

# ICAB Force Exemples

Exemples de calculs statiques pour ICAB Force

manuel de l'utilisateur

## *Table des Matières*

Introduction	2
SSLL01 Poutre élancée sur deux appuis encastrés	3
SSLL02 Poutre courte sur deux appuis articulés	4
SSLL03 Poutre élancée sur trois appuis	6
SSLL04 Structure spatiale rotulée sur appuis élastiques	7
SSLL05 Bilame: poutres encastrées reliées par un élément indéformable	9
SSLL06 Arc mince encastré en flexion plane	11
SSLL07 Arc mince encastré en flexion hors plan	13
SSLL08 Arc mince bi-articulé en flexion plane	15
SSLL09 Système de deux barres à trois rotules	17
SSLL10 Portique à liaisons latérales	18
SSLL11 Treillis de barres articulées sous une charge ponctuelle	20
SSLL12 Système triangulé de barres articulées	21
SSLL13 Poutre sous-tendue	23
SSLL14 Portique plan articulé en pied	25
SSLL15 Poutre sur sol élastique, extrémités libres	27
SSLL16 Poutre sur sol élastique, extrémités articulées	29

## Introduction

Les exemples présentés dans ce manuel sont extraits du "Guide de validation des progiciels de calcul de structures" publié par l'AFNOR. Ces tests ont été élaborés par la Société Française des Mécaniciens (SFM) avec pour objectif de "contribuer à l'amélioration de la qualité et de la fiabilité des progiciels de calcul de structures, outils indispensables à la conception et au dimensionnement des équipements mécaniques".

Les logiciels ICAB ont passé avec succès les tests AFNOR et l'utilisateur pourra étudier ces exemples pour se familiariser avec le calcul de structure.

Pour dépouiller un projet, par exemple SSLS01, ouvrez le fichier SSLS01.IGB avec le logiciel ICAB Force (<http://www.icab.fr/download>).

Si vous disposez d'une licence d'utilisation, pour créer, calculer et dépouiller un modèle à partir d'un fichier de données IGA, suivez les étapes suivantes:

1. Vous éditez, avec ICAB Edit, un fichier au format IGA (par exemple SSLS01.IGA) qui contient la description de votre structure.
2. Vous générez le projet SSLS01 à partir du fichier SSLS01.IGA avec la commande ICAB "Fichier, Importer"
3. Vous lancez les calculs avec la commande « Calcul, calcul ».
4. Vous pouvez alors dépouiller ou extraire une note de calcul.

N.B. Vous pouvez aussi générer un projet avec ICAB Force sans avoir besoin de créer un fichier de données IGA. Les étapes de votre étude sont alors:

1. Ouverture d'un nouveau projet et saisie à l'écran de la structure (noeuds, éléments, charges, options de calcul).
2. Calculs et dépouillement décrits ci-dessus.

## SUPPORT TECHNIQUE

Attention, quelle que soit votre licence, vous ne pouvez bénéficier du support technique ICAB que si vous avez signé et envoyé à ICAB la fiche relative aux "conditions générales d'utilisation des logiciels ICAB" ou le bon de commande, ou la facture comportant les conditions générales d'utilisation au dos.

ICAB<sup>®</sup> marque déposée par ICAB S.A.

2 rue Joly, 31400 Toulouse, France.

TEL 05 62 26 06 06

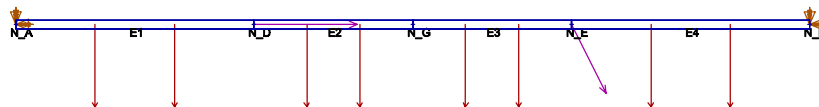
FAX 05 62 26 00 40

e-mail : [icab@icab.fr](mailto:icab@icab.fr)

## SSLL01 Poutre élancée sur deux appuis encastrés



[SSLL01] POUTRE ELANCEE SUR DEUX APPUIS ENCASTRES  
Step1 NO: STATIQUE LINEAIRE  
138.5 mm/unit.



\*\*\*\*\*

SSLL 01/89 POUTRE ELANCEE SUR DEUX APPUIS ENCASTRES

"Guide de Validation des Progiciels de calcul des structures"  
AFNOR 1990, ISBN 2-12-486611-7

ANALYSE: STATIQUE (PROBLEME PLAN)  
TEST: ELEMENTAIRE  
FONCTIONS: POUTRE DROITE ELANCEE, FLEXION DANS LE PLAN  
TRACTION-COMPRESSION

A-----D---G---E-----B

L= 1 m  
I= 1.7E-8 m<sup>4</sup>  
E= 2.1E11 Pa

noeud A,B: encastres  
noeud D: effort axial F1= 30 000 N, couple C= -3000 Nm  
noeud E: effort axial F2 = 10 000 N, effort tranchant F= -20 000 N  
charge repartie sur toute la longueur AB: -24 000 N/m  
abscisses A (0.0), D (0.3), E (0.7), B (1.0)

Solution analytique:  
en G (centre de la poutre)  
effort tranchant -540 N  
moment flechissant 2800 Nm  
fleche -4.9E-2 m  
en A  
reaction horizontale -24 000 N

\*\*\*\*\*

NODE()  
N\_A; 0.0, 0.0, 0.0; /\* extremite gauche \*/  
N\_D; 0.3, 0.0, 0.0;  
N\_G; 0.5, 0.0, 0.0; /\* centre de la poutre \*/  
N\_E; 0.7, 0.0, 0.0;  
N\_B; 1.0, 0.0, 0.0; /\* extremite droite L=1m \*/

PROPERTY(TYPE=ISOTROPIC) /\* definition du materiau "mat1" \*/  
mat1; E=2.1E11, DEN=7.85E3; /\* module d'Young (N/m2), densite (kg/m3) \*/

PROPERTY(TYPE=BEAM\_LINEAR) /\* proprietes de la poutre "beam1" \*/  
beam1; IZZ=1.7E-8, /\* moment d'inertie (m4) pour les couples RZ\*/

```

AR=1.0E-3,          /* aire de la section (m2) */
CVA=7.85;          /* cout (Franc/m) (utilise pour devis) */

/* Definition de la poutre droite: A, D, G, E, B */
ELEMENT(TYPE=BEAM_LINEAR,PROP=beam1,MAT=mat1)
b1;    N_A, N_D;
b2;    N_D, N_G;
b3;    N_G, N_E;
b4;    N_E, N_B;

CONSTRAINT(TYPE=KINEMATICS)
; ALL,    Z,RX,RY; /* elimination des degres de liberte pour tous les noeuds*/

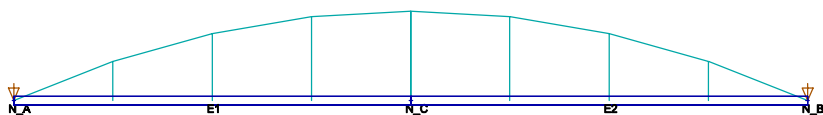
RESTRAINT(TYPE=DISPLACEMENT)
; N_A,    X=0.0, Y=0.0, RZ=0.0; /* blocage du noeud A (pour le calcul de reaction) */
; N_B,    X=0.0, Y=0.0, RZ=0.0;
/* forces concentrees aux noeuds D et E */
LOAD(TYPE=FORCE,CASE=1)
FORCE; N_D,    X= 30.0E3, RZ= -3000.0; /* force axiale (N) et moment (N.m) */
; N_E,    X= 10.0E3, Y= -20.0E3; /* force axiale (N) et effort tranchant (N) */

LOAD(TYPE=ED_PRESSURE, CASE=2) /* charge (N/M) repartie selon Y (repere local) */
PRESSION; b1,    E2= -24.0E3;
; b2,    E2= -24.0E3;
; b3,    E2= -24.0E3;
; b4,    E2= -24.0E3;

/* preparation du calcul avec tous les cas de chargements */
STEP()
; MODEL="POUTRE ELANCEE SUR DEUX APPUIS ENCASTRES (AFNOR)",
RUN="statique";

```

### SSLL02 Poutre courte sur deux appuis articulés



\*\*\*\*\*  
SSLL 02/89 POUTRE COURTE SUR DEUX APPUIS ARTICULES

"Guide de Validation des Progiciels de calcul des structures"  
AFNOR 1990, ISBN 2-12-486611-7

ANALYSE: STATIQUE (PROBLEME PLAN)  
TEST: ELEMENTAIRE  
FONCTIONS: POUTRE DROITE COURTE, FLEXION DANS LE PLAN  
DEFORMATION D'EFFORT TRANCHANT

A-----C-----B

L= 1.44 m longueur AB  
 A= 31.0E-4 m2 aire  
 IZZ= 2810.0E-8 m4 inertie  
 SRV= 2.42 coefficient de cisaillement  
 E= 2.0E11 Pa  
 nu= 0.3

NOEDS A,B: ARTICULES  
 FORCE UNIFORMEMENT REPARTIE SUR AB -1.0E5 N/m

Solution analytique:

FLECHE= v1 + v2  
 v1 = -5.P.L\*\*4/(384.E.IZZ)  
 v2 = -L\*L.P\*SRV/(8.AR.G) effet du cisaillement transverse  
 FLECHE EN C -1.25926E-3 (avec effet du cisaillement transverse)  
 FLECHE EN C -0.9962E-3 (poutre elancee, non prise en compte du cisaillement transverse)  
 \*\*\*\*\*/  
 /\* pour obtenir une poutre avec 4 noeuds, il faut que la macro <\_N4> soit definie \*/  
 /\* #define \_N4 1 \*/

NODE()  
 N\_A; 0.0, 0.0, 0.0; /\* extremite gauche \*/  
 N\_B; 1.44, 0.0, 0.0; /\* extremite droite \*/  
 N\_C; 0.72, 0.0, 0.0; /\* milieu de la poutre \*/  
 #ifdef \_N4  
 N\_A1; 0.36, 0.0, 0.0;  
 N\_A2; 1.08, 0.0, 0.0;  
 #endif

PROPERTY(TYPE=ISOTROPIC) /\* definition du materiau "mat1" \*/  
 mat1; E=2.0E11, NU=0.3, /\* module d'Young, coefficient de Poisson \*/  
 DEN=7.85E3; /\* densite \*/

PROPERTY(TYPE=BEAM\_LINEAR) /\* proprietes de la poutre "beam1" \*/  
 beam1; AR= 31.0E-4, /\* aire de la section \*/  
 IZZ=2810.0E-8, /\* inertie \*/  
 SRV=2.42; /\* coefficient de cisaillement Aire totale/Aire cisaillee=2.42  
 \* ce coefficient est toujours superieur a 1.0 permet de  
 \* tenir compte des effets du cisaillement transverse  
 \*/

/\* Definition de la poutre droite: A, D, G, E, B \*/  
 ELEMENT(TYPE=BEAM\_LINEAR,PROP=beam1,MAT=mat1)  
 #ifdef \_N4  
 b1; N\_A, N\_A1;  
 b2; N\_A1, N\_C;  
 b3; N\_C, N\_A2;  
 b4; N\_A2, N\_B;  
 #else  
 b1; N\_A, N\_C;  
 b2; N\_C, N\_B;  
 #endif

