

Manuel d'Utilisation
Fascicule U4.4- : Modélisation
Document : U4.42.02

Macro-commande `MACRO_CARA_POUTRE`

1 But

Calculer les caractéristiques d'une section transversale de poutre à partir d'un maillage 2D de la section.

Elle permet de construire une table de valeurs, utilisable par la commande `AFFE_CARA_ELEM` [U4.42.01] pour affecter des caractéristiques de sections droites à tous les éléments finis de poutre (modélisations `POU_D_E`, `POU_D_T`, `POU_C_T`, `POU_D_TG`) ou de barre (modélisation `BARRE`) de section quelconque.

Les caractéristiques nécessaires sont définies dans la note de référence [R3.08.03]. Ce sont :

- les caractéristiques géométriques (qui peuvent être calculées sur le maillage complet, demi maillage avec symétrie par rapport à x ou à y , quart de maillage avec deux symétries par rapport à x et à y),
- les caractéristiques de torsion : constante de rigidité en torsion, position et excentricité du centre de torsion pour le couplage flexion-torsion,
- les caractéristiques de cisaillement pour les modèles avec déformations d'effort tranchant,
- les caractéristiques de gauchissement pour les modèles de torsion des sections "ouverte" non symétriques.

Produit une table contenant les caractéristiques de la section. Les valeurs contenues dans cette table peuvent être introduites directement (via python) dans la commande `AFFE_CARA_ELEM` pour un calcul de type poutre.

2 Syntaxe

```
tabl_cara_geom = MACRO_CARA_POUTRE
```

```

(  ◇  UNITE_MALLAGE =      /  20,          [DEFAULT]
      /  iuni,          [I]
  ◇  INFO = /  1          [DEFAULT]
      /  2
  ◇  ORIG_INER      =  (xp,yp),          [l_R]

#  Si on veut les caractéristiques géométriques seulement :

      /  ◇  |  SYME_X =  'OUI',
          |  SYME_Y =  'OUI',
  ◇      GROUP_MA   =  lgm,
[l_gr_maille]

#  Si on veut les caractéristiques géométriques et mécaniques d'une
section :

[l_gr_maille]  /  ◇  GROUP_MA_BORD=  lgb,
                ◇  NOEUD           =  ln,
                ◇  GROUP_MA_INTE=  lgi,

#  Si on veut les caractéristiques d'un réseau de poutres entre deux
planches :

[l_gr_maille]  /  ◇  GROUP_MA_BORD=  lgb,
                ◇  GROUP_MA       =  lgm,
[l_gr_maille]
                ◇  LONGUEUR       =  h,
                ◇  MATERIAU       =  mater,          [mater]
                ◆  LIAISON        =  /  'ROTULE',
                                   /  'ENCASTREMENT',
                ◇  NOEUD          =  ln,

);
```

3 Opérandes

3.1 Opérande `UNITE_MALLAGE`

◇ `UNITE_MALLAGE`

Numéro d'unité logique pour la lecture du maillage 2D de la section de poutre dont on va calculer les caractéristiques au format Aster : c'est à dire un maillage pouvant être lu par `LIRE_MALLAGE`.

Remarque :

Si on doit faire plusieurs appels à `MACRO_CARA_POUTRE` dans le même fichier de commandes sur le même maillage ou des maillages différents il faut alors changer `UNITE_MALLAGE`.

3.2 Opérandes `SYME_X` / `SYME_Y`

◇ | `SYME_X`

Précise que le maillage fourni par l'utilisateur correspond à un demi maillage. Le calcul des caractéristiques de la section droite tient compte d'une symétrie par rapport à $x = 0$.

| `SYME_Y`

Précise que le maillage fourni par l'utilisateur correspond à un demi maillage. Le calcul des caractéristiques de la section droite tient compte d'une symétrie par rapport à $y = 0$.

L'utilisation simultanée des deux options permet de ne fournir qu'un quart du maillage.

Les propriétés de symétrie sont utilisées pour accélérer le calcul des caractéristiques géométriques.

