



# CONSTRUCTION MÉCANIQUE

## Automatiser les calculs torsoriels



EDC  
Sujet / DR

### Logiciels



### Matériel

### Dossier technique



Présent document

Calculs\_torseurs.xls

### Dossier ressource



Fiche : torseurs

### Dossier réponses



Feuille de copie

présent document

## PRÉSENTATION

Vous êtes membre chargé des affaires dans service qui gère des projets. Chaque membre de ce service qui vous accueille doit de manière quotidienne effectuer des calculs répétitifs qui font perdre en temps précieux, sans parler des erreurs de calculs qui obligent à les recommencer bien souvent une deuxième fois ! Vous maîtrisez l'outil tableur et on vous sollicite donc.

## PROBLEMATIQUE - OBJECTIF DE L'ETUDE

**Problématique ATI :** Créer un outil de calcul simple et ergonomique pour le service de chargé d'affaire dans lequel vous êtes => gagner du temps et limiter les erreurs de calculs.

**Objectifs CM :** Automatiser le calcul permettant la réduction de torseurs des efforts en différents point à choisir et ce quelque soit la configuration des données (valeurs purement numériques ou inconnues).

## TRAVAIL DEMANDE – PARTIE 1

Dans cette activité, on vous propose donc de simplifier la résolution de problème de statique par les torseurs, en réalisant une feuille de calculs (type Excel) qui permet de changer le point de réduction des torseurs.

Une fois chaque consigne réalisée ou franchie, cochez le  correspondant afin de visualiser votre état d'avancement.

Document  
Professeur



# CONSTRUCTION MÉCANIQUE

## Automatiser les calculs torsoriels



EDC  
Sujet / DR

### MODIFICATION DE LA FEUILLE DE CALCULS POUR LES TORSEURS NUMERIQUES

□ Ouvrez le fichier : « **calculs\_torseur\_eleve.xls** » situé dans l'espace de partage du réseau.

La feuille de calculs ouverte est la suivante (voir figure 1 ci-dessous). Les cases où des valeurs sont déjà inscrites (en **rouge** dans Excel) seront celles complétées par l'utilisateur, les cases « vides » seront remplies automatiquement après « saisie des formules ».

Figure 1 : capture d'écran de la feuille de calculs à compléter

Calculs pour la réduction d'un  
torseur d'un point à un autre

Document  
Professeur

Indiquez le point de départ et ses coordonnées

D =  $\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}_R$

Indiquez le point d'arrivée et ses coordonnées

B =  $\begin{pmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}_R$

Indiquez le repère du solide qui agit : **1**

Indiquez le repère du solide isolé : **2**

Indiquez les composantes du torseur au point de départ

$\left\{ T_{1/2} \right\}_D = \left\{ \begin{matrix} 200 & 0 \\ 400 & 100 \\ 1100 & 500 \end{matrix} \right\}_R$

Le produit vectoriel est le suivant

$M_{B \ 1/2} = M_{D \ 1/2} + B \ D \wedge \ D \ 1/2$

"Au point d'arrivée", le torseur s'écrit

$\left\{ T_{1/2} \right\}_B = \left\{ \quad \quad \quad \right\}_R$

□ Relevez ci-contre les coordonnées de cellules correspondant aux 6 composantes du torseur réduit au centre de réduction de départ.

□ Rappelez ci-dessous à quel élément de réduction correspond chaque colonne et précisez lequel reste invariante.

**Résultante du torseur réduit au point de départ (invariante)**

**Moment du torseur réduit au point de départ**

Coordonnées de cellules

$\left\{ T \ \dots / \ \dots \right\} = \left\{ \begin{matrix} I \ 22 & K \ 22 \\ I \ 23 & K \ 23 \\ I \ 24 & K \ 24 \end{matrix} \right\}_R$

Centre de réduction de départ

□ Torseur réduit au point d'arrivée : saisissez les coordonnées de la colonne qui reste invariante.

□ Calcul qui détermine le **moment** au point d'arrivée : saisissez les coordonnées de cellules de la résultante.

□ Calcul qui détermine le **moment** au point d'arrivée : saisissez les coordonnées de cellules du moment de départ.



# CONSTRUCTION MÉCANIQUE

## Automatiser les calculs torsoriels



EDC  
Sujet / DR

- Complétez ci-dessous les repères des cellules des coordonnées du centre de réduction du torseur à l'arrivée. Exprimez avec ces repères, la relation sur chaque axe de R, qui calcule les composantes du vecteur de déplacement de torseur correspondant (⚠ à l'ordre des points).