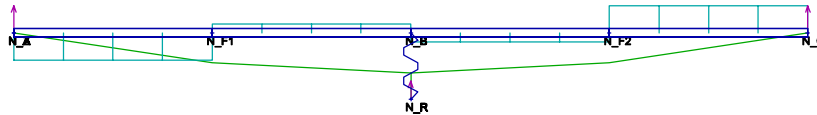
CONSTRAINT(TYPE=KINEMATICS)  
 ; ALL, X, Z, RX, RY; /\* Elimination des degres de liberte\*/

RESTRAINT(TYPE=DISPLACEMENT)  
 ; N\_A, Y= 0.0; /\* deplacement impose, obtention des reactions \*/  
 ; N\_B, Y= 0.0;

LOAD(TYPE=ED\_PRESSURE) /\* charge repartie \*/  
 ; b1, E2= -1.0E5;  
 ; b2, E2= -1.0E5;  
 #ifdef \_N4  
 ; b3, E2= -1.0E5;  
 ; b4, E2= -1.0E5;  
 #endif

/\* preparation du calcul avec tous les cas de chargements \*/  
 STEP()  
 ; MODEL="POUTRE COURTE SUR DEUX APPUIS ARTICULES (AFNOR)",  
 RUN="statique";

## SSL03 Poutre élançée sur trois appuis



/\*\*\*\*\*\*

SSL 03/89 POUTRE ELANCEE SUR TROIS APPUIS

"Guide de Validation des Progiciels de calcul des structures"  
AFNOR 1990, ISBN 2-12-486611-7

ANALYSE: STATIQUE (PROBLEME PLAN)  
TEST: ELEMENTAIRE  
FONCTIONS: POUTRE DROITE ELANCEE, FLEXION DANS LE PLAN  
LIAISON ELASTIQUE DISCRETE

F1 F2  
A-----B-----C

L(AB)=L(BC)=2L= 6 m  
IZZ= 6.3E-4 m4  
E= 2.1E11 Pa  
F= -42E3 N

noeud A,C: libre en rotation RY  
noeud B: point d'appui d'un ressort vertical (Ky= 2.1E6 N/m)  
la poutre a pour longueur 4L=12m (entre A et C) et  
deux forces concentrees (F) sont appliquees aux abscisses L et 3L.

Calcul: FLECHE EN B -0.010 m, REACTION AU SOL 21000 N

\*\*\*\*\*/

```

NODE()
N_A; 0.0, 0.0, 0.0; /* extremite gauche */
N_B; 6.0, 0.0, 0.0; /* centre de la poutre */
N_C; 12.0, 0.0, 0.0; /* extremite droite */
N_F1; 3.0, 0.0, 0.0; /* point d'application de la force a gauche */
N_F2; 9.0, 0.0, 0.0; /* point d'application de la force a droite */
N_R; 6.0,-1.0, 0.0; /* point d'appui du ressort */

PROPERTY(TYPE=ISOTROPIC) /* definition du materiau "mat1" */
mat1; E=2.1E11,DEN=7.8E3; /* module d'Young, densite */

PROPERTY(TYPE=BEAM_LINEAR) /* proprietes de la poutre "beam1" */
beam1; IZZ=6.3E-4, AR=1.0E-2; /* moment d'inertie, section */

PROPERTY(TYPE=SPRING)
spring1; K=2.1E6, /* raideur du ressort "spring1" */
MAF=0.5; /* masse du ressort */
    
```

```

/*      Definition de la poutre droite: A, F1, B, F2, C */
ELEMENT(TYPE=BEAM_LINEAR, PROP=beam1, MAT=mat1)
; N_A, N_F1;
; N_F1, N_B;
; N_B, N_F2;
; N_F2, N_C;
/*      Definition du ressort entre les noeuds B et R */
ELEMENT(TYPE=SPRING, PROP=spring1)
; N_B, N_R;

CONSTRAINT(TYPE=KINEMATICS)
; ALL, X, Z,RX,RY; /*      elimination des degres de liberte*/

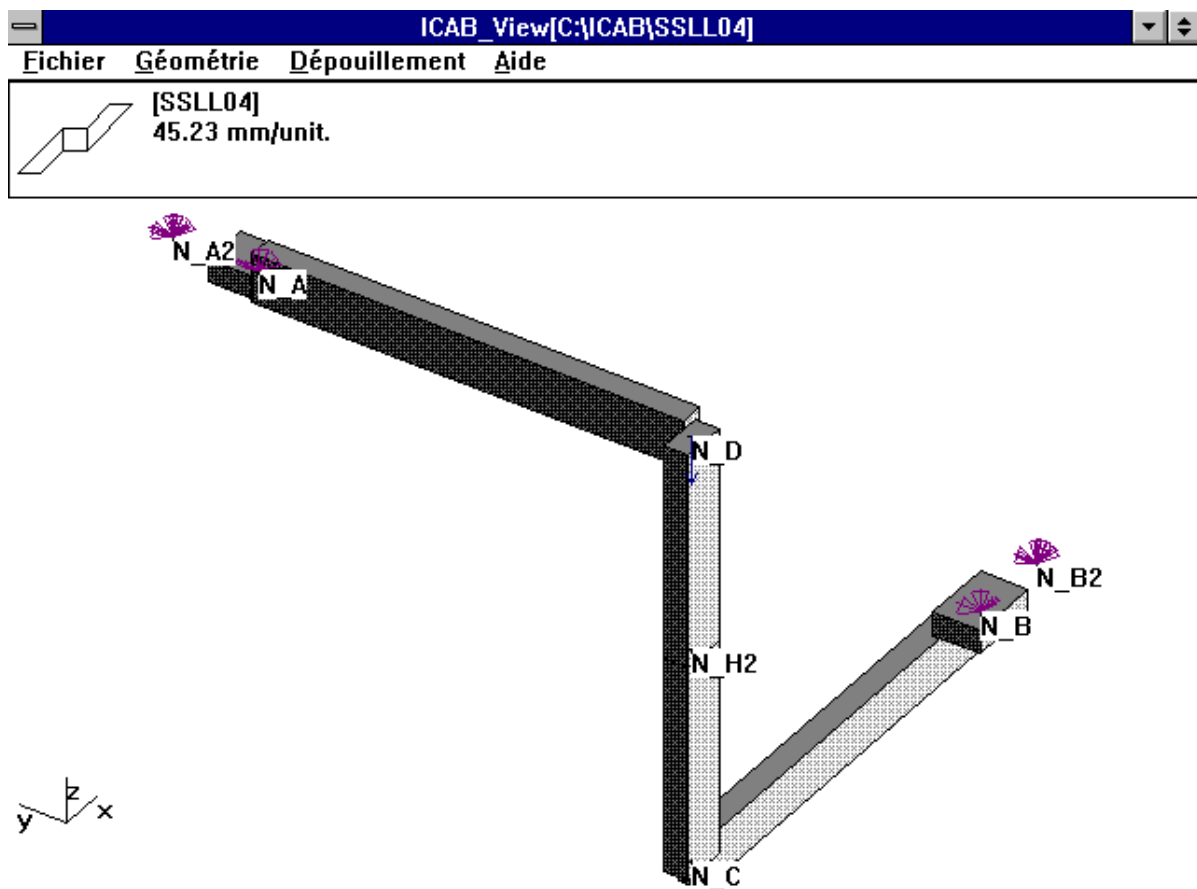
RESTRAINT(TYPE=DISPLACEMENT)
; N_A, Y=0.0;
; N_C, Y=0.0;
; N_R, Y=0.0;

/*      forces concentrees aux noeuds F1, F2 dans la direction Z */
LOAD(TYPE=NFORCE)
; N_F1, Y=-42E3;
; N_F2, Y=-42E3;

/*      preparation du calcul avec tous les cas de chargements */
STEP()
;      MODEL="POUTRE ELANCEE SUR TROIS APPUIS (AFNOR)",
      RUN="statique";

```

### SSLL04 Structure spatiale rotulée sur appuis élastiques



```

/*****
SSLL 04/89 STRUCTURE SPATIALE SUR APPUIS ELASTIQUES
"Guide de Validation des Progiciels de calcul des structures"
AFNOR 1990, ISBN 2-12-486611-7
ANALYSE:      STATIQUE (PROBLEME PLAN)
TEST:        ELEMENTAIRE
FONCTIONS:    POUTRE DROITE ELANCEE, FLEXION

```

## LIAISON ELASTIQUE DISCRETE

```

A (Oy)          L= 2m
o\             Iyy=Izz= 1E-6 m4
 \            TC= 2E-6 m4
\o D  B(Ox)  A = 1E-3 m2
 |  o      E = 2.1E11 Pa
 | H /     G = 7.875E10 Pa (NU=1/3)
 | /
 | /
C o/

```

noeud A: Theta(Y)=0, Ky=52500N/m, Ry=Rz=52500 Nm/rad

noeud B: Theta(X)=0, Kx=52500N/m, Ry=Rz=52500 Nm/rad

charge au point D: Fz= -10E3N

La modelisation de la rotule en H est assuree avec l'entite

CONSTRAINT(TYPE=COUPLE)

Moments au point A: Mx=-1562, My=8438, Mz= -3125

Deplacement en A: X=0, Y=-29.76E-3, Z=0, RX=0.16073, RY=0, RZ=-0.059516,

Deplacement en D: X=-0.13887, Y=-29.78E-3, Z=-0.37007

\*\*\*\*\*/

NODE()

```

N_A;    0.0, 2.0, 1.0;
N_B;    2.0, 0.0,-1.0;
N_C;    0.0, 0.0,-1.0;
N_D;    0.0, 0.0, 1.0;
N_H1;   0.0, 0.0, 0.0;      /* point central avec rotule */
N_H2;   0.0, 0.0, 0.0;
N_A2;   0.0, 2.4, 1.0;      /* point fixe */
N_B2;   2.4, 0.0,-1.0;      /* point fixe */

```

```

PROPERTY(TYPE=ISOTROPIC) /* definition du materiau "mat1" */
mat1;    E=2.1E11, DEN=7.85E3, /* module d'Young, densite */
        NU=0.33333333333; /* G = E/2/(1+NU), G=7.875E10 */

```

```

PROPERTY(TYPE=BEAM_LINEAR) /* proprietes de la poutre "beam1" */
beam1;   IYY=1.0E-6,IZZ=1.0E-6, /* moments d'inertie Iyy */
        TC=2.0E-6, /* constante de torsion */
        AR=0.001; /* section */

```

```
#define K_ROT 52500.0
```

```
#define K_TRANS 52500.0
```

```

PROPERTY(TYPE=BUSHING) /* raideurs des liaisons elastiques */
appui;    K=K_TRANS, 0.0, 0.0, /* rigidites de translation */
        K_ROT, K_ROT, K_ROT; /* rigidites de rotation */

```

/\* Definition des poutres A-D, D-C, C-B \*/

```

ELEMENT(TYPE=BEAM_LINEAR,PROP=beam1,MAT=mat1)
;      N_A, N_D;
;      N_D, N_H1;
;      N_H2, N_C;
;      N_C, N_B;

