

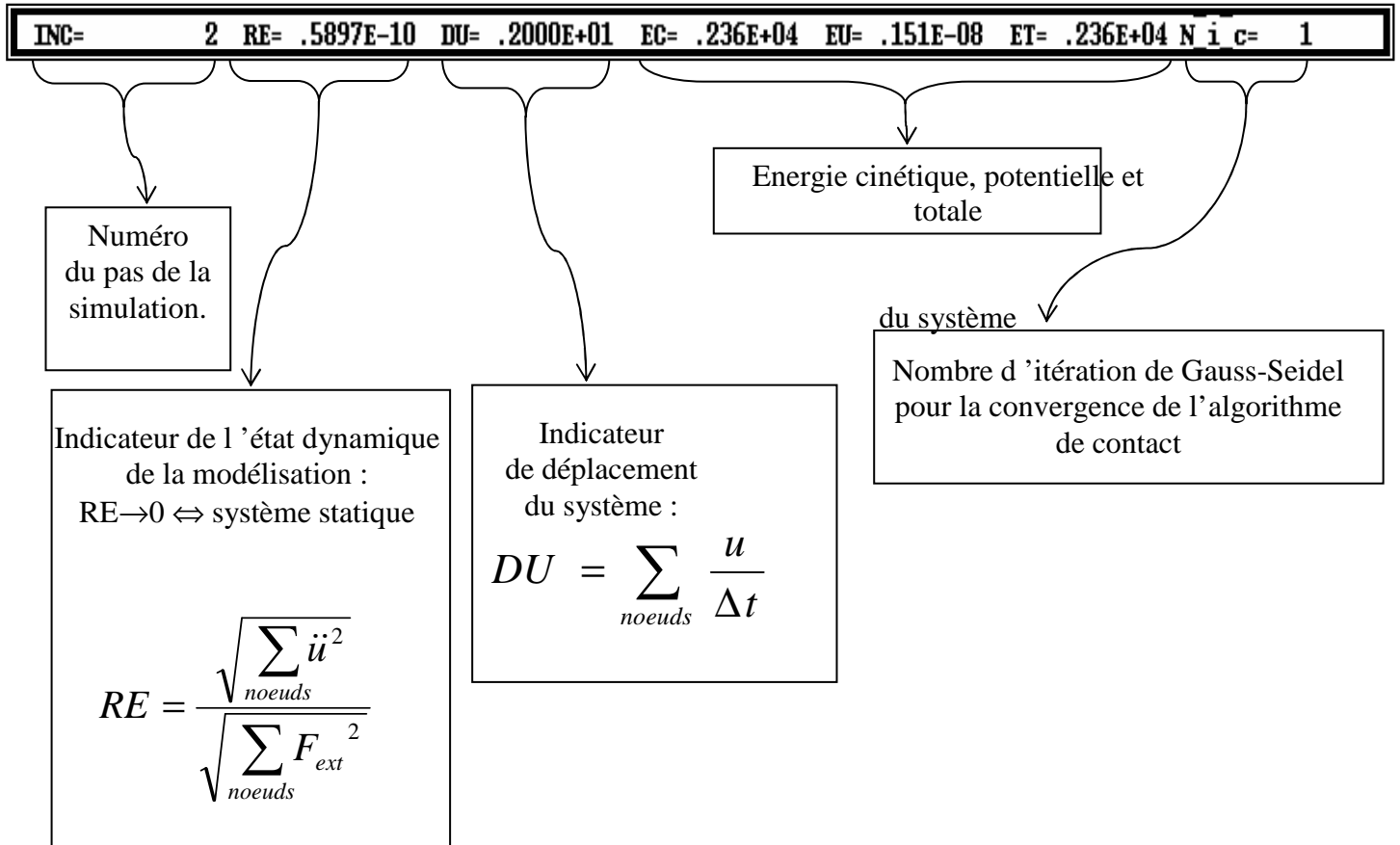
Notice d'utilisation de PLAST

Table des matières

1	Variables s'affichant à l'écran à chaque itération	3
2	Fichiers de données	4
2.1.1	Généralités :	4
2.1.2	Table de connectivité des éléments	6
2.1.3	Table de coordonnées des nœuds	7
2.1.4	Table des degrés de liberté fixés.....	7
2.1.5	Propriétés des matériaux	8
2.1.6	Paramètres de contrôle du temps	10
2.1.7	Vitesse imposée, vitesse initiale, conditions aux limites imposées aux nœuds.....	11
2.1.8	Forces ponctuelles, forces de gravité, pressions surfaciques, thermique	12
2.1.9	Paramètres de l'algorithme de contact.....	13
3	Notice du fichier thermique .dat	14
4	Comment lancer un calcul avec l'application Plast3d.exe :	15
5	Visualisation des résultats ::.....	17
6	Exemple d'application :	18

1 VARIABLES S’AFFICHANT A L’ECRAN A CHAQUE ITERATION

Lors d'un calcul, l'affichage à l'écran est le suivant :



2 FICHIERS DE DONNEES

L'utilisation de Plast nécessite l'utilisation d'un fichier de données comportant l'extension ".dat" (maximum de 80 caractères) contenant toutes les informations nécessaires à la simulation d'un système.

Format de lecture

Tous les entiers sont définis en I10 et tous les réels en E22.15.

Entre chaque variable il y a un espace (1X). Il n'y a pas d'espace défini en 1^{ère} colonne, le premier espace est défini après la 1^{ère} variable.