Remarque :

Les mots clés `SYME_X` et `SYME_Y` ne sont utilisés que pour le calcul des caractéristiques géométriques. Les caractéristiques mécaniques (constante de torsion, constante de gauchissement, coefficients de cisaillement) n'en tiennent pas compte. Pour les calculer, il faut donc mailler la section en entier. C'est pourquoi `SYME_X` et `SYME_Y` ne peuvent pas être renseignés simultanément à `GROUP_MA_BORD`.

3.3 Calcul des caractéristiques mécaniques

◇ `GROUP_MA_BORD = lgb`

`lgb` désigne un (ou plusieurs) groupe de mailles (`SEG2` ou `SEG3`) décrivant le contour (fermé) de la section maillée. C'est la présence de ce mot clé qui entraîne le calcul des caractéristiques mécaniques de la section (cf. [U4.42.01] `AFFE_CARA_ELEM`, mot clé `POUTRE`).

◇ `GROUP_MA_INTE = lgi`

`lgi` désigne un ou plusieurs groupes de mailles décrivant les contours d'éventuels trous. Cette donnée sert au calcul de la constante de torsion.

◇ `GROUP_MA = lgm`

`lgm` correspond à une liste de groupes de mailles pour lesquels le calcul des caractéristiques doit être effectué de façon indépendante. Cette fonctionnalité permet en particulier de rechercher les caractéristiques de poutre équivalente à plusieurs sections disjointes. Si on souhaite le calcul des caractéristiques mécaniques pour chaque groupe de maille, il faut alors donner un groupe de mailles de bord par section (à l'aide du mot clé `GROUP_MA_BORD`). Les listes `lgb` et `lgm` doivent alors se correspondre.

◇ `ORIG_INER = (xp, yp)`

Ce mot clé définit le point où les caractéristiques inertielles de la section sont calculées. Les valeurs des moments d'inertie sont alors fournies en ce point et au centre de gravité de la section (pour tout le maillage ou bien pour chaque groupe de maille si `GROUP_MA` est précisé).

◇ `NOEUD = ln,`

Pour le calcul des coefficients de cisaillement, (si le mot clé `GROUP_MA_BORD` est présent), on est amené à résoudre un problème thermique sur la section (ou chaque groupe de la liste `lgm`), avec pour seule condition aux limites un terme source. Ceci peut produire des messages d'alarme dus à la présence de pivots nuls, sans que la qualité du résultat en soit affectée. Pour éviter ces messages d'alarme, il est possible de donner un noeud (ou une liste de noeuds si `lgm` est donnée) en lesquels la température est imposée.

3.4 Cas de réseau de poutres

◇ `LONGUEUR = h,`
`MATERIAU = mater,`
`LIAISON = / 'ROTULE',`
`/ 'ENCASTREMENT',`

Ces trois mots-clés permettent le calcul des coefficients de cisaillement équivalents à un ensemble de poutres parallèles (poteaux) situées entre deux planchers, distants de la longueur `h`. Les sections de ces poutres sont définies par le mot-clé `GROUP_MA`.

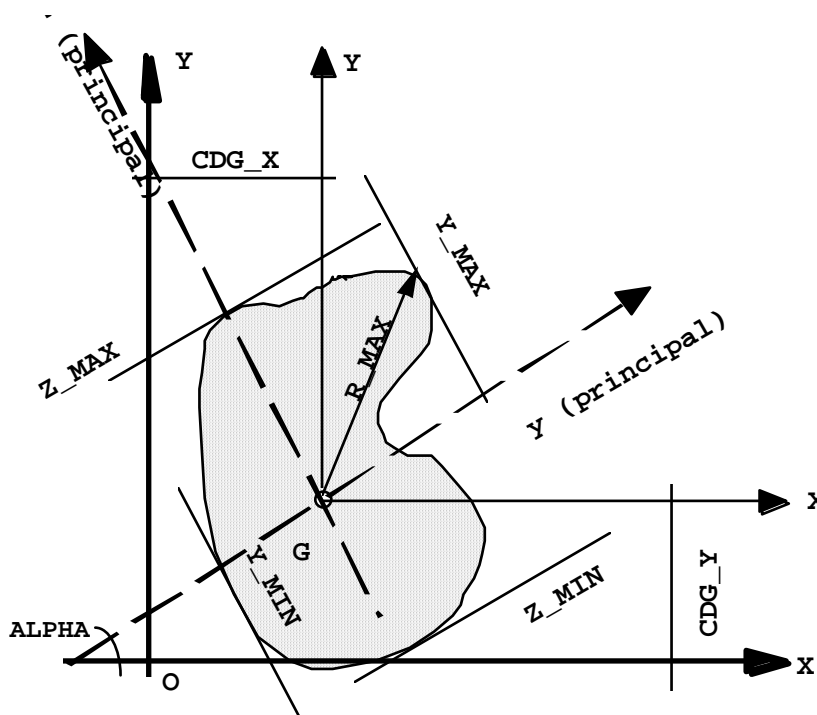
Elles sont toutes composées du même matériau élastique linéaire (mot-clé `MATERIAU`). La liaison avec le plancher inférieur est de type "encastrement". Celle avec le plancher supérieur est désigné par le mot-clé `LIAISON`.