```

/\* Definition du ressort entre les noeuds A et B \*/

```

ELEMENT(TYPE=BUSHING,PROP=appui)
;      N_A, N_A2, N_D, N_C;
ELEMENT(TYPE=BUSHING,PROP=appui)
;      N_B, N_B2, N_C, N_D;

```

RESTRAINT(TYPE=DISPLACEMENT)

```

; N_A2, X,0.0, Y,0.0, Z,0.0, RX,0.0, RY,0.0, RZ,0.0; /* noeuds fixes */
; N_B2, X,0.0, Y,0.0, Z,0.0, RX,0.0, RY,0.0, RZ,0.0;
; N_A, X=0.0, Z=0.0, RY=0.0;
; N_B, Y=0.0, Z=0.0, RX=0.0;

```

```

/*      etablisement de la rotule par fusion des degres de liberte
*      des noeuds H1 et H2. Mais les rotations de ces noeuds
*      sont independantes
*/

```

CONSTRAINT(TYPE=COUPLE)

```
;      N_H1, N_H2, X, Y, Z;
```

/\* force concentree au noeud D dans la direction Z \*/

```

LOAD(TYPE=NFORCE)
; N_D, Z= -1.0E4;

```

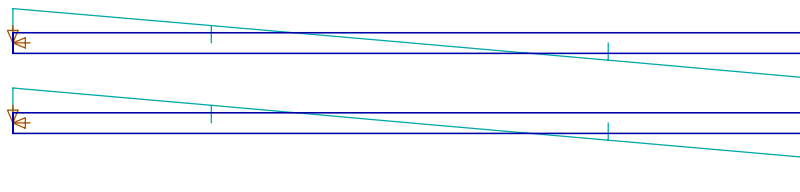


/\* preparation du calcul \*/

STEP()

; MODEL="STRUCTURE SPATIALE SUR APPUIS ELASTIQUES (AFNOR)",  
 RUN="statique";

*SSLL05 Bilame: poutres encastrees reliees par un élément indéformable*



\*\*\*\*\*

SSLL 05/89 BILAME : POUTRES ENCASTREES RELIES PAR  
 UN ELEMENT INDEFORMABLE

"Guide de Validation des Progiciels de calcul des structures"  
 AFNOR 1990, ISBN 2-12-486611-7

ANALYSE: STATIQUE (PROBLEME PLAN)  
 TEST: ELEMENTAIRE  
 FONCTIONS: POUTRE DROITE ELANCEE, FLEXION DANS LE PLAN  
 ELEMENT INDEFORMABLE

A-----B

l

C-----D

L

L= 2 m distance entre A et B (C et D)  
 l= 0.2m distance entre B et D relies par une barre rigide  
 I= 1.33333E-8 m4 moment d'inertie  
 AR= 4E-4 section  
 E= 2.0E11 Pa  
 F= -1.0E3 N force appliquee vers le bas en D

noeud A,B: encastres

Solution analytique:

en B et D : FLECHE -0.125

en A et B : reaction  $F_y=500$  N, moment 500 Nm ( $F_x=0.0$ )

Remarque: cette solution correspond au cas ou les extremité N\_B et N\_D  
 sont bloquees en rotation RZ. Lorsqu'une barre rigide est effectivement utilisee,  
 les noeuds N\_B et N\_D subissent des deplacements en X et RZ.

Dans ce cas, la section des poutres intervient dans la solution.

Pour obtenir la solution avec barre rigide, il suffit de definir la macro \_RP  
 (enlever le commentaire devant "#define \_RB\_ 1")

Solution avec barre rigide:

Reaction en A  $F_x=-4983.39$ ,  $F_y= 500$ ,  $M_z= 501.661$

Deplacement en D  $x=-0.000124585$ ,  $y=-0.126246$ ,  $r_z=-0.00124585$

```

*****/
/* #define _RB_ 1 */
NODE()
N_A;    0.0, 0.1, 0.0;
N_B;    2.0, 0.1, 0.0;
N_C;    0.0,-0.1, 0.0;
N_D;    2.0,-0.1,0.0;

PROPERTY(TYPE=ISOTROPIC)      /* definition du materiau "mat1" */
mat1; E=2.0E11, DEN=7.8E3;      /* module d'Young, densite */

PROPERTY(TYPE=BEAM_LINEAR)    /* proprietes de la poutre "beam1" */
beam1; AR=4.0E-4,              /* aire de la section */
       IYY=1.33333333333E-8,    /* moment d'inertie */
       IZZ=1.33333333333E-8, TC=1.0E-8;

/*      Definition des poutres droite: AB et CD      */
ELEMENT(TYPE=BEAM_LINEAR, PROP=beam1, MAT=mat1)
;      N_A, N_B, N_D;          /* poutre AB */
;      N_C, N_D, N_B;          /* poutre CD */

/* elimination des degres de liberte
* les déplacements possibles sont dans le plan XoY
*/
CONSTRAINT(TYPE=KINEMATICS)
; ALL, Z,RX,RY;

/* Remarque: le noeud N_B doit etre libre s'il est lie a N_C
* par un lien rigide. Dans ce cas, N_B ne doit donc subir aucune restriction
* de déplacement
*/

#ifdef _RB_
/* les resultats avec lien rigide permettent les déplacements selon X et Z
* aux extremités N_B et N_D.
*/
ELEMENT(TYPE=RIGID_BAR)
; N_D, N_B;          /* barre rigide sans masse entre B et D */
#else
/* configuration du calcul analytique,
* blocage des extremités N_D et N_B pour les rotations Rz
*/
CONSTRAINT(TYPE=COUPLE)
; N_D, N_B, Y;
RESTRAINT(TYPE=DISPLACEMENT)
; N_D, RZ=0.0;
; N_B, RZ=0.0;
#endif

TRACELINE()
; N_D, N_B;

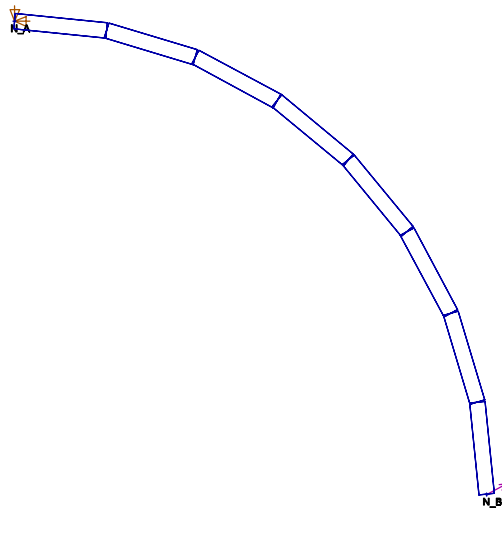
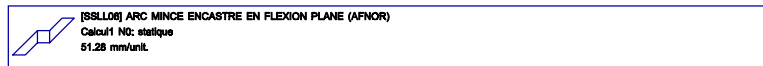
RESTRAINT(TYPE=DISPLACEMENT)
; N_A, X,0.0, Y,0.0, RZ,0.0;      /* blocage des noeuds A et C */
; N_C, X,0.0, Y,0.0, RZ,0.0;      /* les reactions seront calculees */

/*      force concentree au noeud D dirigee vers le bas      */
LOAD(TYPE=FORCE)
; N_D, Y, -1000.0;

/* preparation du calcul */
STEP()
;      MODEL="BILAME: POUTRES ENCASTREES RELIEES PAR UN ELEMENT INDEFORMABLE (AFNOR)"
       RUN="statique";

```

## SSLL06 Arc mince encastré en flexion plane



\*\*\*\*\*

SSLL 06/89 ARC MINCE ENCASTRE EN FLEXION PLANE

"Guide de Validation des Progiciels de calcul des structures"  
AFNOR 1990, ISBN 2-12-486611-7

ANALYSE: STATIQUE LINEAIRE (PROBLEME PLAN)  
TEST: ELEMENTAIRE  
FONCTIONS: ARC MINCE, FLEXION DANS LE PLAN

A\* \*  
| \*  
| \*  
| \*  
-----B

R= 3 m rayon de l'arc  
section circulaire creuse De=0.02m, Di=0.016m  
section AR=1.131E-4 m2  
moment d'inertie Ix=4.637E-9  
module E=2.0E11

chargement en B: Fx=10N, Fy=5N, Mz=8N.m  
noeud A encastre

Solution analytique:  
en B x=0.3791, y=0.2417, rz=0.1654

Reaction en A: Fx= -10.0, Fy= -5.0, Mz=-53.0

Modelisation avec 2 poutres droites, déplacement en B:  
x=0.343888 (-9.2%) y=0.24368 (0.8%), rz=0.158718 (-4.0%)

Modelisation avec 4 poutres droites, déplacement en B:  
x=0.369899 (-2.4%) y= 0.242041 (0.1%), rz=0.163711 (-1.0%)

Modelisation avec 8 poutres droites, déplacement en B:  
x=0.37676 (-0.6%) y= 0.241799 (0%), rz=0.164971 (-0.26%)

\*\*\*\*\*

NODE()  
N\_A; 0.0, 3.0, 0.0;  
N\_B; 3.0, 0.0, 0.0;  
N\_O; 0.0, 0.0, 0.0;  
N\_A1; 2.942355841, 0.585270966, 0.0; /\* 11.25 degres \*/  
N\_A2; 2.771638598, 1.148050297, 0.0; /\* 22.5 degres \*/  
N\_A3; 2.494408837, 1.666710699, 0.0; /\* 33.75 deg. \*/  
N\_A4; 2.121320344, 2.121320344, 0.0; /\* 45 deg. \*/  
N\_A5; 1.666710699, 2.494408837, 0.0; /\* 56.25 deg \*/

ICAB Force: Exemples pour poutres

N\_A6; 1.148050297, 2.771638598, 0.0; /\* 67.5 deg \*/  
N\_A7; 0.585270966, 2.942355841, 0.0; /\* 78.75 deg \*/

PROPERTY(TYPE=ISOTROPIC) /\* definition du materiau "mat1" \*/  
mat1; E=2.0E11, DEN=7.8E3; /\* module d'Young, densite \*/

PROPERTY(TYPE=BEAM\_LINEAR) /\* proprietes de la poutre "beam1" \*/  
beam1; AR=1.131E-4, /\* aire de la section \*/  
IYY=4.637E-9, IZZ=4.637E-9, /\* moment d'inertie \*/  
TC=9.274E-9; /\* constante de torsion \*/

/\* Definition des poutres droite: AB et CD \*/  
ELEMENT(TYPE=BEAM\_LINEAR, PROP=beam1, MAT=mat1)

#ifdef\_N4

; N\_B, N\_A2, N\_O;  
; N\_A2, N\_A4, N\_O;  
; N\_A4, N\_A6, N\_O;  
; N\_A6, N\_A, N\_O;

#else

; N\_B, N\_A1, N\_O;  
; N\_A1, N\_A2, N\_O;  
; N\_A2, N\_A3, N\_O;  
; N\_A3, N\_A4, N\_O;  
; N\_A4, N\_A5, N\_O;  
; N\_A5, N\_A6, N\_O;  
; N\_A6, N\_A7, N\_O;  
; N\_A7, N\_A, N\_O;

#endif

/\* elimination des degres de liberte  
\* les deplacements possibles sont dans le plan XoY  
\*/