Chaque section commence par une ligne de commentaires.

2.1.1 Généralités :

# Generalites ligne 1											
1 ^{ère} ligne	1	100	100	*	**	***	7*	8*	9*	10*	FORMAT(16I10)

- 1 1=grandes déformations; 0= petites déformations
- 100 100 Pas d'affichage ou d'enregistrement dans les fichiers de sorties (ici par exemple on a NOUTD=NOUTP=10)
on a la relation : NOUTD=NOUTD+NOUTP
- * =0 Intégration explicite de la loi de comportement plastique
≠0 Intégration implicite de la loi de comportement plastique
- ** ne pas toucher
- *** ne pas toucher
- 7* =0: aucune correction du pas de temps Δt pendant la simulation;
≠0 : nombre de pas entre chaque vérification et correction
du pas de temps critique Δt_c pendant la simulation
- 8* ne pas toucher
- 9* =0 aucune décomposition possible des surfaces en MPC
- 10* Ne pas toucher

# Generalites ligne 2		
2 ^{ème} ligne	* ** 8 *** ****	FORMAT(16I10)

- * Nombre de nœuds total du modèle
- ** Nombre d'éléments total du modèle
- 8 Variable devenue obsolète
Laisser 8 même si il y a des éléments tétraédrique.
- *** Nombre de nœuds avec des conditions aux limites
- **** Nombre de matériaux différents dans le modèle
- 5* =0 ne pas modifier cette variable pour l'instant

# Generalites ligne 3		
3 ^{ème} ligne	6 * ** *** ****	FORMAT(3I10,E22.5,I10)

- 6 Nombre de point de Gauss=6
variable obsolète devenue inutile
- * Variable entière inactive
- ** Nombre de nœuds avec un déplacement constant
- *** Variable d'intégration temporelle β_2 (=0.5 différences centrées, >0.5 et <1 amortissement numérique)

Remarque : intégration temporelle dans le code Plast

Les équations de mouvement sont développées via le principe des travaux virtuels et conduisent au système d'équations différentielles suivant écrit au temps t :

$$M\ddot{u}_t + C\dot{u}_t + F_t^{\text{int}} = F_t^{\text{appli}}$$

avec M, C les matrices nodales de masse et d'amortissement, \dot{u}_t , \ddot{u}_t les vecteurs de vitesse et d'accélération nodales, F_t^{int} les forces intérieures et F_t^{appli} les forces appliquées.

Si l'intégration temporelle des équations différentielles est basée sur la méthode des différences finies centrées ($\beta_2=0.5$), l'expression des vitesses et accélérations à l'instant t est :

$$\dot{u}_t = (u_{t+\Delta t} - u_{t-\Delta t}) / 2\Delta t \quad \text{et} \quad \ddot{u}_t = (u_{t+\Delta t} - 2u_t + u_{t-\Delta t}) / \Delta t^2$$

Si l'intégration temporelle des équations différentielles est basée sur la méthode des différences finies centrées ($0.5 \leq \beta_2 < 1$), l'expression des vitesses et accélérations à l'instant t est :

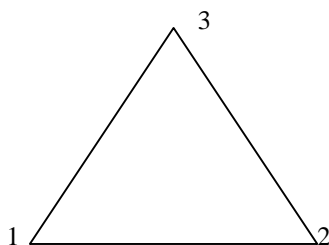
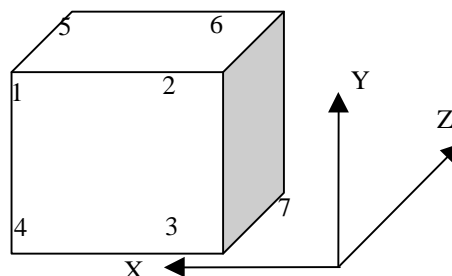
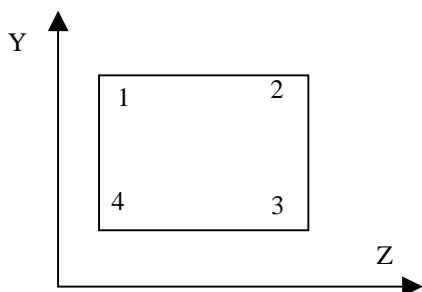
$$\begin{cases} u_t = \frac{1}{1 + \frac{2g\beta_2}{h}} \left[u_{t-g} + g(1-\beta_2)u_{t-g} + \frac{2g\beta_2}{h^2} (u_{t+h} - u_t) \right] \\ \dot{u}_t = \frac{2}{h^2} (u_{t+h} - u_t - h\dot{u}_t) \end{cases}$$

$\beta_2=0.5$: différences centrées
 $\beta_2 \in [0.5, 1]$

2.1.2 Table de connectivité des éléments

# Elements									
NELEM lignes	*	**	1	2	3	4	5	6	7 8
									FORMAT(10I10)

- * Numéro de l'élément
- ** Numéro du element-materiau associé à cet élément
L'élément NUMEL est défini par le matériau MATNO(NUMEL)
- de 1 à 8 Table de connectivité de l'élément
Définition des numéros de nœuds LNODS(NUMEL, INODE)
de l'élément NUMEL
(l'ordre correspond à la description de l'élément suivant)
Pour l'élément tétraédrique : LNODS(NUMEL, I)=0 pour I≥5



Remarque :