Centre de réduction du torseur au <b>départ</b>	/ x <b>I 4</b>	Centre de réduction du torseur à l' <b>arrivée</b>	/ x <b>I 11</b>	⇒ Vecteur <u>arrivée-départ</u>	/ x <b>I 4 - I 11</b>
	/ y <b>I 5</b>		/ y <b>I 12</b>		/ y <b>I 5 - I 12</b>
	/ z <b>I 6</b>		/ z <b>I 13</b>		/ z <b>I 6 - I 13</b>

- Calcul qui détermine le **moment** au point d'arrivée : saisissez les formules donnant ce vecteur arrivée-départ.
- Exprimez ci-dessous avec les repères des cellules correspondantes, la relation sur chaque axe de R, qui calcule les composantes du moment au centre de réduction d'arrivée.

Vecteur moment

/ x	<b>R 12 + (X 13 * AA 14 - X 14 * AA 13)</b>
/ y	<b>R 13 + (X 14 * AA 12 - X 12 * AA 14)</b>
/ z	<b>R 14 + (X 12 * AA 13 - X 13 * AA 12)</b>

Document  
Professeur

- Calcul qui détermine le **moment** au point d'arrivée : saisissez les formules donnant ce vecteur moment.

- Indiquez ci-contre les coordonnées de cellules correspondant aux 3 composantes calculées dans le produit vectoriel.

$$\left\{ \begin{matrix} T \\ \dots \\ \dots \end{matrix} \right\} = \left\{ \begin{matrix} \mathbf{I 22} & \mathbf{AF 22} \\ \mathbf{I 23} & \mathbf{AF 23} \\ \mathbf{I 24} & \mathbf{AF 24} \end{matrix} \right\} \mathbf{R}$$

Centre de réduction d'arrivée

- Calcul qui détermine le **moment** au point d'arrivée : saisissez ces coordonnées de cellule.

- Vérifiez votre feuille de calculs. Pour cela :

- Faites un exemple de calculs « à la main » de changement de point de torseur (attention aux erreurs de calculs).
- Saisissez tous les paramètres correspondant à votre calcul manuel dans votre feuille de calculs.
- Comparez ; les résultats doivent être identiques.

- Enregistrez votre feuille de calculs.



### UTILISATION DE LA FEUILLE DE CALCULS

Traitez l'exercice proposé en utilisant votre feuille de calculs pour le changement de point de réduction.

Le support **1** est encastré sur un mur **0** en E. Il assure le maintien des trois câbles dont les tensions sont :

$\vec{F}_A$  [ 1000 N dans le plan (O,y,z) ]

$\vec{F}_B$  [ 600 N dans le plan (O,x,y) ]

$\vec{F}_C$  [ 700 N dans l'espace ]

Isolons le support **1** et effectuons le **B.A.M.E** agissant sur lui :

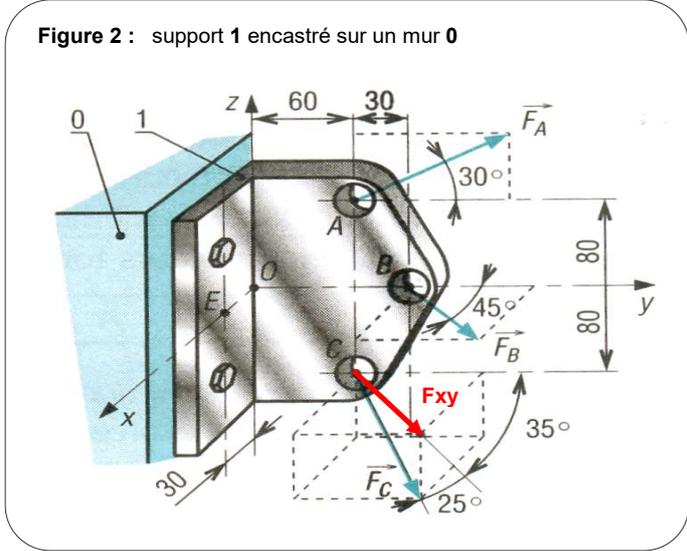


Figure 2 : support 1 encastré sur un mur 0

Valeurs projetées des forces sur x, y et z

$$\left\{ \begin{array}{l} T_{\text{câble A / 1}} \\ \end{array} \right\} = \begin{array}{l} \begin{array}{l} 0 \\ 866 \\ 500 \end{array} \\ A \end{array} \quad \begin{array}{l} 0 \\ 0 \\ 0 \end{array}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} T_{\text{câble B / 1}} \\ \end{array} \right\} = \begin{array}{l} \begin{array}{l} 424 \\ 424 \\ 0 \end{array} \\ B \end{array} \quad \begin{array}{l} 0 \\ 0 \\ 0 \end{array}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} T_{\text{câble C / 1}} \\ \end{array} \right\} = \begin{array}{l} \begin{array}{l} 364 \\ 519 \\ -296 \end{array} \\ C \end{array} \quad \begin{array}{l} 0 \\ 0 \\ 0 \end{array}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} T_{0 / 1} \\ \end{array} \right\}$$