CONSTRAINT(TYPE=KINEMATICS)  
; ALL, Z, RX, RY;

RESTRAINT(TYPE=DISPLACEMENT)  
; N\_A, X=0.0, Y=0.0, RZ=0.0; /\* blocage du noeud A \*/

/\* force concentree au noeud D dirigee vers le bas \*/

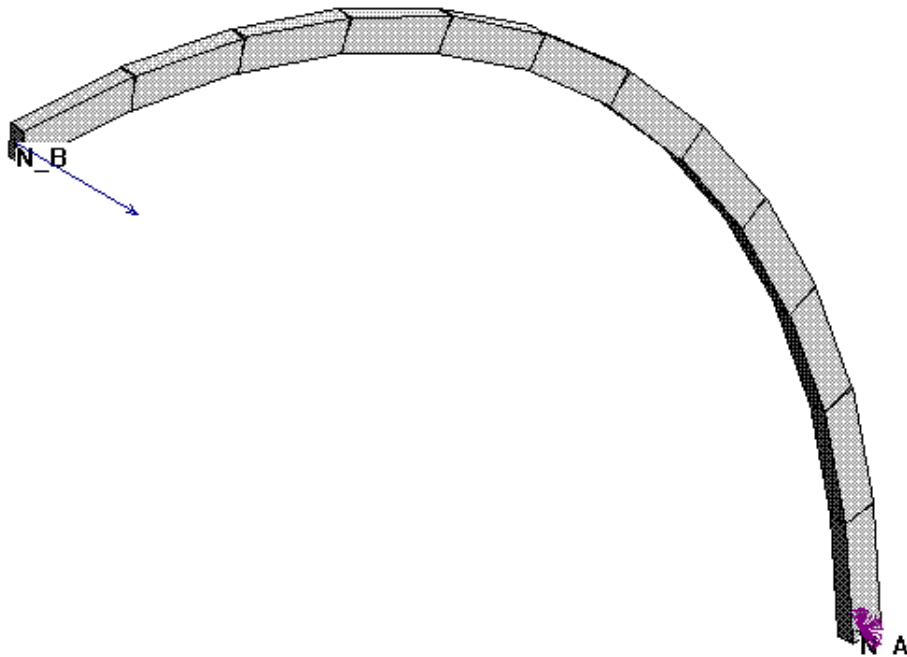
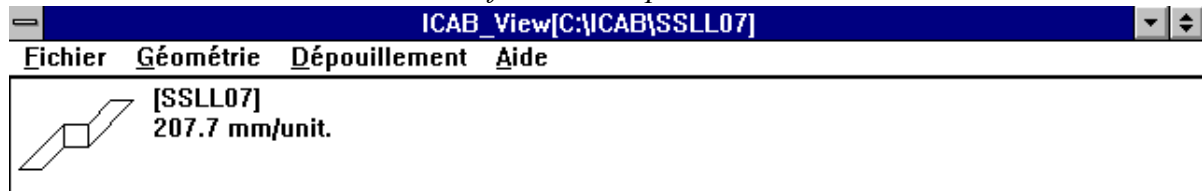
LOAD(TYPE=FORCE)  
; N\_B, X=10.0, Y=5.0, RZ=8.0;

/\* preparation du calcul avec tous les cas de chargements \*/

STEP()  
; MODEL="ARC MINCE ENCASTRE EN FLEXION PLANE (AFNOR)",  
RUN="statique";

---

*SSLL07 Arc mince encastré en flexion hors plan*



\*\*\*\*\*

SSLL 07/89 ARC MINCE ENCASTRE EN FLEXION HORS PLAN

"Guide de Validation des Progiciels de calcul des structures"  
AFNOR 1990, ISBN 2-12-486611-7

ANALYSE: STATIQUE LINEAIRE (PROBLEME PLAN)  
TEST: ELEMENTAIRE  
FONCTIONS: ARC MINCE, FLEXION DANS LE PLAN

B\*  
| \*  
|  
| \*  
-----A

R= 1 m rayon de l'arc  
section circulaire creuse De=0.02m, Di=0.016m  
section AR=1.131E-4 m<sup>2</sup>  
moment d'inertie Ix=4.637E-9  
module E=2.0E11, NU=0.3

chargement en B: Fx=100N  
noeud A encastre

Solution analytique:  
en B x=0.13462  
angle a 15 deg. Mt= 74.1180, Mf= -96.5925

modélisation avec 7 poutres droites  
reaction au noeud A: Fx=-100, My=-100, Mz=-100  
deplacement au noeud B: x=0.133051 (-1.1%), ry=0.0552494, rz=0.122664  
moments moyens en N\_A2 (15 deg.) 73.96, -96.54 N.m  
\*\*\*\*\*

#define \_B12 1

NODE()  
N\_A; 0.0, 1.0, 0.0;  
N\_B; 0.0, 0.0, 1.0;  
N\_O; 0.0, 0.0, 0.0;

ICAB Force: Exemples pour poutres

```
N_A1; 0.0, 0.99144448614, 0.1305261922; /* 7.5 degres */
N_A2; 0.0, 0.9659258263, 0.2588190451; /* 15 degres */
N_A3; 0.0, 0.9238795325, 0.3826834324; /* 22.5 degres */
N_A4; 0.0, 0.8660254038, 0.5000000000; /* 30 degres */
N_A5; 0.0, 0.7933533403, 0.608761429; /* 37.5 degres */
N_A6; 0.0, 0.7071067812, 0.7071067812; /* 45 deg. */
N_A7; 0.0, 0.608761429, 0.7933533403; /* 52.5 deg. */
N_A8; 0.0, 0.5000000000, 0.8660254038; /* 60 deg. */
N_A9; 0.0, 0.3826834324, 0.9238795325; /* 67.5 deg. */
N_A10; 0.0, 0.2588190451, 0.9659258263; /* 75 deg. */
N_A11; 0.0, 0.1305261922, 0.99144448614; /* 82.5 deg. */
```

```
PROPERTY(TYPE=ISOTROPIC) /* definition du materiau "mat1" */
mat1; E=2.0E11, NU=0.3, DEN=7.8E3; /* module, coef. Poisson, densite */
```

```
PROPERTY(TYPE=BEAM_LINEAR) /* proprietes de la poutre "beam1" */
beam1; AR=1.131E-4, /* aire de la section */
IYY=4.637E-9, IZZ=4.637E-9, /* moments d'inertie */
TC=9.274E-9; /* constante de torsion */
```

/\* Definition des poutres droites \*/

```
ELEMENT(TYPE=BEAM_LINEAR,PROP=beam1,MAT=mat1)
```

```
#ifdef_B12
```

```
; N_A, N_A1, N_O;
; N_A1, N_A2, N_O;
; N_A2, N_A3, N_O;
; N_A3, N_A4, N_O;
; N_A4, N_A5, N_O;
; N_A5, N_A6, N_O;
; N_A6, N_A7, N_O;
; N_A7, N_A8, N_O;
; N_A8, N_A9, N_O;
; N_A9, N_A10, N_O;
; N_A10, N_A11, N_O;
; N_A11, N_B, N_O;
```

```
#else
```

```
; N_A, N_A2, N_O;
; N_A2, N_A4, N_O;
; N_A4, N_A6, N_O;
; N_A6, N_A8, N_O;
; N_A8, N_A10, N_O;
; N_A10, N_B, N_O;
```

```
#endif
```

```
RESTRAINT(TYPE=DISPLACEMENT) /* blocage du noeud A */
```

```
; N_A, X=0.0, Y=0.0, Z=0.0, RX=0.0, RY=0.0, RZ=0.0;
```

```
/* force concentree au noeud B */
```

```
LOAD(TYPE=FORCE)
```

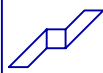
```
; N_B, X=100.0;
```

```
/* preparation du calcul */
```

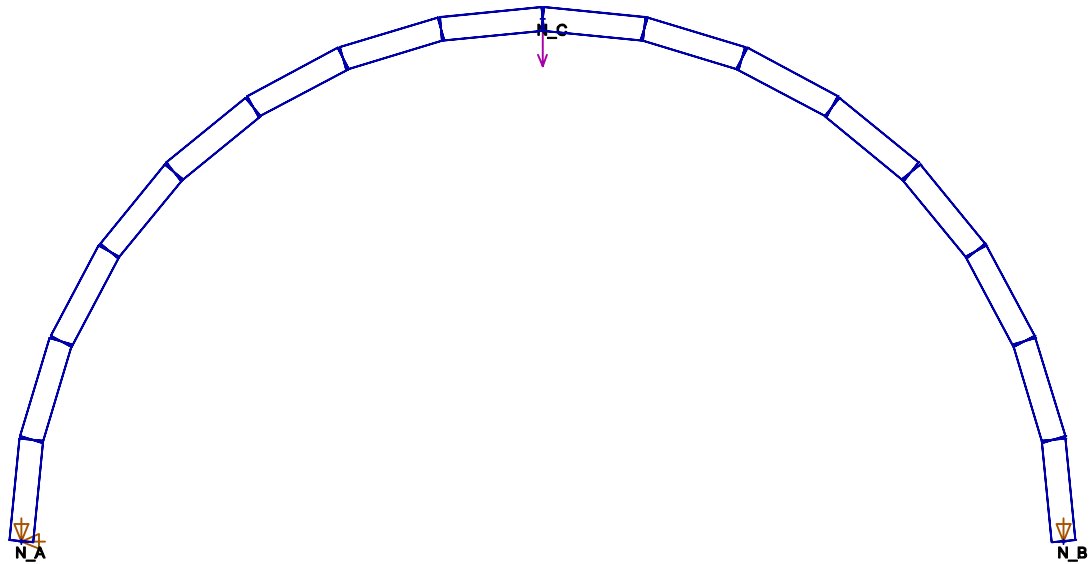
```
STEP()
```

```
; MODEL="ARC MINCE ENCASTRE EN FLEXION HORS PLAN (AFNOR)",
RUN="statique";
```

*SSLL08 Arc mince bi-articulé en flexion plane*



[SSLL08] ARC MINCE BI-ARTICULE EN FLEXION PLANE (AFNOR)  
 Calcul1 NO: statique  
 110.5 mm/unit.