- Attention au rangement des numéros de nœuds de l'élément dans la table de connectivité. Si au premier incrément de calcul il apparaît le message « Déterminant nul ... Élément n°... », cela peut provenir de la table de connectivité de l'élément cité écrite dans le mauvais sens. Ce message peut aussi intervenir dans le cas où un élément est trop distordu.
- Pour les triangles veiller à ce que le quatrième nœud soit 0
- Pour les coques triangulaires il est plus sage de numérotter les éléments avec la même orientation

2.1.3 Table de coordonnées des nœuds

# Nœuds		
NPOIN lignes	* *** **	FORMAT(I10,3E22.15,I10)
➤ *	Numéro du nœud	IPOIN
➤ ***	Coordonnées (en mm) selon x, y, z Coordonnées du point IPOIN : COORD(IPOIN,1:3)	COORD
➤ **	Numéro du corps affecté au nœud IBODY(IPOIN) = numéro du corps auquel appartient le nœud IPOIN.	IBODY

2.1.4 Table des degrés de liberté fixés

# Degrés de liberté fixes (existe même si NVFIX=0)		
NVFIX lignes	* abc	FORMAT(4I10)
➤ *	Numéro du nœud ayant des degrés de libertés fixés	
➤ abc	Si nœud bloqué selon x → a=1 ou 2, sinon a=0 si nœud bloqué selon y → b=1 ou 2, sinon b=0 si nœud bloqué selon z → c=1 ou 2, sinon c=0	

Pour tous les nœuds se trouvant sur un plan de symétrie mettre 1 sinon 2 (important pour le contact)

2.1.5 Propriétés des matériaux

Ces données sont rassemblées, pour chaque matériau, dans un tableau comprenant 5 lignes et 8 colonnes (cf Figure ci dessous) :

NUMAT	NTYPE(I)							
1 ^{ère} ligne	1	2	3	4	5	6	7	8
2 ^{ème} ligne	9	10	11	12	13	14	15	16
3 ^{ème} ligne	17	18	19	20	21	22	23	24
4 ^{ème} ligne	25	26	27	28	29	30	31	32
5 ^{ème} ligne	33	34	35	36	37	38	39	40

NUMAT : numéro de matériau donné avec la table des connectivités

NTYPE : numéro correspondant on type de element-materiau

Nous avons pour la simulation de la mise en forme des films polymères deux types de matériaux (un matériau définit pour le moule qui sera considéré comme corps rigide et un autre qui définit la loi de comportement du polymère qui sera viscoélastique :

1- Pour la définitions des surface rigides (ici le moule)

NTYPE(I)= 4

➤ 1 Rien définir	➤ 21 définit le déplacement imposé /Z
➤ 2 //	➤ 22 Rien définir
➤ 3 //	➤ 23 //
➤ 4 //	➤ 24 //
➤ 5 //	➤ 25 //
➤ 6 //	➤ 26 //
➤ 7 //	➤ 27 .
➤ 8 //	➤ 28 .
➤ 9 définit le déplacement max /X	➤ 29 .
➤ 10 définit le déplacement max /Y	➤ 30
➤ 11 définit le déplacement max /Z	➤ 31
➤ 12 Rien définir	➤ 32
➤ 13 //	➤ 33
➤ 14 //	➤ 34
➤ 15 //	➤ 35
➤ 16 //	➤ 36
➤ 17 //	➤ 37
➤ 18 //	➤ 38
➤ 19 définit le déplacement imposé /X	➤ 39
➤ 20 d définit le déplacement imposé /Y	➤ 40 //

1- Pour la définitions de loi viscoélastique des polymères (ici le film)

NTYPE(I)= 3

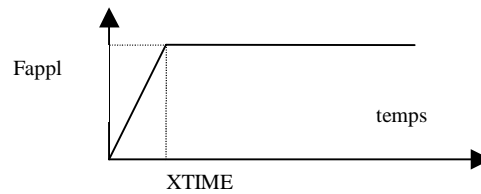
➤ 1	A ne pas changer	➤ 21	..
➤ 2	A ne pas changer	➤ 22	..
➤ 3	épaisseur du film	➤ 23	..
➤ 4	définit la masse surfacique	➤ 24	..
➤ 5	a ne pas toucher	➤ 25	..
➤ 6	obselète	➤ 26	..
➤ 7	paramètre C1 de la loi WLF	➤ 27	...
➤ 8	paramètre C2 de la loi WLF	➤ 28	...
➤ 9	Température de référence loi WLF	➤ 29	λ_{10} (s)
➤ 10	nombre de temps de relaxation, le maximum est 10 temps de relaxation	➤ 30	G10 (Pa)
➤ 11	λ_1 (s)	➤ 31	obselète
➤ 12	G1 (Pa)	➤ 32	obselète
➤ 13	λ_2 (s)	➤ 33	obselète
➤ 14	G2 (Pa)	➤ 34	obselète
➤ 15	..	➤ 35	obselète
➤ 16	..	➤ 36	A ne pas toucher
➤ 17	..	➤ 37	A ne pas toucher
➤ 18	..	➤ 38	A ne pas toucher
➤ 19	.	➤ 39	A ne pas toucher
➤ 20	..	➤ 40	A ne pas toucher

Remarque : - Pour notre exemple (simulation_demioeuf.dat) pour le matériau du moule : NUMAT = 2 et NTYPE=4
- Pour le matériau du film : NUMAT = 1 et NTYPE = 3 , de plus dans cet exemple nous avons un seul temps de relaxation donc la case 10 = 1, et on à seulement la case 11 et 12 à remplir (qui correspond respectivement à λ_1 (s) et G1 (Pa)).