4 Définition des grandeurs produites

4.1 Repères utilisés pour les caractéristiques géométriques

Deux repères sont utilisés :

- le repère OXY de description du maillage 2D ;
- le repère principal d'inertie GYZ . de la section droite, dont la dénomination correspond à celle utilisée à la description des éléments de poutre de fibre neutre Gx [U4.42.01].



Définition des grandeurs géométriques relatives à une section de poutre

4.2 Grandeurs disponibles dans la table produite

4.2.1 Caractéristiques géométriques

Ces caractéristiques sont données dans la table pour tout le maillage et pour chaque groupe de la liste `lgm` (qui peut correspondre à une moitié ou un quart de la section si les mots clés `SYME_X` ou `SYME_Y` sont présents).

4.2.1.1 Caractéristiques du maillage lu

- aire : `AIRE_M`
- position du centre de gravité : `CDG_X_M`, `CDG_Y_M`
- moments et produit d'inertie d'aire, au centre de gravité G dans le repère GXY :

`IX_G_M` `IY_G_M` `IXY_G_M`

4.2.1.2 Caractéristiques de la section de poutre

- aire : `AIRE`
- position du centre de gravité : `CDG_X`, `CDG_Y`
- moments et produit d'inertie d'aire, au centre de gravité `G` dans le repère `GXY` :
`IX_G` `IY_G` `IXY_G`
- moments d'inertie d'aire principaux dans le repère `Gyz`, utilisables pour le calcul de la rigidité de flexion de la poutre : `IY_PRIN_G` et `IZ_PRIN_G`
- angle de passage du repère `GXY` au repère principal d'inertie `Gyz` : `ALPHA`
- distances caractéristiques, par rapport au centre de gravité `G` de la section pour les calculs de contraintes maximales : `Y_MAX`, `Y_MIN`, `Z_MAX`, `Z_MIN` et `R_MAX`.
- `X_P` `Y_P` : point de calcul des moments d'inertie géométriques
`IX_P` `IY_P` `IXY_P` : moments d'inertie géométriques dans le repère `PXY`
`IY_PRIN_P` `IZ_PRIN_P` : moments d'inertie dans le repère `Pyz`.
`IXR2`, `IYR2`, `IYR2_PRIN_G`, `IZR2_PRIN_G`, `IXR2_P`, `IYR2_P` :
caractéristiques utiles pour la matrice de rigidité géométrique des éléments `POU_D_TG` et `POU_D_T_GM`.

4.2.2 Caractéristiques "mécaniques"

Ces caractéristiques sont fournies dans la table pour tout le maillage et pour chaque groupe de maille de la liste `lgm`.

4.2.2.1 Caractéristiques de torsion

- constante de torsion : `CT`
- position du centre de torsion (point `C`) dans le repère `GXY` : `PCTX` et `PCTY`. On en déduit l'excentricité du centre de torsion (composante de `CG` dans le repère principal d'inertie `Gyz`) : `EY` et `EZ`
- constante de gauchissement (utilisable uniquement pour la modélisation `POU_D_TG` avec 7 degrés de liberté) : `JG`

4.2.2.2 Caractéristiques de cisaillement

- coefficients de cisaillement (dans le repère principal d'inertie `Gyz`) sous la forme du rapport (> 1.) de l'aire totale à l'aire effectivement cisailée : `AY` et `AZ`

4.3 Affectation des grandeurs dans `AFFE_CARA_ELEM`

Les valeurs contenues dans cette table peuvent être dans la commande `AFFE_CARA_ELEM` pour un calcul de type poutre.