\*\*\*\*\*

SSLL 08/89 ARC MINCE BI-ARTICULE EN FLEXION PLANE

"Guide de Validation des Progiciels de calcul des structures"  
 AFNOR 1990, ISBN 2-12-48611-7

ANALYSE: STATIQUE LINEAIRE (PROBLEME PLAN)  
 TEST: ELEMENTAIRE  
 FONCTIONS: ARC MINCE, FLEXION DANS LE PLAN

C  
 \* \*  
 \* \*  
 A-----B

R= 1 m rayon de l'arc  
 section circulaire creuse De=0.02m, Di=0.016m  
 section AR=1.131E-4 m<sup>2</sup>  
 moment d'inertie Ix=4.637E-9  
 module E=2.0E11, NU=0.3

chargement en C: Fy=-100N  
 noeud A encastre, B bloque dans la direction Y (mais libre en X)

Solution analytique:  
 en A rz=-3.0774E-2  
 en B x= 5.3912E-2, rz= 3.0774E-2  
 en C y=-1.9206E-2

Modelisation avec 2x1 poutres droites (A-C-B seulement)  
 en A: rz=-3.8123E-2 (23.9%)  
 en B: x= 5.0828E-2 (-5.7%) rz=3.8123E-2  
 en C: x= 2.5414E-2 y=-2.5417E-2 (-32.33%)

Modelisation avec 2x2 poutres droites:

en A:  $rz = -3.2718E-2$  (6.3%)  
 en B:  $x = 5.2656E-2$  (-2.3%)  $rz = 3.2718E-2$   
 en C:  $x = 2.6328E-2$   $y = -2.0145E-2$  (4.9%)

Modelisation avec 2x4 poutres droites:

en A:  $rz = -3.1267E-2$  (1.6%)  
 en B:  $x = 5.3573E-2$  (-0.6%)  $rz = 3.1267E-2$   
 en C:  $x = 2.6787E-2$   $y = -1.9395E-2$  (0.9%)

Modelisation avec 2x8 poutres droites:

en A:  $rz = -3.0898E-2$  (-0.4%)  
 en B:  $x = 5.3826E-2$  (-0.16%)  $rz = 3.0898E-2$   
 en C:  $x = 2.6913E-2$   $y = -1.9250E-2$  (+0.2%)

\*\*\*\*\*

/\* #define \_N4 1 \*/

NODE()

N\_A; -1.0, 0.0, 0.0;  
 N\_B; 1.0, 0.0, 0.0;  
 N\_C; 0.0, 1.0, 0.0;  
 N\_A1; -0.9807852804, 0.195090322, 0.0;  
 N\_B1; 0.9807852804, 0.195090322, 0.0; /\* 11.25 degres \*/  
 N\_A2; -0.9238795325, 0.3826834324, 0.0;  
 N\_B2; 0.9238795325, 0.3826834324, 0.0; /\* 22.5 degres \*/  
 N\_A3; -0.8314696123, 0.555570233, 0.0;  
 N\_B3; 0.8314696123, 0.555570233, 0.0; /\* 33.75 deg \*/  
 N\_A4; -0.7071067812, 0.7071067812, 0.0;  
 N\_B4; 0.7071067812, 0.7071067812, 0.0; /\* 45 deg \*/  
 N\_A5; -0.555570233, 0.8314696123, 0.0;  
 N\_B5; 0.555570233, 0.8314696123, 0.0; /\* 56.25 deg \*/  
 N\_A6; -0.3826834324, 0.9238795325, 0.0;  
 N\_B6; 0.3826834324, 0.9238795325, 0.0; /\* 67.5 deg \*/  
 N\_A7; -0.195090322, 0.9807852804, 0.0;  
 N\_B7; 0.195090322, 0.9807852804, 0.0; /\* 78.75 deg \*/

PROPERTY(TYPE=ISOTROPIC) /\* definition du materiau "mat1" \*/  
 mat1; E=2.0E11, NU=0.3, DEN=7.8E3; /\* module d'Young, coef. Poisson, densite \*/

PROPERTY(TYPE=BEAM\_LINEAR) /\* proprietes de la poutre "beam1" \*/  
 beam1; AR=1.131E-4, /\* aire de la section \*/  
 IYY=4.637E-9, IZZ=4.637E-9, /\* moment d'inertie \*/  
 TC=9.274E-9; /\* constante de torsion \*/

/\* Definition des poutres droite: AB et CD \*/

ELEMENT(TYPE=BEAM\_LINEAR, PROP=beam1, MAT=mat1)

#ifdef \_N4

; N\_A, N\_A2;  
 ; N\_A2, N\_A4;  
 ; N\_A4, N\_A6;  
 ; N\_A6, N\_C;  
 ; N\_C, N\_B6;  
 ; N\_B6, N\_B4;  
 ; N\_B4, N\_B2;  
 ; N\_B2, N\_B;

#else

; N\_A, N\_A1;  
 ; N\_A1, N\_A2;  
 ; N\_A2, N\_A3;  
 ; N\_A3, N\_A4;  
 ; N\_A4, N\_A5;  
 ; N\_A5, N\_A6;  
 ; N\_A6, N\_A7;  
 ; N\_A7, N\_C;  
 ; N\_C, N\_B7;  
 ; N\_B7, N\_B6;  
 ; N\_B6, N\_B5;  
 ; N\_B5, N\_B4;  
 ; N\_B4, N\_B3;  
 ; N\_B3, N\_B2;  
 ; N\_B2, N\_B1;  
 ; N\_B1, N\_B;

#endif

/\* elimination des degres de liberte



\* les déplacements possibles sont dans le plan XoY

\*/

CONSTRAINT(TYPE=KINEMATICS)

; ALL, Z,RX,RY;

RESTRAINT(TYPE=DISPLACEMENT)

; N\_A, X=0.0, Y=0.0; /\* blocage du noeud A \*/

; N\_B, Y=0.0;

/\* force concentree au noeud C dirigee vers le bas \*/

LOAD(TYPE=FORCE)

; N\_C, Y=-100.0;

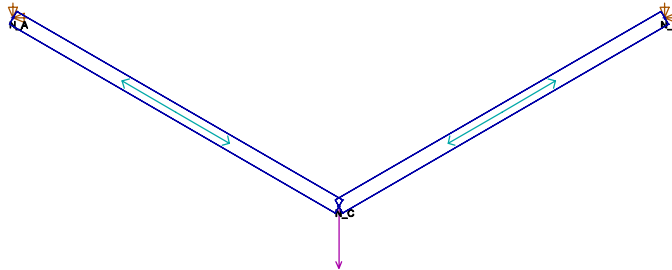
/\* preparation du calcul \*/

STEP()

; MODEL="ARC MINCE BI-ARTICULE EN FLEXION PLANE (AFNOR)",

RUN="statique";

### SSLL09 Systeme de deux barres à trois rotules



/\*\*\*\*\*\*

SSLL 09/89 SYSTEME DE DEUX BARRES A TROIS ROTULES

"Guide de Validation des Progiciels de calcul des structures"

AFNOR 1990, ISBN 2-12-486611-7

ANALYSE: STATIQUE (PROBLEME PLAN)

TEST: ELEMENTAIRE

FONCTIONS: TRELLIS PLAN, BARRES ARTICULEES

Calcul:

Deplacement en C: Y= -0.003

contrainte de traction dans les barres 7E+7 Pa soit 21000 N

\*\*\*\*\*

NODE()

N\_A; -3.89711, 0.0, 0.0;

N\_B; 3.89711, 0.0, 0.0;

N\_C; 0.0,-2.25,0.0;

PROPERTY(TYPE=ISOTROPIC) /\* definition du materiau "mat1" \*/

mat1; E=2.1E11; /\* module d'Young \*/

PROPERTY(TYPE=ROD) /\* proprietes de la barre "rod1" \*/

rod1; AR=3.0E-4; /\* aire de la section de la barre \*/

/\* Definition des barres \*/

ELEMENT(TYPE=ROD,PROP=rod1,MAT=mat1)

; N\_A, N\_C;

; N\_B, N\_C;

/\* elimination des degres de liberte\*/

CONSTRAINT(TYPE=KINEMATICS)

; ALL, Z,RX,RY,RZ;

RESTRAINT(TYPE=DISPLACEMENT)

; N\_A, X=0.0, Y=0.0;

; N\_B, X=0.0, Y=0.0;

/\* forces concentrees au noeud C \*/

LOAD(TYPE=FORCE)

; N\_C, Y= -21.0E3;

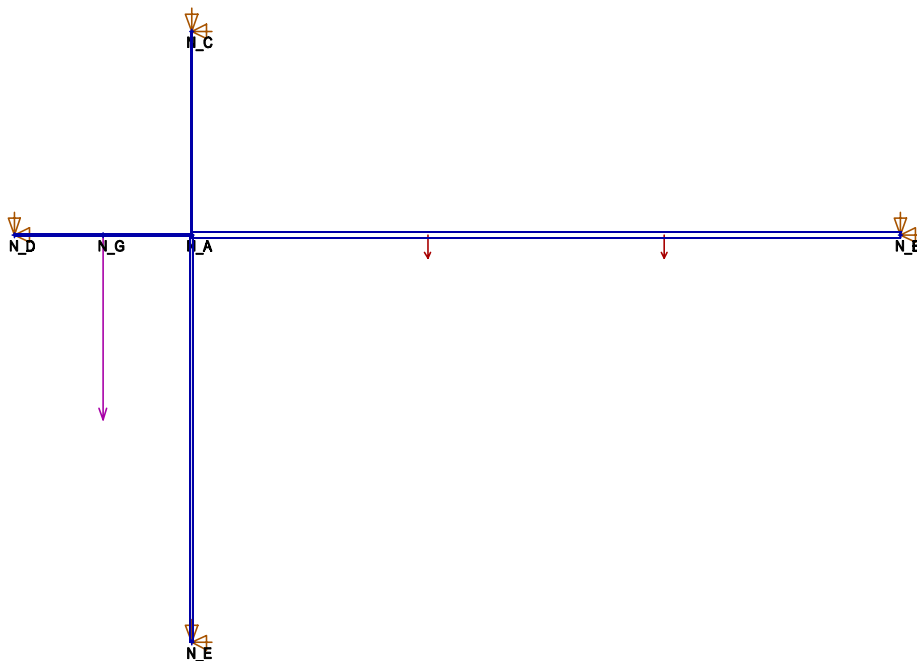
/\* preparation du calcul \*/

STEP()

; MODEL="SYSTEME DE DEUX BARRES A TROIS ROTULES (AFNOR)",

RUN="statique";

### SSLL10 Portique à liaisons latérales



\*\*\*\*\*

SSLL 10/89 PORTIQUE A LIAISON LATERALES

"Guide de Validation des Progiciels de calcul des structures"

AFNOR 1990, ISBN 2-12-486611-7

ANALYSE: STATIQUE (PROBLEME PLAN)