2.1.6 Paramètres de contrôle du temps

# Parametres de controle du temps									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9+
	FORMAT(I10, 20 E22.15)								

- 1 Nombre total de pas de la simulation en cours **NSTEP**
- 2 Pas de temps Δt en seconde (le choisir $< \Delta t_c$, cf :remarque) **DTIME**
- 3 Amortissement pour le premier corps
La matrice d'amortissement est calculée : $[C]=\alpha.[M]$
- 4 =-1 (ne pas y toucher)
Pour avoir un arrêt sur le nombre total de pas, fixer TOLER=-1.
- 5 Permet d'appliquer une force en palier **XTIME**
 F_{appl} varie linéairement du début à XTIME (cf. graphique).



- 6 Fonction analogue à la variable XTIME
avec application d'une force sinusoïdale à la place du plateau. **XTIM2**
- 7 $F=F_{appl} \sin(FMOD \ t)$ **FMOD**
- 8 Amortissement pour le deuxième corps
(=0 s'il n'y a pas de 2^{ième} corps) **AALFA(2)**
- 9 Amortissement pour le troisième corps
(=0 s'il n'y a pas de 3^{ième} corps) **AALFA(3)**
- 10+ Amortissement du 4^{ième} au MBODY^{ième} corps **AALFA(4)... AALFA(MBODY)**

2.1.7 Vitesse imposée, vitesse initiale, conditions aux limites imposées aux nœuds

On peut, pour chaque nœud, imposer un déplacement par pas de temps (c'est à dire une vitesse imposée), et/ou lui imposer une vitesse initiale au premier pas de calcul.

Pour imposer un déplacement sur des nœuds, on indique le numéro du nœud considéré, puis les déplacements imposés (mm) par pas de temps selon les trois directions x, y et z (@=0). Généralement, dans le but de ne pas imposer un déplacement instantané sur un certain nombre de nœuds (qui introduirait des perturbations dynamiques), il est préférable d'introduire une vitesse initiale sur tous les nœuds du corps considéré. Cette vitesse initiale correspond à la valeur de la vitesse imposée au premier incrément

# Déplacements imposés et @					
Déplacements imposés	*	**/x	**/y	**/z	@
	NPOIN	**/x	**/y	**/z	@
# Vitesses initiales					
Vitesses initiales (mm/s)	*	***x	***y	***z	
	NPOIN	***x	***y	***z	

- * Numéro du nœud
- ** Déplacement imposé suivant les trois axes et par pas de temps DZERO
- @ ne pas y toucher pour l'instant LDEPI
- *** Vitesse initiale VELOC

Remarque :

- NPOIN = nombre total de nœuds,
- si aucun déplacement n'est imposé, il suffit d'écrire la seule ligne : NPOIN 0. 0. 0.,
- si aucune vitesse n'est imposée, il suffit d'écrire la seule ligne : NPOIN 0. 0. 0.,
- dans tous les cas de déplacement ou de vitesse imposés, on doit terminer chacune de ces sections par l'écriture du dernier nœud (NPOIN) du maillage,
- pour @=0, le déplacement imposé di en un nœud correspond à la distance en mm imposée à chaque pas de temps Δt en seconde, la vitesse V correspondante en mm.s^{-1} est :

$$v = di/\Delta t ,$$

2.1.8 Forces ponctuelles, forces de gravité, pressions surfaciques, thermique

On peut appliquer trois types de forces : des forces ponctuelles (IPL0D≠0), des forces de gravité (IGRAV≠0), des forces surfaciques non suiveuses (IFACE≠0) et des pressions (forces surfaciques suiveuses).

Si aucune de ces forces n'est appliquée sur le modèle, il suffit de faire figurer uniquement la ligne suivante avec trois zéros correspondant aux valeurs de IPL0D, IGRAV, IFACE.

# Entete des chargements ou #Loads header					
Indicateurs de forces	*	**	***	4*	5*

- * ≠0 si des forces ponctuelles sont appliquées
- ** ≠0 si les forces de gravité sont prises en compte
- *** ≠0 si des faces sont chargées
- 4* =1 expansion thermique isotropique possible
=0 pas d'expansion thermique isotropique
- 5* nombre de surfaces sous pression

# Forces ponctuelles ou #Punctual loads				
Forces ponctuelles	*	F.p/x	F.p/y	F.p/z

- * Numéro du nœud
- F.p/x Force imposée (Newton) au nœud * dans la direction x
- F.p/y Force imposée (Newton) au nœud * dans la direction y
- F.p/z Force imposée (Newton) au nœud * dans la direction z

Remarque : - NPOIN = nombre total de nœuds,
- dès que la valeur de l'indicateur IPL0D est différente de zéro, on doit terminer la section des forces ponctuelles par l'écriture du dernier nœud NPOIN du maillage suivi des trois composantes de sa force ponctuelle (=0 si le nœud NPOIN n'est pas chargé).

