

de la recherche à l'industrie Formation Cast3M :

« Simulation de la fabrication additive »

version du 12/10/2022

S. Pascal

Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives - www.cea.fr



PRESENTATION DE LA FORMATION

Cea Objectifs de la formation

Refaire les exemples :

- waam1.dgibi : thermique
- waam2.dgibi : thermomécanique

Disponibles dans la base de jeux de données de Cast3M depuis la version 2021.





Principales fonctionnalités étudiées

Modélisation

- Procédure **BIBLIO** : données matériaux
- Procédure **SOUDAGE** : définition d'une séquence de fabrication
- Procédure WAAM : maillage d'une séquence de fabrication
- Définition de modèles et caractéristiques sous forme de chargements : évolution temporelle du modèle
- Définition d'un modèle de source de chaleur : distributions Gaussienne et source mobile
- Option FUSION des modèles mécaniques : annulation de l'histoire du matériau

Résolution

- Procédure PASAPAS

Post-traitement

- Procédure EXPLORER
- Analyse table PASAPAS

Quelques rappels de GIBIANE

En GIBIANE, 2 types d'instructions

- Directives, qui ne renvoient pas de résultat : OPTI DIME 3 ELEM CUB8 TRAC X ;
- Opérateurs, qui renvoient un objet résultat, librement nommé par l'utilisateur : LIGN1 = DROI 5 P1 P2 ;

Possibilité de vérifier le résultat de chaque instruction

 Directive LIST, option RESU : LIST LIGN1 ; LIST (VALE DIME) ; LIST RESU CHPO1 ;

Documentation <u>de toutes les fonctionnalités</u>, disponible en ligne de commande

- Directive INFO : INFO OPTI ; INFO DROI ;

Typage dynamique des données sous forme <u>d'objets</u>

- ENTIER, FLOTTANT, MOT... POINT, MAILLAGE, CHPOINT, MCHAML... MMODEL, EVOLUTION...



WAAM1.DGIBI

27

Présentation de l'exemple de fabrication¹



(1) Camille Cambon, Issam Bendaoud, Sébastien Rouquette, Fabien Soulié.
"Influence of the first weld bead on strain and stress states in wire+arc
additive manufacturing".

The 12th International Seminar "Numerical Analysis of Weldability", Institute for Materials Science, Joining and Forming (IMAT), Sep 2018, Seggau, Austria. hal-01954354 https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01954354

Parameter	value
Power supply	Fronuis TransPlus CMT
Welding speed [m.min ⁻¹]	0.30
<i>Wire feed speed [m. min⁻¹]</i>	3.2 first layer / 2.5 others
Filler wire [mm]	1.2
Shielding gas	$Argon + 2\% CO_2$
Shielding rate [l. min ⁻¹]	15
Average current [A]	120 - first layer /100 - others
Average voltage [V] Time between layers [s]	15 -first layer / 13-others 30



- 10 layers , 80 mm weld bead length
- -Time between layers : 30 s
- -Z-incrementation layers : 2.5 mm