$$\left\{ \begin{array}{l} R \\ \end{array} \right\}_E = \begin{array}{l} \begin{array}{l} 0 \\ 866 \\ 500 \end{array} \\ \begin{array}{l} -39280 \\ 15000 \\ -25980 \end{array} \end{array} \quad \left\{ \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right\}_R$$

$$\left\{ \begin{array}{l} R \\ \end{array} \right\}_E = \begin{array}{l} \begin{array}{l} 424 \\ 424 \\ 0 \end{array} \\ \begin{array}{l} 0 \\ 0 \\ -50880 \end{array} \end{array} \quad \left\{ \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right\}_R$$

$$\left\{ \begin{array}{l} R \\ \end{array} \right\}_E = \begin{array}{l} \begin{array}{l} 364 \\ 519 \\ -296 \end{array} \\ \begin{array}{l} 23760 \\ -38000 \\ -37410 \end{array} \end{array} \quad \left\{ \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right\}_R$$

$$\left\{ \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right\}_E = \begin{array}{l} \begin{array}{l} X_{01} \\ Y_{01} \\ Z_{01} \end{array} \\ \begin{array}{l} L_{01} \\ M_{01} \\ N_{01} \end{array} \end{array} \quad \left\{ \begin{array}{l} \\ \\ \\ \end{array} \right\}_R$$

Appliquons le P.F.S. en E au support **1** et pour obtenir 6 équations :

(1)  $0 + 424 + 364 + X_{01} = 0 \Rightarrow X_{01} = -778 \text{ N}$

(2)  $866 + 424 + 519 + Y_{01} = 0 \Rightarrow Y_{01} = -1809 \text{ N}$

(3)  $500 + 0 - 296 + Z_{01} = 0 \Rightarrow Z_{01} = -204 \text{ N}$

(4)  $-39280 + 0 + 23760 + L_{01} = 0 \Rightarrow L_{01} = 15520 \text{ Nmm}$

(5)  $15000 + 0 - 38000 + M_{01} = 0 \Rightarrow M_{01} = 23000 \text{ Nmm}$

(6)  $-25980 - 50880 - 37410 + N_{01} = 0 \Rightarrow N_{01} = 118270 \text{ Nmm}$

Déterminez les inconnues sur feuille personnelle.

**Résolution**

Document  
Professeur



## TRAVAIL DEMANDE – PARTIE 2

### MODIFICATION DE LA FEUILLE DE CALCULS POUR DES TORSEURS INCONNUS

-  → Créez en copie, une nouvelle feuille à partir de celle déjà modifiée par vos soins en partie 1.
-  → Modifiez cette nouvelle feuille afin de constituer un résultat pouvant contenir et afficher des degrés de liaison inconnus afficher. La formule qui permet dans Excel cela est « concatener(... ».

### UTILISATION DE LA FEUILLE DE CALCULS

On vous donne une liaisons linéaire annulaire de centre A et d'axe x entre deux solides **1** et **2**.  
On vous donne les coordonnées des points qui feront partie du test : A (0 ; 2 ; 3) et B (2 ; 10 ; 5).

-  Déduisez ci-dessous, le torseur de l'action transmissible dans cette liaison en A.

$$\left\{ \begin{array}{c} T \\ 1/2 \end{array} \right\} = \underset{A}{\left\{ \begin{array}{cc} 0 & 0 \\ Y_{12} & 0 \\ Z_{12} & 0 \end{array} \right\}}_R$$

-  Effectuez les calculs « à la main » sur un brouillon, qui permettent de réduire le torseur au point B.  
Notez le résultat ci-dessus.

$$\left\{ \begin{array}{c} T \\ 1/2 \end{array} \right\} = \underset{B}{\left\{ \begin{array}{cc} 0 & 8 \cdot Z_{12} - 2 \cdot Y_{12} \\ Y_{12} & -2 \cdot Z_{12} \\ Z_{12} & 2 \cdot Y_{12} \end{array} \right\}}_R$$

-  → Effectuez la saisie correspondant au test de votre feuille de calculs afin de vérifier son bon fonctionnement.
-  → Enregistrez votre feuille de calculs.

Document  
Professeur