# Force de gravite ou #Gravity loads				
Forces de gravité	1/x	2/y	3/z	4

- 1/x Composante du vecteur unitaire de gravité /x
- 2/y Composante du vecteur unitaire de gravité /y
- 3/z Composante du vecteur unitaire de gravité /z
- 4 Constante de gravité (m/s²)

# forces surfaciques non suiveuses ou #Non follower surface loads		
forces surfaciques		
	1	FORMAT(I10)
Répétition NFCES de ces 2 lignes	2 (3 à 6) a/x a/y /a/zd/x d/y d/z	FORMAT(10I10) FORMAT(10I10)

- 1 Nombre de faces ayant des contraintes réparties NFCES
- 2 Numéro de l'élément ayant une face chargée NEASS
- 3 à 6 Numéro des 4 nœuds constituant la face du Q8 ou
numéro des 3 nœuds constituant la face du T4 NOPRS(1-4)
- a/x a/y /a/zd/x d/y d/z : contraintes suivants x, y, z associées en
chacun des nœuds de la faces

# pression surfaciques suiveuses ou #Follower surface loads		
forces surfaciques		
	1 2 3	FORMAT(2I10, E22.15)

- 1 Numéro du corps
- 2 coté de la surface sur laquelle on exerce la pression (1 ou 2)
- 3 pression ou dépression exercée

2.1.9 Paramètres de l'algorithme de contact

Enfin, notons que la dernière partie du fichier de mise en donnée .dat correspond au paramètres de l'algorithme de contact :

```
# Entete contact ( A ne pas toucher)
# NBCCT  NMIGS  TOLCB  ISPLI  ILAGR  IVISM  N_MPC  MDNOC  MDFAT
   1      100   1.0E-07   4      0      0      0      10000   10000
#  NSEG  NMAXCCSEG  NGLOB      DPGLOB
   500      400      100      5.0E-01
1.000000000000E+02 0.000000000000E+00 1.000000000000E+01 1.000000000000E+02
#Couple 1
#Slave surface (surface esclave correspond au film )
   1      1      0
   0 0.3000000000000000e+00 ( 0.3 correpond au coef. de frottement)
#master surface (surface maître correspond au moule)
   2      1
```

.....

3 NOTICE DU FICHIER THERMIQUE .DAT

Ce second fichier .dat correspond au température du film au noeuds, dans le fichier il faut indiquer le nombre total des noeuds du film c'est la case en dessous de # thermique . puis ensuite pour chaque numéro de noeuds on indique la température correspondante (voir l'exemple suivant) :

Dans notre exemple on à :

thermique

7560 => nombres total des noeuds du film

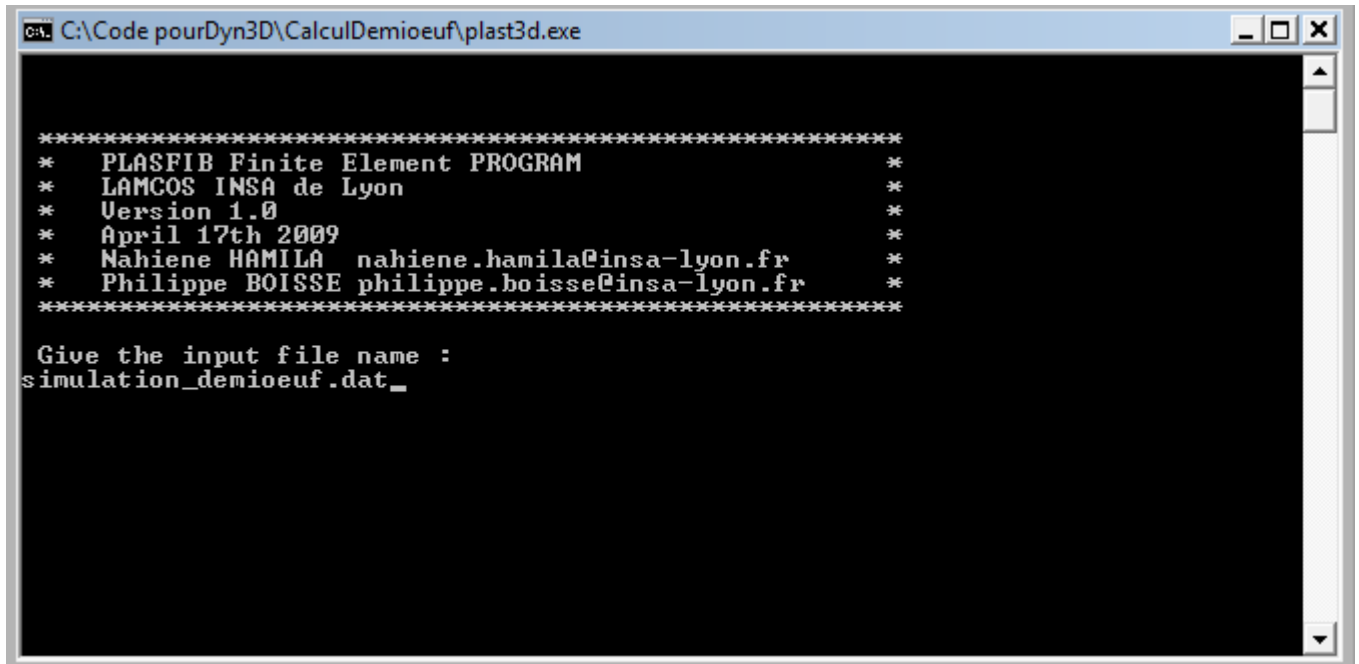
Ensuite :

colonne n° des noeuds	colonne température à chaque noeud (°C)
1	35.2002
2	35.1941
..	..
2128	100.980
..	..
7560	35.1627

.....