cea

Exemple WAAM1.DGIBI

* Type d'element : CUB8 * Chargement : Source de chaleur, Convection, Apport de matiere *		
* opti dime 3 elem cub8 ;	n_layers	316L 30 H
<pre>icomplet = faux ;</pre>	Thickness :6 mm	
<pre>ig1 = faux ; *opti trac psc eptr 5 ; ig1 = ig1 ou (ega (vale trac) 'PSC') ;</pre>		Base plate
* Parametres du probleme*		am
* Parametres geometrie :		125 m.
* lw1 : longueur faite en WAAM		1.
* lsl : longueur support		↓ Z
* el : episseur de la plaque		
$w_1 = 80.6-3$;		
		× × / /
ls1 = 124.e-3 ;	\checkmark	
ls1 = 124.e-3 ; hs1 = 50.e-3 ;		
ls1 = 124.e-3 ; hs1 = 50.e-3 ; e1 = 6.e-3 ;		
<pre>ls1 = 124.e-3; hs1 = 50.e-3; e1 = 6.e-3; * Position thermocouples :</pre>		
<pre>ls1 = 124.e-3; hs1 = 50.e-3; e1 = 6.e-3; * Position thermocouples : * Bord deport WAAM initial en (0 0 0) :</pre>	Parameter	value
<pre>ls1 = 124.e-3; hs1 = 50.e-3; e1 = 6.e-3; * Position thermocouples : * Bord deport WAAM initial en (0 0 0) : TC1 = 40.e-3 0 -3.e-3;</pre>	Parameter	value
<pre>ls1 = 124.e-3; hs1 = 50.e-3; e1 = 6.e-3; * Position thermocouples : * Bord deport WAAM initial en (0 0 0) : TC1 = 40.e-3 0 -3.e-3; TC2 = 40.e-3 0 -5.e-3;</pre>	Parameter Power supply	value Fronuis TransPlus CMT
<pre>ls1 = 124.e-3; hs1 = 50.e-3; e1 = 6.e-3; * Position thermocouples : * Bord deport WAAM initial en (0 0 0) : TC1 = 40.e-3 0 -3.e-3; TC2 = 40.e-3 0 -5.e-3; TC3 = 0.e-3 0 -25.e-3; TC4 = \$20 e-3 0 -25.e-3;</pre>	Parameter Power supply	value Fronuis TransPlus CMT
<pre>ls1 = 124.e-3; hs1 = 50.e-3; e1 = 6.e-3; * Position thermocouples : * Bord deport WAAM initial en (0 0 0) : TC1 = 40.e-3 0 -3.e-3; TC2 = 40.e-3 0 -5.e-3; TC3 = 0.e-3 0 -25.e-3; TC4 = 80.e-3 0 -10.e-3;</pre>	Parameter Power supply Welding speed [m.min	value Fronuis TransPlus CMT 0.30
<pre>ls1 = 124.e-3; hs1 = 50.e-3; e1 = 6.e-3; * Position thermocouples : * Bord deport WAAM initial en (0 0 0) : TC1 = 40.e-3 0 -3.e-3; TC2 = 40.e-3 0 -5.e-3; TC3 = 0.e-3 0 -25.e-3; TC4 = 80.e-3 0 -10.e-3; * Parametres apport de chaleur :</pre>	Parameter Power supply Welding speed [m.min	value Fronuis TransPlus CMT 0.30
<pre>ls1 = 124.e-3 ; hs1 = 50.e-3 ; e1 = 6.e-3 ; * Position thermocouples : * Bord deport WAAM initial en (0 0 0) : TC1 = 40.e-3 0 -3.e-3 ; TC2 = 40.e-3 0 -5.e-3 ; TC3 = 0.e-3 0 -25.e-3 ; TC4 = 80.e-3 0 -10.e-3 ; * Parametres apport de chaleur : * Us1 : tension electrique de soudage (V) lere couche</pre>	Parameter Power supply Welding speed [m.min Wire feed speed [m.m.	value Fronuis TransPlus CMT -1] 0.30 in ⁻¹] 3.2 first layer / 2.5 others
<pre>ls1 = 124.e-3 ; hs1 = 50.e-3 ; e1 = 6.e-3 ; * Position thermocouples : * Bord deport WAAM initial en (0 0 0) : TC1 = 40.e-3 0 -3.e-3 ; TC2 = 40.e-3 0 -5.e-3 ; TC3 = 0.e-3 0 -25.e-3 ; TC4 = 80.e-3 0 -10.e-3 ; * Parametres apport de chaleur : * Us1 : tension electrique de soudage (V) 1ere couche * Us2 : tension electrique de soudage (V) for couches suivantes</pre>	Parameter Power supply Welding speed [m.min Wire feed speed [m.min Fillen using [mm]	value Fronuis TransPlus CMT -1] 0.30 in ⁻¹] 3.2 first layer / 2.5 others