Dans `AFFE_CARA_ELEM`, les caractéristiques sont à fournir dans le repère principal d'inertie (`G,y,z`). Les quantités à fournir (`IY`, `IZ`,...) correspondent à celles calculées dans le repère principal d'inertie défini à partir de `G,X,Y` (`IY_PRIN_G`, `IZ_PRIN...`).

Il faut donc prendre garde à bien orienter le repère local des éléments de poutre (mot clé `ORIENTATION` de `AFFE_CARA_ELEM`) afin d'affecter correctement les quantités.

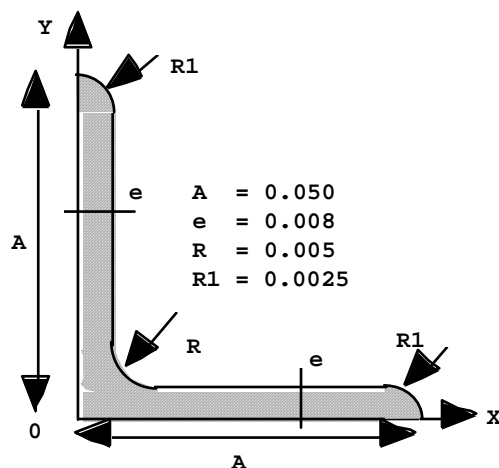
Il est possible de fournir directement (via des variables python) les caractéristiques des sections (générale) issues d'un calcul avec `MACRO_CARA_POUTRE`. Ceci est mis en œuvre dans le test `SSLL107F`.

5 Exemples d'utilisation

5.1 Caractéristique d'un profilé en cornière à ailes égales

(50 x 50 x 8) traité par le test SSL107A [V1.01.105].

5.1.1 Section étudiée



5.1.2 Fichier de commandes

TCARA = MACRO_CARA_POUTRE (GROUP_MA_BORD = 'LSURF', NOEUD = 'N1', INFO = 2)
 ou LSURF est le groupe des mailles linéiques du contour de la section.

5.1.3 Caractéristiques géométriques obtenues

Les caractéristiques du maillage sont identiques à celles de la section. Elles sont conformes à celles trouvées dans le "Catalogue de produits sidérurgiques OTUA : Conditions d'emploi en construction métallique - 1959"

$$\begin{aligned}
 \text{AIRE_M} &= \text{AIRE} = 7.39\text{E-}4 \\
 \text{CDG_X_M} &= \text{CDG_X} = 1.53148\text{E-}02 \\
 \text{CDG_Y_M} &= \text{CDG_Y} = 1.53148\text{E-}02 \\
 \text{IX_G_M} &= \text{IX_G} = 1.64141\text{E-}07 \\
 \text{IY_G_M} &= \text{IY_G} = 1.64141\text{E-}07 \\
 \text{IXY_G_M} &= \text{IXY_G} = -9.48843\text{E-}08 \\
 \text{IY_PRIN_G} &= 2.59025\text{E-}07 \\
 \text{IZ_PRIN_G} &= 6.92568\text{E-}08 \\
 \text{ALPHA} &= 45^\circ \\
 \text{OG} &= \sqrt{(\text{CDG_X}^2 + \text{CDG_Y}^2)} = 2.166\text{E-}02 \\
 \text{Y_MIN} &= -\text{OG} = -2.166\text{E-}02 \\
 \text{Y_MAX} &= \sqrt{\left[(\text{A} - \text{R}_1)^2 + (\text{e} - \text{R}_1)^2\right]} \cos(\pi/4) + \text{R}_1 - \text{OG} = 1.465\text{E-}02 \\
 \text{Z_MIN} &= -\text{A} \cos(\pi/4) = -3.536\text{E-}02 \\
 \text{Z_MAX} &= \text{A} \cos(\pi/4) = 3.536\text{E-}02 \\
 \text{R_MAX} &= \sqrt{\text{A}^2/2 + (\text{A} \cos(\pi/4) - \text{OG})^2} = 3.792\text{E-}02
 \end{aligned}$$