4 COMMENT LANCER UN CALCUL AVEC L'APPLICATION PLAST3D.EXE :

- il faut mettre l'exécutable plast3d.exe ainsi que le fichier de mise en donnée (= simulation_demioeuf.dat) et le fichier des températures du film au noeuds (=thermique.dat) dans le même répertoire .
- lorsque on lance plast3d.exe, la première étape est d'écrire le nom de fichier de mise en donnée avec l'extension.dat (exemple :)



```

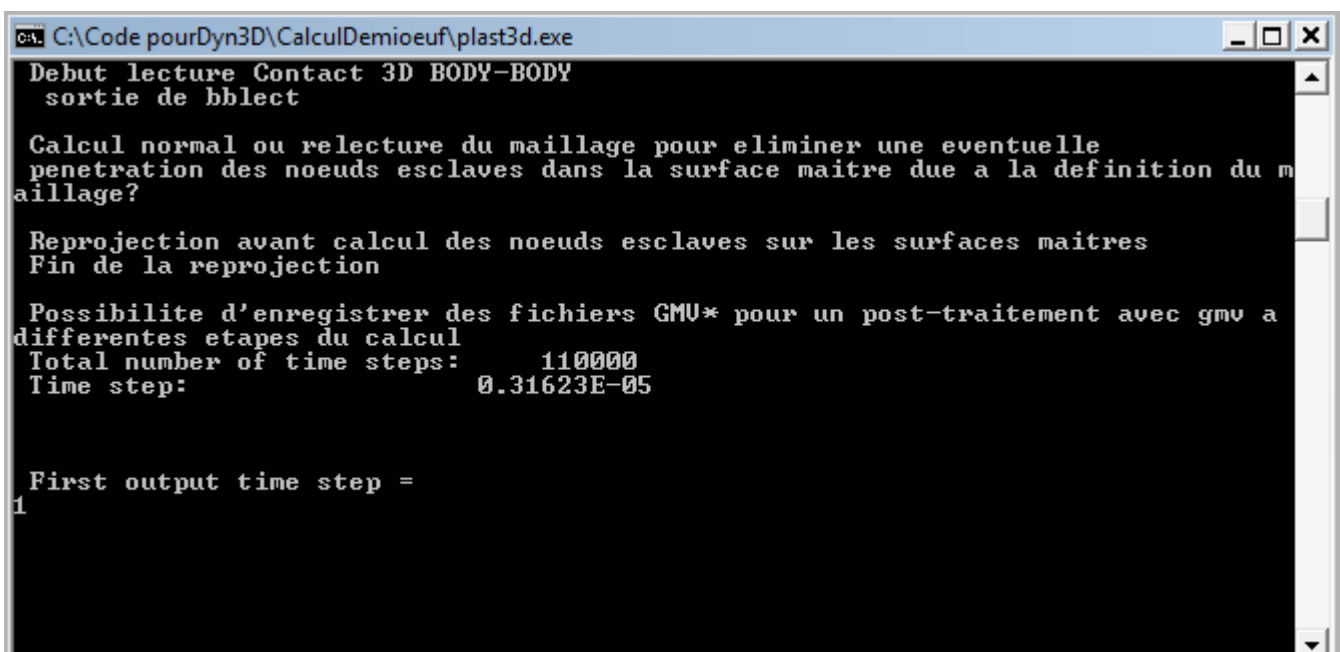
C:\Code pourDyn3D\CalculDemioeuf\plast3d.exe

*****
*   PLASFIB Finite Element PROGRAM   *
*   LAMCOS INSA de Lyon              *
*   Version 1.0                      *
*   April 17th 2009                  *
*   Nahiene HAMILA nahiene.hamila@insa-lyon.fr *
*   Philippe BOISSE philippe.boisse@insa-lyon.fr *
*****

Give the input file name :
simulation_demioeuf.dat_

```

- Ensuite on définit le first output time step (ici c'est =1)



```

C:\Code pourDyn3D\CalculDemioeuf\plast3d.exe

Debut lecture Contact 3D BODY-BODY
sortie de bblect

Calcul normal ou relecture du maillage pour eliminer une eventuelle
penetration des noeuds esclaves dans la surface maitre due a la definition du m
aillage?

Reprojection avant calcul des noeuds esclaves sur les surfaces maitres
Fin de la reprojection

Possibilite d'enregistrer des fichiers GMV* pour un post-traitement avec gmv a
differentes etapes du calcul
Total number of time steps:      110000
Time step:                       0.31623E-05

First output time step =
1

```

- on définit le final output time step (ici c'est =100000)

```

C:\Code pourDyn3D\CalculDemioeuf\simul1\plast3d.exe
fin fichier_utilis
entrée dans BBLECT

Debut lecture Contact 3D BODY-BODY
sortie de bblect

Calcul normal ou relecture du maillage pour eliminer une eventuelle
penetration des noeuds esclaves dans la surface maitre due a la definition du m
aillage?

Reprojection avant calcul des noeuds esclaves sur les surfaces maitres
Fin de la reprojection

Possibilite d'enregistrer des fichiers GMU* pour un post-traitement avec gmv a
differentes etapes du calcul
Total number of time steps:      110000
Time step:                      0.31623E-05

First output time step =
1
1
Final output time step=
100000

```

- puis on définit le nombre de fichiers de sorties maxi (extension .vtk) (pour notre exemple : 500)

```

C:\Code pourDyn3D\CalculDemioeuf\simul1\plast3d.exe
Debut lecture Contact 3D BODY-BODY
sortie de bblect

Calcul normal ou relecture du maillage pour eliminer une eventuelle
penetration des noeuds esclaves dans la surface maitre due a la definition du m
aillage?

Reprojection avant calcul des noeuds esclaves sur les surfaces maitres
Fin de la reprojection

Possibilite d'enregistrer des fichiers GMU* pour un post-traitement avec gmv a
differentes etapes du calcul
Total number of time steps:      110000
Time step:                      0.31623E-05

First output time step =
1
1
Final output time step=
100000
100000
How many output files do you want ?
500

```


5 **VISUALISATION DES RESULTATS ::**

Pour visualiser les résultats (fichiers . vtk), nous utilisons le logiciel Paraview 3.4.0 (qui est open source)
Ce logiciel permettra de visualiser :

- la carte thermique
- le champ de contraintes
- la carte d'épaisseur
- ...