<pre>ls1 = 124.e-3; hs1 = 50.e-3; e1 = 6.e-3; * Position thermocouples : * Bord deport WAAM initial en (0 0 0) : TC1 = 40.e-3 0 -3.e-3; TC2 = 40.e-3 0 -3.e-3; TC3 = 0.e-3 0 -5.e-3; TC4 = 80.e-3 0 -10.e-3; * Parametres apport de chaleur : * Us1 : tension electrique de soudage (V) 1ere couche * Us2 : tension electrique de soudage (V) 1ere couche * Is2 : intensite electrique soudage (A) 1ere couche * Is1 : intensite electrique soudage (A) 1ere couche</pre>	Parameter Power supply Welding speed [m.min Wire feed speed [m. min Filler wire [mm]	value Fronuis TransPlus CMT -1] 0.30 in ⁻¹] 3.2 first layer / 2.5 others 1.2
<pre>ls1 = 124.e-3; hs1 = 50.e-3; e1 = 6.e-3; * Position thermocouples : * Bord deport WAAM initial en (0 0 0) : TC1 = 40.e-3 0 -3.e-3; TC2 = 40.e-3 0 -5.e-3; TC3 = 0.e-3 0 -25.e-3; TC4 = 80.e-3 0 -10.e-3; * Parametres apport de chaleur : * Us1 : tension electrique de soudage (V) 1ere couche * Us2 : tension electrique de soudage (V) 1ere couche * Is2 : intensite electrique soudage (A) 1ere couche * Is2 : intensite electrique soudage (A) 1ere couche * Vs1 : vitesse de soudage (m/s)</pre>	Parameter Power supply Welding speed [m.min Wire feed speed [m. min Filler wire [mm] Shielding age	value Fronuis TransPlus CMT ⁻¹] 0.30 in ⁻¹] 3.2 first layer / 2.5 others 1.2 Argon + 2% CO
<pre>ls1 = 124.e-3; hs1 = 50.e-3; e1 = 6.e-3; * Position thermocouples : * Bord deport WAAM initial en (0 0 0) : TC1 = 40.e-3 0 -3.e-3; TC2 = 40.e-3 0 -5.e-3; TC3 = 0.e-3 0 -5.e-3; TC4 = 80.e-3 0 -10.e-3; * Parametres apport de chaleur : * Us1 : tension electrique de soudage (V) 1ere couche * Us2 : tension electrique de soudage (V) 1ere couche * Is1 : intensite electrique soudage (A) 1ere couche * Is2 : intensite electrique soudage (A) 1ere couche * Vs1 : vitesse de soudage (M) souches suivantes * Vs1 : vitesse de soudage (M) souches suivantes * Vs1 : vitesse de soudage (M)</pre>	Parameter Power supply Welding speed [m.min Wire feed speed [m. m Filler wire [mm] Shielding gas	value Fronuis TransPlus CMT 0.30 in ⁻¹] 3.2 first layer / 2.5 others 1.2 Argon + 2% CO ₂
<pre>ls1 = 124.e-3 ; hs1 = 50.e-3 ; e1 = 6.e-3 ; * Position thermocouples : * Bord deport WAAM initial en (0 0 0) : TC1 = 40.e-3 0 -3.e-3 ; TC2 = 40.e-3 0 -3.e-3 ; TC3 = 0.e-3 0 -5.e-3 ; TC4 = 80.e-3 0 -10.e-3 ; * Parametres apport de chaleur : * Us1 : tension electrique de soudage (V) 1ere couche * Us2 : tension electrique de soudage (V) 1ere couche * Is1 : intensite electrique de soudage (A) 1ere couche * Is2 : intensite electrique soudage (A) 1ere couche * Is2 : intensite electrique soudage (A) 1ere couche * Vs1 : vitesse de soudage (m/s) * Eta1 : rendement de la source * R0 : rayon de la distribution Gaussienne</pre>	Parameter Power supply Welding speed [m.min Wire feed speed [m.m. Filler wire [mm] Shielding gas	$value$ Fromuis TransPlus CMT 0.30 $3.2 \text{ first layer / 2.5 others}$ 1.2 $Argon + 2\% CO_2$
