélectionner la combinaison qui vous intéresse

Barre / Point [m]	MY [kNm]
Valeur actuelle pour la barre:	-0,00
pour la barre:	1
dans le point:	x=0,0 [m]
1 / orig.	-0,00
1 / extr.	4,81

Permet d'avoir la valeur de M en tout point

Numéros de nœuds, de barre

Laisser ouvert, permet de sélectionner les contraintes, les flèches.. et les afficher

Cette analyse détaillée de barre permet de trouver par exemple le passage par 0 d'un moment.

L'analyse détaillée s'applique aussi bien au diagramme de moment que de contrainte. (Pas aux flèches)

### **POUR CHANGE DE BARRE :**

Cliquer sur terminé pour sortir de l'analyse détaillée.

Désigner à la souris une nouvelle barre, par exemple la 2, et repasser par le menu [résultats analyse détaillée](#).

**FIN**