TEST: ELEMENTAIRE

FONCTIONS: FLEXION DANS LE PLAN, POUTRE DROITE ELANCEE

Calcul:

en A, rotation 0.227118,

Moments M(AB) 11023.72, M(AC) 113.559,

Moments M(AD) -12348.588, M(AE) 1211.2994

\*\*\*\*\*

```

NODE()
N_A; 0.0, 0.0, 0.0;
N_B; 4.0, 0.0, 0.0;
N_C; 0.0, 1.0, 0.0;
N_D; -1.0, 0.0, 0.0;
N_G; -0.5, 0.0, 0.0;
N_E; 0.0, -2.0, 0.0;
N_A2; 2.0, 0.0, 0.0;

PROPERTY(TYPE=ISOTROPIC) /* definition du materiau "mat1" */
mat1; E=2.0E11, /* module d'Young */
      DEN=7.8E3; /* densite */

PROPERTY(TYPE=BEAM_LINEAR) /* proprietes des poutres */
AB; IZZ=2.133333333333E-7, AR=16.0E-4; /* inertie et aire de la section */
AC; IZZ=8.333333333333E-10, AR=1.0E-4;
AD; IZZ=8.333333333333E-10, AR=1.0E-4;
AE; IZZ=1.333333333333E-8, AR=4.0E-4;

/* Definition des barres */
ELEMENT(TYPE=BEAM_LINEAR,PROP=AB,MAT=mat1)
E1_AB; N_A, N_B;

ELEMENT(TYPE=BEAM_LINEAR,PROP=AC,MAT=mat1)
; N_A, N_C;

ELEMENT(TYPE=BEAM_LINEAR,PROP=AD,MAT=mat1)
; N_D, N_G;
; N_G, N_A;

ELEMENT(TYPE=BEAM_LINEAR,PROP=AE,MAT=mat1)
; N_A, N_E;

/* elimination des degres de liberte */
CONSTRAINT(TYPE=KINEMATICS)
; ALL, Z, RX, RY;

RESTRAINT(TYPE=DISPLACEMENT)
; N_B, X=0.0, Y=0.0, RZ=0.0;
; N_C, X=0.0, Y=0.0;
; N_D, X=0.0, Y=0.0, RZ=0.0;
; N_E, X=0.0, Y=0.0, RZ=0.0;

/* force concentree au noeud N_G */
LOAD(TYPE=FORCE)
; N_G, Y=-1.0E5;

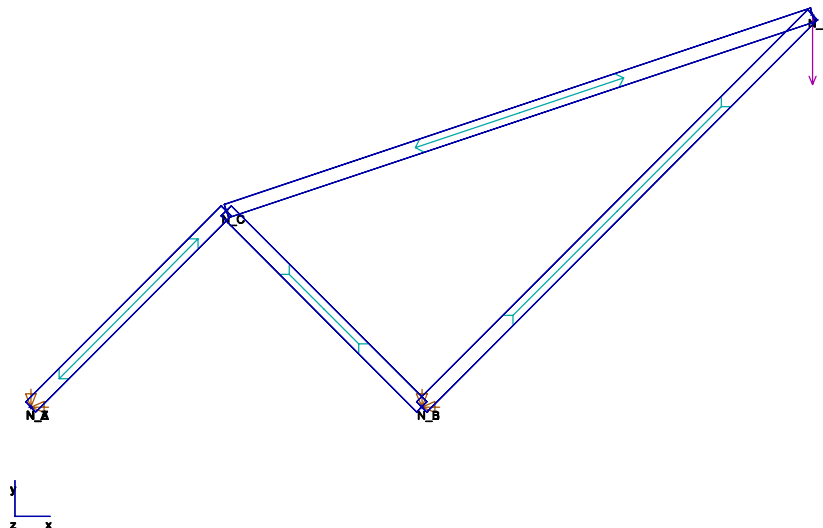
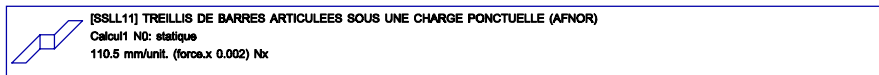
LOAD(TYPE=ED_PRESSURE) /* charge repartie sur la poutre AB */
; E1_AB, E2=-1.0E3;

/* preparation du calcul */
STEP()
; MODEL="PORTIQUE A LIAISONS LATERALES (AFNOR)",
  RUN="statique";

```

---

## SSLL11 Treillis de barres articulées sous une charge ponctuelle



\*\*\*\*\*

SSLL 11/89 TREILLIS DE BARRES ARTICULEES SOUS UNE  
CHARGE PONCTUELLE

"Guide de Validation des Progiciels de calcul des structures"  
AFNOR 1990, ISBN 2-12-486611-7

ANALYSE: STATIQUE (PROBLEME PLAN)  
TEST: ELEMENTAIRE  
FONCTIONS: TREILLIS PLAN, BARRES ARTICULEES

Calcul:  
en C, déplacement 2.6517E-4, 8.839E-5  
en D, déplacement 3.47902E-3, -5.60084E-3

\*\*\*\*\*

NODE()

N\_A; 0.0, 0.0, 0.0;  
N\_B; 1.0, 0.0, 0.0;  
N\_C; 0.5, 0.5, 0.0;  
N\_D; 2.0, 1.0, 0.0;  
N\_Z; 0.0, 0.0, 1.0;

PROPERTY(TYPE=ISOTROPIC) /\* definition du materiau "mat1" \*/  
mat1; E=1.962E11; /\* module d'Young \*/

PROPERTY(TYPE=ROD) /\* proprietes des poutres \*/  
AC\_CB; AR=2.0E-4; /\* aire de la section \*/  
CD\_DB; AR=1.0E-4;

/\* Definition des barres \*/  
ELEMENT(TYPE=ROD, PROP=AC\_CB, MAT=mat1)  
; N\_A, N\_C;  
; N\_B, N\_C;

ELEMENT(TYPE=ROD, PROP=CD\_DB, MAT=mat1)  
; N\_C, N\_D;  
; N\_D, N\_B;

/\* elimination des degres de liberte\*/  
CONSTRAINT(TYPE=KINEMATICS)  
; ALL, Z, RX, RY, RZ;

RESTRAINT(TYPE=DISPLACEMENT)

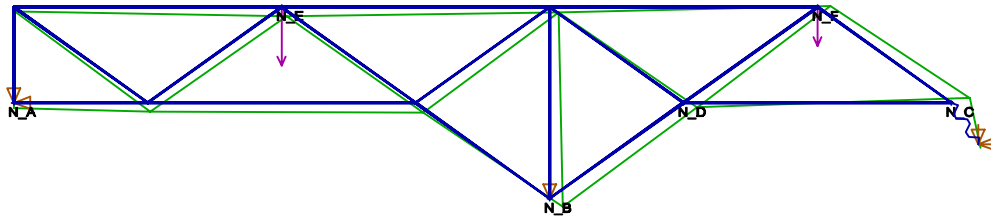
```
; N_A, X= 0.0, Y= 0.0;
; N_B, X= 0.0, Y= 0.0;
```

```
/*      force concentree au noeud D      */
LOAD(TYPE=FORCE)
; N_D,   Y= -9.81E3;
```

```
/* preparation du calcul */
STEP()
```

```
;      MODEL="TREILLIS DE BARRES ARTICULEES SOUS UNE CHARGE PONCTUELLE (AFNOR)",
      RUN="statique";
```

### SSLL12 Système triangulé de barres articulées



0

```
*****
```

SSLL 12/89 SYSTEME TRIANGLE DE BARRES ARTICULEES

"Guide de Validation des Progiciels de calcul des structures"  
AFNOR 1990, ISBN 2-12-486611-7

ANALYSE: STATIQUE (PROBLEME PLAN)  
TEST: ELEMENTAIRE  
FONCTIONS: POUTRE DROITE ELANCEE, FLEXION DANS LE PLAN  
TRACTION COMPRESSION

Calcul:  
effort de traction entre B et D : 43633  
deplacement vertical du point D -0.01618

Modelisation: si aucun deplacement n'etait impose en C, une liaison  
du type MPC pourrait etre employee pour modeliser le glissement sur  
plan incline.

```
CONSTRAINT(TYPE=MPC)
; N_C, Y, 1.0, N_C, X, -2.0;
```

```
*****/
```

```
NODE()
N_A; 0.0, 0.0, 0.0;
N_B; 20.0, -4.0, 0.0;
N_C; 35.0, 0.0, 0.0;
```

ICAB Force: Exemples pour poutres

```
N_D; 25.0, 0.0, 0.0;
N_E; 10.0, 4.0, 0.0;
N_F; 30.0, 4.0, 0.0;
N_A1; 0.0, 4.0, 0.0;
N_A2; 5.0, 0.0, 0.0;
N_B1; 15.0, 0.0, 0.0;
N_B2; 20.0, 4.0, 0.0;
N_C1; 36.0, -1.732, 0.0;
```

```
PROPERTY(TYPE=ISOTROPIC) /* definition du materiau "mat1" */
mat1; E=2.1E11, /* module d'Young */
A=1.0E-5; /* coefficient de dilatation thermique */
```

```
PROPERTY(TYPE=ROD) /* proprietes de la poutre "beam1" */
A1; AR=1.41E-3; /* moment d'inertie des barres A1 */
A2; AR=2.82E-3; /* moment d'inertie des barres A2 */
```

```
PROPERTY(TYPE=SPRING)
S1; K=2.0E14; /* rigidite tres grande => barre quasi-rigide */
```

```
/* Definition des barres articulees */
/* le troisieme point des barres n'a pas besoin d'etre defini */
```

```
ELEMENT(TYPE=ROD,PROP=A1,MAT=mat1)
```

```
; N_A, N_A1;
; N_A1, N_A2;
; N_A2, N_E;
; N_E, N_B1;
; N_B1, N_B2;
; N_B2, N_D;
; N_D, N_F;
; N_F, N_C;
```

```
ELEMENT(TYPE=ROD,PROP=A2,MAT=mat1)
```

```
; N_A, N_A2;
; N_A2, N_B1;
; N_B1, N_B;
l; N_B, N_D;
; N_D, N_C;
; N_A1, N_E;
; N_E, N_B2;
; N_B2, N_B;
; N_B2, N_F;
```

```
ELEMENT(TYPE=SPRING, PROP=S1)
```

```
; N_C, N_C1;
```

```
/* Elimination des degres de liberte */
```

```
CONSTRAINT(TYPE=KINEMATICS)
```

```
; ALL, Z,RX,RY,RZ;
```

```
RESTRAINT(TYPE=DISPLACEMENT)
```

```
; N_A, X=0.0, Y=-0.02;
```

```
; N_B, Y=-0.03;
```

```
; N_C1, X=0.0075, Y=-0.01299; /* deplacement X=0.015 sin(30) => Y=-0.015 cos(30) en C1 */
```

```
/* chargement des forces concentrees */
```

```
LOAD(TYPE=FORCE)
```

```
; N_E, Y=-150.0E3;
```

```
; N_F, Y=-100.0E3;
```

```
LOAD(TYPE=AM_TEMPERATURE)
```

```
; AM=150.0, 0.0; /* temperature ambiante 150, temperature de reference=0 */
```

```
/* preparation du calcul */
```

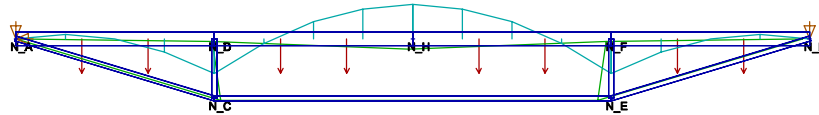
```
STEP()
```

```
; MODEL="SYSTEME TRIANGLE DE BARRES ARTICULEES (AFNOR)",
```

```
RUN="statique";
```

---

## SSLL13 Poutre sous-tendue



\*\*\*\*\*

SSLL 13/89 POUTRE SOUS-TENDUE

"Guide de Validation des Progiciels de calcul des structures"  
AFNOR 1990, ISBN 2-12-486611-7

ANALYSE: STATIQUE (PROBLEME PLAN)  
TEST: APPLICATION  
FONCTIONS: BARRES ARTICULEES, POUTRE DROITE, FLEXION DANS LE PLAN  
DEFORMATION D'EFFORT TRANCHANT

Solution analytique:

effort de traction entre C et E : 584584.0  
Moment flechissant en H : 49249.5  
calcul par progiciels (moyenne selon AFNOR)  
deplacement vertical du point D -0.0005428