Remarque : a la fin de calcul Plast sort d'autre type de fichiers que les .vtk (comme par exemple les fichiers GMV) . Dans notre cadre d'étude Ces fichiers ne nous intéressent pas.

.....

6 EXEMPLE D'APPLICATION RETENU :

- L'exemple retenu est la pièce du CETIM forme demi-oeuf correspondant à l'image ci dessous :

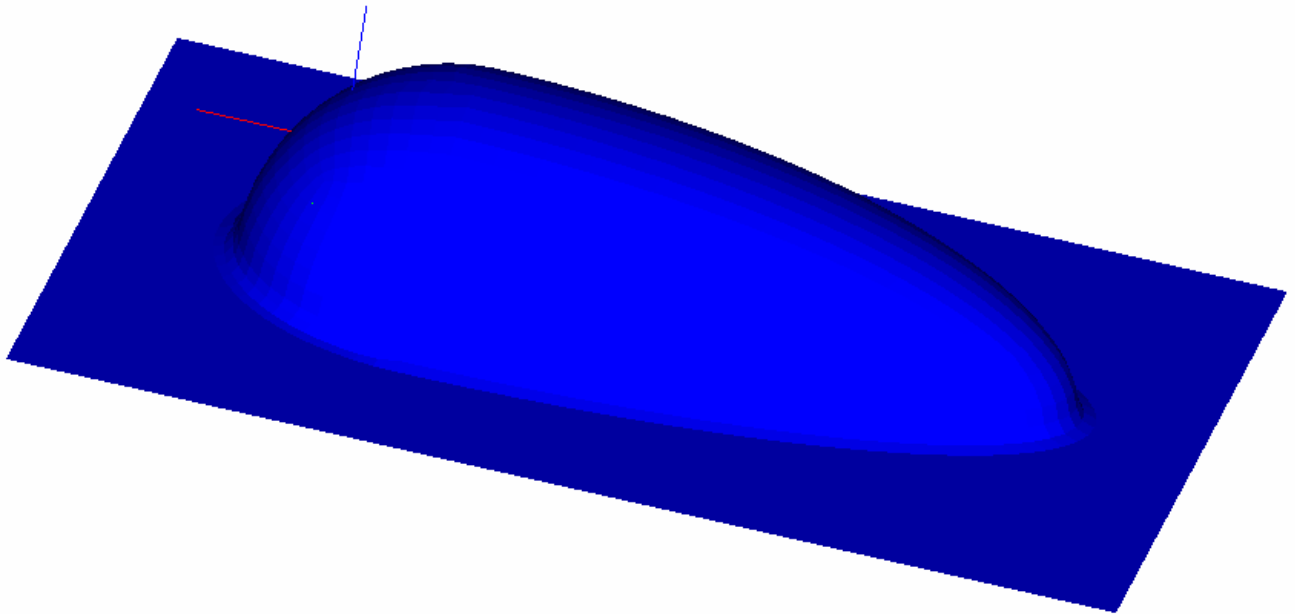


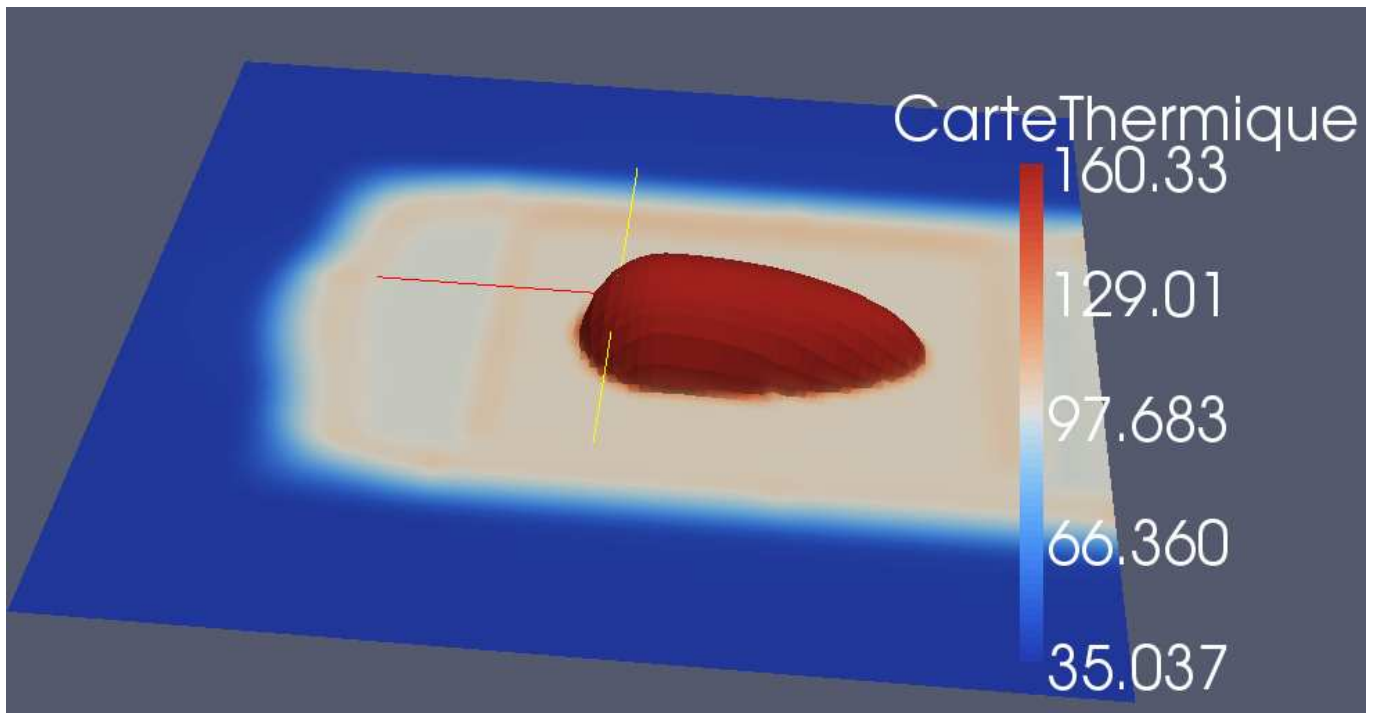
Figure 1 : Pièce

- Matériau film :
 - => PS Venthenat transparent
 - => Epaisseur : 100 μm
 - => les paramètres de la loi de comportement sont fournis par les travaux de A. Thevenon.