Titre : Macro-commande MACRO_CARA_POUTRE
 Auteur(s) : J.M. PROIX, J.R. LEVESQUE, L. VIVAN

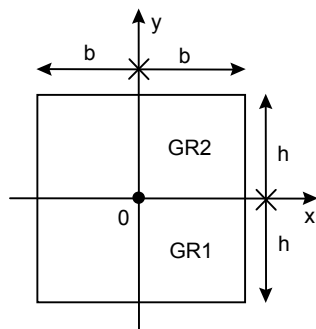
Date : 31/01/03
 Clé : U4.42.02-D Page : 8/8

5.1.4 Caractéristiques mécaniques

CT = 1.596 10⁻⁸
 PCT_X = 4.665 10⁻³
 PCT_Y = 4.665 10⁻³
 EY = 1.51 10⁻²
 EZ = 0.
 AY = 2.174
 AZ = 2.174

5.2 Rectangle plein (traité par le test ZZZZ105G)

5.2.1 Section étudiée



b = 0.01

h = 0.025

On définit 3 groupes de mailles :

GR1 correspond à la partie y ≤ 0

GR2 correspond à la partie y ≥ 0

LR1 correspond aux mailles linéiques du contour

5.2.2 Commande

TCARS = MACRO_CARA_POUTRE (GROUP_MA_BORD = 'LR1', NOEUD = 'N64')

5.2.3 Caractéristiques géométriques obtenues

LIEU	AIRE_M	CDG_X_M	CDG_Y_M	IX_G_M	IY_G_M	IXY_G_M
0.000003	1.00E-03	4.24E-18	-3.39E-18	2.08E-07	3.33E-08	2.65E-23
GR1	5.00E-04	2.20E-17	-1.25E-02	2.60E-08	1.67E-08	3.97E-23
GR2	5.00E-04	-8.47E-18	1.25E-02	2.60E-08	1.67E-08	5.62E-23

LIEU	AIRE	CDG_X	CDG_Y	IX_G	IY_G	IXY_G	IY_PRIN_G	IZ_PRIN_G	ALPHA
0.000003	1.00E-03	4.24E-18	-3.39E-18	2.08E-07	3.33E-08	2.65E-23	3.33E-08	2.08E-07	9.00E+01
GR1	5.00E-04	2.20E-17	-1.25E-02	2.60E-08	1.67E-08	3.97E-23	1.67E-08	2.60E-08	9.00E+01
GR2	5.00E-04	-8.47E-18	1.25E-02	2.60E-08	1.67E-08	5.62E-23	1.67E-08	2.60E-08	9.00E+01

LIEU	X_P	Y_P	IX_P	IY_P	IXY_P	IY_PRIN_P	IZ_PRIN_P
0.000003	0.00E+00	0.00E+00	2.08E-07	3.33E-08	2.65E-23	3.33E-08	2.08E-07
GR1	0.00E+00	0.00E+00	1.04E-07	1.67E-08	-9.79E-23	1.67E-08	1.04E-07
GR2	0.00E+00	0.00E+00	1.04E-07	1.67E-08	3.31E-24	1.67E-08	1.04E-07

LIEU	Y_MAX	Z_MAX	Y_MIN	Z_MIN	R_MAX
0.000003	2.50E-02	1.00E-02	-2.50E-02	-1.00E-02	2.69E-02
GR1	2.50E-02	2.25E-02	-2.50E-02	2.50E-03	3.36E-02
GR2	2.50E-02	-2.50E-03	-2.50E-02	-2.25E-02	3.36E-02

LIEU	CT	AY	AZ	EY	EZ	PCTX	PCTY	JG
0.000003	-	-	-	-	-	-	-	-
GR1	3.43E-08	1.20E+00	1.20E+00	9.00E-17	-3.97E-18	2.60E-17	-1.25E-02	-
GR2	3.43E-08	1.20E+00	1.20E+00	-4.03E-17	1.19E-16	-1.27E-16	1.25E-02	-