Modelisation:

La precontrainte dans la barre CE est modelisee en creant une contraction thermique telle que  $L.A.(T-T_0) = -6.52E-3m$

AR=section de la barre,  
L=longueur de la barre,  
A=coef. dilatation thermique,  
T=temperature ambiante,  
T0=temperature pour laquelle les dilatations sont nulles

\*\*\*\*\*

NODE()

N\_A; 0.0, 0.0, 0.0;  
N\_B; 8.0, 0.0, 0.0;  
N\_C; 2.0, -0.6, 0.0;  
N\_D; 2.0, 0.0, 0.0;  
N\_E; 6.0, -0.6, 0.0;  
N\_F; 6.0, 0.0, 0.0;  
N\_H; 4.0, 0.0, 0.0;

PROPERTY(TYPE=ISOTROPIC) /\* definition du materiau "mat1" \*/  
mat1; E=2.1E11, NU=0.25, A=0.0; /\* pas de dilatation thermique \*/  
mat2; E=2.1E11, NU=0.25, A=1.0E-5; /\* dilatations thermiques possibles \*/

PROPERTY(TYPE=BEAM\_LINEAR) /\* proprietes des poutres entre A et B \*/  
beam1; AR=0.01516, IZZ=2.174E-4, SRY=2.5;

PROPERTY(TYPE=ROD) /\* proprietes des barres \*/  
A1; AR=4.5E-3;

A3; AR=3.48E-3;

ELEMENT(TYPE=BEAM\_LINEAR,PROP=beam1,MAT=mat1)

bAD; N\_A, N\_D; /\* une charge repartie est appliquee \*/  
 bDH; N\_D, N\_H; /\* sur ces poutres, il faut leur donner un numero \*/  
 bHF; N\_H, N\_F; /\* ou un nom pour pouvoir les referencer \*/  
 bFB; N\_F, N\_B;

ELEMENT(TYPE=ROD,PROP=A3,MAT=mat1)

; N\_C, N\_D;  
 ; N\_E, N\_F;

ELEMENT(TYPE=ROD,PROP=A1,MAT=mat1)

; N\_A, N\_C;  
 ; N\_E, N\_B;

/\* seule la barre CE est soumise a des dilatations thermiques \*/

ELEMENT(TYPE=ROD, PROP=A1, MAT=mat2)

; N\_C, N\_E;

/\* Elimination des degres de libertes Z, RX, RY \*/

CONSTRAINT(TYPE=KINEMATICS)

; ALL Z,RX,RY;  
 ; N\_C, Z,RX,RY,RZ; /\* Elimination supplementaire de la rotation RZ \*/  
 ; N\_E, Z,RX,RY,RZ;

RESTRAINT(TYPE=DISPLACEMENT)

; N\_A, X=0.0, Y=0.0; /\* blocage du noeud A \*/  
 ; N\_B, Y=0.0; /\* blocage noeud B dans la direction Y seulement \*/

/\* forces reparties sur les poutres AD, DH, HF, FB \*/

LOAD(TYPE=EDGE\_PRESSURE)

; bAD, E2= -50.0E3;  
 ; bDH, E2= -50.0E3;  
 ; bHF, E2= -50.0E3;  
 ; bFB, E2= -50.0E3;

/\* temperature ambiante -36.2222 => raccourcissement de la barre CE \*/

LOAD(TYPE=AM\_TEMPERATURE)

; AM= -163.0, 0.0;

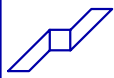
/\* preparation du calcul \*/

STEP()

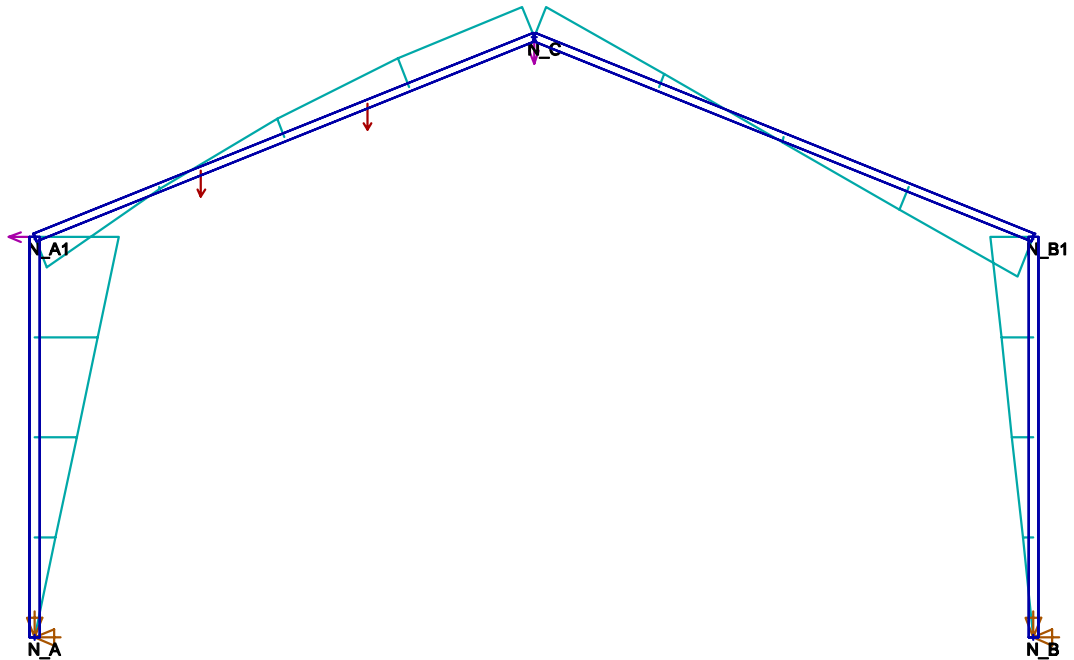
; MODEL="POUTRE SOUS-TENDUE (AFNOR)",  
 RUN="statique";



*SSLL14 Portique plan articulé en pied*



**[SSLL14] PORTIQUE PLAN ARTICULE EN PIED (AFNOR)**  
**Calcul1 N0: statique**  
**9.615 mm/unit. (force.x 0.0001) My:Mz**

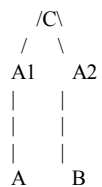


/\*\*\*\*\*\*

SSLL 14/89 PORTIQUE PLAN ARTICULE EN PIED

"Guide de Validation des Progiciels de calcul des structures"  
 AFNOR 1990, ISBN 2-12-486611-7

ANALYSE: STATIQUE (PROBLEME PLAN)  
 TEST: ELEMENTAIRE  
 FONCTIONS: POUTRE DROITE ELANCEE, FLEXION DANS LE PLAN  
 TRACTION COMPRESSION



hauteur des poteaux 8m, hauteur au sommet du toit (C) 12m  
 distance entre poteaux 20m.  
 moments d'inertie pour poteaux 5.0E-4 m4, pout fermes 2.5E-4  
 force appliquee en C (Y) -100000.0 N, en A1 (X) -10000.0, (RZ) -100000.0  
 charge repartie verticale entre A1 et C -3000 N/m  
 Hypothese sur les sections: section carree

noeud A,B: articules

Calcul:  
 reaction en A (X) 20239.4, (Y) 31500.0  
 deplacement vertical en C (Y) -0.03072

\*\*\*\*\*/

NODE()

```
N_A;    0.0,    0.0,    0.0;
N_B;    20.0,    0.0,    0.0;
N_C;    10.0,    12.0,   0.0;
N_A1;   0.0,    8.0,    0.0;
N_B1;   20.0,    8.0,    0.0;
```

```
PROPERTY(TYPE=ISOTROPIC)      /* definition du materiau "mat1" */
mat1; E=2.1E11;                /* module d'Young */
```

```
PROPERTY(TYPE=BEAM_LINEAR)    /* proprietes de la poutre "beam1" */
ibeam1; AR=7.746E-2, IZZ=5.0E-4; /* aire et moment d'inertie des piliers */
beam2;  AR=5.477E-2, IZZ=2.5E-4; /* aire et moment d'inertie des fermes */
```

```
/*      Definition des poutres droite: AB et CD      */
ELEMENT(TYPE=BEAM_LINEAR, PROP=ibeam1, MAT=mat1)
;      N_A, N_A1;          /* poutre A-A1 */
;      N_B, N_B1;          /* poutre B-B1 */
```

```
ELEMENT(TYPE=BEAM_LINEAR, PROP=beam2, MAT=mat1)
ferme;  N_A1, N_C;        /* poutre C-A1 ferme droite */
;      N_C, N_B1;        /* poutre C-A2 ferme gauche */
```

```
/* Elimination des degres de liberte
* les déplacements possibles sont dans le plan XoY
*/
```

```
CONSTRAINT(TYPE=KINEMATICS)
; ALL, Z, RX, RY;
```

```
RESTRAINT(TYPE=DISPLACEMENT)
; N_A, X=0.0, Y=0.0;      /* blocage des noeuds A et B */
; N_B, X=0.0, Y=0.0;
```

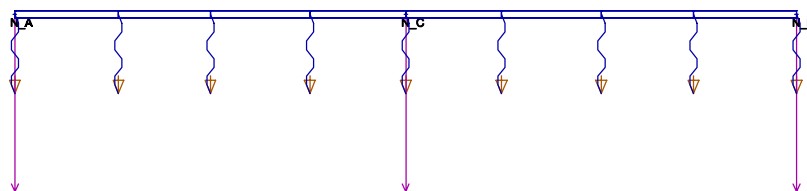
```
/*      chargement des forces concentrees */
LOAD(TYPE=FORCE)
; N_C, Y= -20000.0;
; N_A1, X= -10000.0, RZ= -100.0E3;
```

```
/*      charge repartie sur ferme gauche */
LOAD(TYPE=ED_PRESSURE, DIRECT=X)
; ferme, E2= -3000.0;      /* la charge est dirigee selon l'axe y */
/* preparation du calcul */
```

```
STEP()
;      MODEL="PORTIQUE PLAN ARTICULE EN PIED (AFNOR)",
      RUN="statique";
```

---

## SSLL15 Poutre sur sol élastique, extrémités libres



\*\*\*\*\*

SSLL 15/89 POUTRE SUR SOL ELASTIQUE, EXTREMITES LIBRES

"Guide de Validation des Progiciels de calcul des structures"  
AFNOR 1990, ISBN 2-12-486611-7

ANALYSE: STATIQUE (PROBLEME PLAN)  
TEST: ELEMENTAIRE  
FONCTIONS: POUTRE DROITE ELANCEE, APPUI CONTINU ELASTIQUE  
EXTREMITES LIBRES  
A-----C-----B

$L(AC) = L(CB) = \frac{\pi \sqrt{10}}{2} = 4.967$   
Force en A, C et B:  $F = -10E3$  N  
Raideur lineique =  $840E3$  N/m