 Pour cet exemple, seulement un point de relaxation est retenu pour le spectre à 130 °C.
 - => les paramètres de la loi de viscosité WLF sont également fournis par A. thevenon
 - => Température : carte thermique hétérogène au noeud du film fournie par un calcul thermique sur Abaqus
- Matériau moule :
 - => nous considérons le moule un solide rigide .

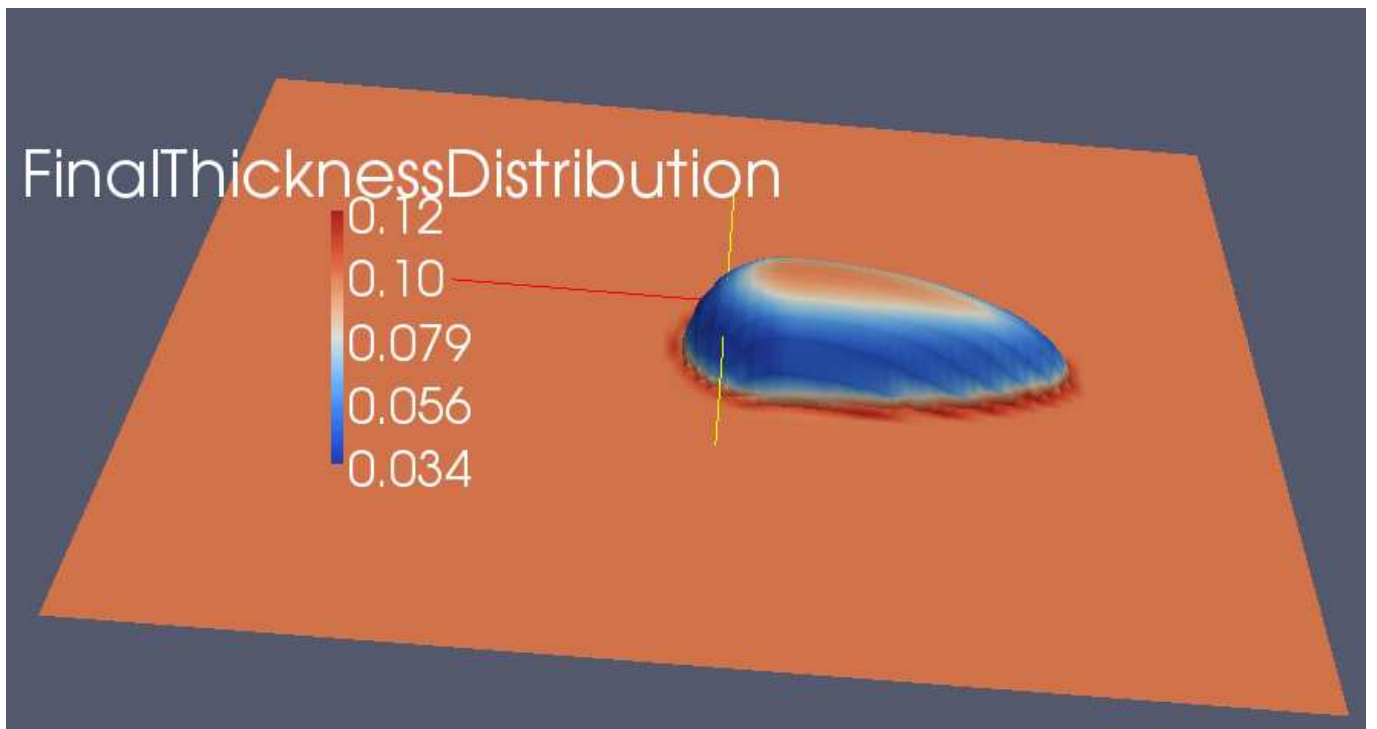
.....

- Quelque résultats obtenus et visualisés sous Paraview :

=> Carte thermique implémentée :



=> Carte épaisseur :



=> Contraintes de Von Mises :