La rigidite du sol elastique est modelise par une succession de ressorts

Solution analytique:  
en C, Moment flechissant  $M_y = 5759$  Nm, fleche  $Z = -0.006844$   
en A, fleche  $Z = -0.007854$ , Rotation  $R_Y = -0.000706$  rad

calcul avec 2 poutres (avec ecart par rapport a la solution analytique):  
en C,  $M_y = 5510$  (-4%),  $Z = -6.92E-3$  (+1%)  
en A,  $Z = -7.46E-3$  (-5%),  $R_Y = -0.326E-3$  (-54%)  
La modelisation avec 2 poutres seulement est tres satisfaisante,  
sauf pour le calcul des rotations aux extremités.

calcul avec 8 poutres:  
en C,  $M_y = 5901$  (+2%),  $Z = -6.901E-3$  (+0.8%)  
en A,  $Z = -7.848E-3$  (-0.07%),  $R_Y = -0.693E-3$  (-2%)

\*\*\*\*\*

/\* macro pour utiliser 8 poutres \*/

#define DEF\_8 1

#define HF -0.5

NODE()

N\_A; -2.4836, 0.0, 0.0;

N\_B; 2.4836, 0.0, 0.0;

N\_C; 0.0, 0.0, 0.0; /\* centre de la poutre \*/

N\_AF; -2.4836, 0.0, HF; /\* noeuds formant les points d'appui des fondations \*/

N\_BF; 2.4836, 0.0, HF;

N\_CF; 0.0, 0.0, HF;

```

#ifdef DEF_8
N_A1; -0.6091, 0.0, 0.0;
N_B1; 0.6091, 0.0, 0.0;
N_A2; -1.2418, 0.0, 0.0;
N_B2; 1.2418, 0.0, 0.0;
N_A3; -1.8267, 0.0, 0.0;
N_B3; 1.8267, 0.0, 0.0;
N_A1F; -0.6091, 0.0, HF;
N_B1F; 0.6091, 0.0, HF;
N_A2F; -1.2418, 0.0, HF;
N_B2F; 1.2418, 0.0, HF;
N_A3F; -1.8267, 0.0, HF;
N_B3F; 1.8267, 0.0, HF;
#endif

PROPERTY(TYPE=ISOTROPIC) /* definition du materiau "mat1" */
mat1; E=2.1E11; /* module d'Young */

PROPERTY(TYPE=BEAM_LINEAR) /* proprietes de la poutre "beam1" */
ibeam1; IYY=1.0E-4; /* moment d'inertie des piliers */

#ifdef DEF_8
PROPERTY(TYPE=SPRING) /* proprietes des ressorts (sol elastique) */
ress1; K=260782.9; /* rigidite aux extremités */
ress2; K=521565.9;
#else
PROPERTY(TYPE=SPRING) /* proprietes des ressorts (sol elastique) */
ress1; K=1043131.8; /* rigidite aux extremités */
ress2; K=2086263.5;
#endif

/* Definition des poutres */
ELEMENT(TYPE=BEAM_LINEAR, PROP=ibeam1, MAT=mat1)
#ifdef DEF_8
; N_A, N_A3;
; N_A3, N_A2;
; N_A2, N_A1;
; N_A1, N_C;
; N_C, N_B1;
; N_B1, N_B2;
; N_B2, N_B3;
; N_B3, N_B;
#else
; N_A, N_C;
; N_C, N_B;
#endif
/* ressorts aux extremités */
ELEMENT(TYPE=SPRING, PROP=ress1)
; N_A, N_AF;
; N_B, N_BF;
/* ressort(s) interne(s) */
ELEMENT(TYPE=SPRING, PROP=ress2)
; N_C, N_CF;
#ifdef DEF_8
; N_A1, N_A1F;
; N_A2, N_A2F;
; N_A3, N_A3F;
; N_B1, N_B1F;
; N_B2, N_B2F;
; N_B3, N_B3F;
#endif

/* Elimination des degres de liberte
* les déplacements possibles sont dans le plan XoZ (déplacement Z et rotation RY permis)
*/
CONSTRAINT(TYPE=KINEMATICS)
; ALL, X,Y,RX,RZ;
RESTRAINT(TYPE=DISPLACEMENT)
; N_AF, Z=0.0; /* blocage du déplacement des noeuds des fondations */
; N_BF, Z=0.0;
; N_CF, Z=0.0;
#ifdef DEF_8
; N_A1F, Z=0.0;
; N_B1F, Z=0.0;
; N_A2F, Z=0.0;

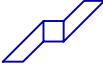
```

```

; N_B2F, Z=0.0;
; N_A3F, Z=0.0;
; N_B3F, Z=0.0;
#endif
/* chargement des forces concentrees */
LOAD(TYPE=FORCE)
; N_A, Z= -10E3;
; N_B, Z= -10E3;
; N_C, Z= -10E3;
/* preparation du calcul */
STEP()
; MODEL="POUTRE SUR SOL ELASTIQUE, EXTREMITES LIBRES (AFNOR)",
  RUN="statique";

```

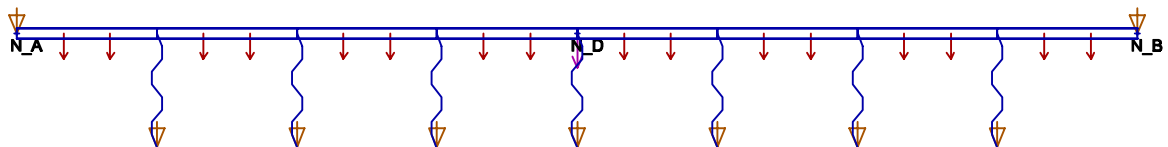
### SSLL16 Poutre sur sol élastique, extrémités articulées



**[SSLL16] POUTRE SUR SOL ELASTIQUE, EXTREMITES ARTICULEES (AFNOR)**

Calcul1 N0: statique

44.47 mm/unit.



\*\*\*\*\*

SSLL 16/89 POUTRE SUR SOL ELASTIQUE, EXTREMITES ARTICULEES

"Guide de Validation des Progiciels de calcul des structures"  
AFNOR 1990, ISBN 2-12-486611-7

ANALYSE: STATIQUE (PROBLEME PLAN)  
TEST: ELEMENTAIRE  
FONCTIONS: POUTRE DROITE ELANCEE, APPUI CONTINU ELASTIQUE  
FLEXION DANS LE PLAN

A-----D-----B

$L(AC) = L(CB) = \frac{\pi \sqrt{10}}{2} = 4.967$   
Force en D:  $F = -10E3$  N

Moments en A: 15E3 Nm, en B -15E3 Nm

charge repartie -5E3 N/m

Raideur lineique= 840E3 N/m

La rigidite du sol elastique est modelise par une succession de ressorts

Solution analytique:

en A, rotation RY= 0.003045, Reaction Fz= 11674

en D, fleche Z= -4.23326E-3, Moment My= 33840

calcul avec 2 poutres (avec ecart par rapport a la solution analytique):

en A, RZ= 3.076E-3 (+1%), Fz= 13000 (+11%)

en D, Z= -4.232E-3 (-0.03%), Mz= -31870 (-6%)

La modelisation en seulement 2 poutres est satisfaisante

calcul avec 8 poutres:

en A, RZ= 3.045E-3 (0%), Fz= 11760 (+0.7%)

en D, Z= -4.233E-3 (0%), Mz= -33730 (-3%)

```

*****
/* macro pour utiliser 8 poutres */
#define DEF_8 1

#define HF -0.5
#define X0 2.483647
#define X1 0.620912
#define X2 1.241826
#define X3 1.862735
#define _X0 -2.483647
#define _X1 -0.620912
#define _X2 -1.241826
#define _X3 -1.862735
NODE()
N_A; _X0, 0.0, 0.0;
N_B; X0, 0.0, 0.0;
N_D; 0.0, 0.0, 0.0; /* centre de la poutre */

N_AF; _X0, 0.0, HF; /* noeuds formant les points d'appui des fondations */
N_BF; X0, 0.0, HF;
N_DF; 0.0, 0.0, HF;

#ifdef DEF_8
N_A1; _X1, 0.0, 0.0;
N_B1; X1, 0.0, 0.0;
N_A2; _X2, 0.0, 0.0;
N_B2; X2, 0.0, 0.0;
N_A3; _X3, 0.0, 0.0;
N_B3; X3, 0.0, 0.0;

N_A1F; _X1, 0.0, HF;
N_B1F; X1, 0.0, HF;
N_A2F; _X2, 0.0, HF;
N_B2F; X2, 0.0, HF;
N_A3F; _X3, 0.0, HF;
N_B3F; X3, 0.0, HF;
#endif

PROPERTY(TYPE=ISOTROPIC) /* definition du materiau "mat1" */
mat1; E=2.1E11; /* module d'Young */

PROPERTY(TYPE=BEAM_LINEAR) /* proprietes de la poutre "beam1" */
ibeam1; IYY=1.0E-4; /* moment d'inertie des piliers */

PROPERTY(TYPE=SPRING) /* proprietes des ressorts (sol elastique) */
#ifdef DEF_8
ress2; K=521565.9;
#else
ress2; K=2086263.5;
#endif

/* Definition des poutres */
ELEMENT(TYPE=BEAM_LINEAR, PROP=ibeam1, MAT=mat1)
#ifdef DEF_8
e1; N_A, N_A3;
e2; N_A3, N_A2;

```

```

e3; N_A2, N_A1;
e4; N_A1, N_D;
e5; N_D, N_B1;
e6; N_B1, N_B2;
e7; N_B2, N_B3;
e8; N_B3, N_B;
#else
e1; N_A, N_D;
e2; N_D, N_B;
#endif

/* ressort(s) */
ELEMENT(TYPE=SPRING, PROP=ress2)
; N_D, N_DF;
#ifdef DEF_8
; N_A1, N_A1F;
; N_A2, N_A2F;
; N_A3, N_A3F;
; N_B1, N_B1F;
; N_B2, N_B2F;
; N_B3, N_B3F;
#endif

/* Elimination des degres de liberte
* les déplacements possibles sont dans le plan XoZ (déplacement Z et rotation RY permis)
*/
CONSTRAINT(TYPE=KINEMATICS)
; ALL, X,Y,RX,RZ;

RESTRAINT(TYPE=DISPLACEMENT)
; N_A, Z=0.0; /* blocage du déplacement des noeuds aux extremités */
; N_B, Z=0.0;
; N_DF, Z=0.0; /* blocage du déplacement des noeuds des fondations */
#ifdef DEF_8
; N_A1F, Z=0.0;
; N_B1F, Z=0.0;
; N_A2F, Z=0.0;
; N_B2F, Z=0.0;
; N_A3F, Z=0.0;
; N_B3F, Z=0.0;
#endif

/* chargement des forces concentrees */
LOAD(TYPE=FORCE)
; N_A, RY= 15E3;
; N_B, RY= -15E3;
; N_D, Z= -10E3;

/* charge repartie */
#define pres -5000.0
LOAD(TYPE=ED_PRESSURE)
; e1, E3=pres;
; e2, E3=pres;
#ifdef DEF_8
; e3, E3=pres;
; e4, E3=pres;
; e5, E3=pres;
; e6, E3=pres;
; e7, E3=pres;
; e8, E3=pres;
#endif

/* preparation du calcul */
STEP()
; MODEL="POUTRE SUR SOL ELASTIQUE, EXTREMITES ARTICULEES (AFNOR)",
; RUN="statique";

```