<pre>ls1 = 124.e-3; hs1 = 50.e-3; e1 = 6.e-3; * Position thermocouples : * Bord deport WAAM initial en (0 0 0) : TC1 = 40.e-3 0 -3.e-3; TC2 = 40.e-3 0 -5.e-3; TC3 = 0.e-3 0 -5.e-3; TC4 = 80.e-3 0 -10.e-3; * Parametres apport de chaleur : * Us1 : tension electrique de soudage (V) 1ere couche * Us2 : tension electrique de soudage (V) 1ere couche * Is1 : intensite electrique de soudage (V) couches suivantes * Is1 : intensite electrique soudage (A) 1ere couche * Is2 : intensite electrique soudage (A) 1ere couche * Vs1 : vitesse de soudage (m/s) * Eta1 : rendement de la source * R0 : rayon de la distribution Gaussienne Us1 = 15.0;</pre>	Parameter Power supply Welding speed [m.min Wire feed speed [m. min Filler wire [mm] Shielding gas Shielding rate [l. min ⁻¹	value $valueFromuis TransPlus CMT0.30in-1]3.2 first layer / 2.5 others1.2Argon + 2% CO2115$
<pre>ls1 = 124.e-3; hs1 = 50.e-3; e1 = 6.e-3; * Position thermocouples : * Bord deport WAAM initial en (0 0 0) : TC1 = 40.e-3 0 -3.e-3; TC2 = 40.e-3 0 -3.e-3; TC3 = 0.e-3 0 -5.e-3; TC3 = 0.e-3 0 -25.e-3; TC4 = 80.e-3 0 -10.e-3; * Parametres apport de chaleur : * Us1 : tension electrique de soudage (V) lere couche * Us2 : tension electrique de soudage (V) couches suivantes * Is1 : intensite electrique soudage (A) lere couche * Is2 : intensite electrique soudage (A) lere couche * Vs1 : vitesse de soudage (m/s) * Eta1 : rendement de la source * R0 : rayon de la distribution Gaussienne Us1 = 15.0; Us2 = 13.0; Is1 = 120.;</pre>	Parameter Power supply Welding speed [m.min Wire feed speed [m.min Filler wire [mm] Shielding gas Shielding rate [l.min ⁻¹ Avarage current [4]	valueFromuis TransPlus CMT -1 0.30 in^{-1} 3.2 first layer / 2.5 others 1.2 $Argon + 2\% CO_2$ 1 15 120 first layer (100, others)
<pre>ls1 = 124.e-3; hs1 = 50.e-3; e1 = 6.e-3; * Position thermocouples : * Bord deport WAAM initial en (0 0 0) : TC1 = 40.e-3 0 -3.e-3; TC2 = 40.e-3 0 -5.e-3; TC3 = 0.e-3 0 -25.e-3; TC4 = 80.e-3 0 -10.e-3; * Parametres apport de chaleur : * Us1 : tension electrique de soudage (V) lere couche * Us2 : tension electrique de soudage (V) couches suivantes * Is1 : intensite electrique de soudage (V) couches suivantes * Is2 : intensite electrique soudage (A) lere couche * Vs1 : vitesse de soudage (A) lere couche * Vs1 : vitesse de soudage (A) couches suivantes * Vs1 : vitesse de soudage (A) couches suivantes * R0 : rayon de la distribution Gaussienne Us1 = 15.0; Us2 = 13.0; Is1 = 120.; Is2 = 100.;</pre>	Parameter Power supply Welding speed [m.min Wire feed speed [m. min Filler wire [mm] Shielding gas Shielding rate [l. min ⁻¹ Average current [A]	value $valueFromuis TransPlus CMT-1]0.30in^{-1}]3.2 first layer / 2.5 others1.2Argon + 2\% CO_21.11.5120- first layer /100- others$
<pre>ls1 = 124.e-3 ; hs1 = 50.e-3 ; e1 = 6.e-3 ; * Position thermocouples : * Bord deport WAAM initial en (0 0 0) : TC1 = 40.e-3 0 -3.e-3 ; TC2 = 40.e-3 0 -5.e-3 ; TC3 = 0.e-3 0 -25.e-3 ; TC4 = 80.e-3 0 -10.e-3 ; * Parametres apport de chaleur : * Us1 : tension electrique de soudage (V) lere couche * Us2 : tension electrique de soudage (V) couches suivantes * Is1 : intensite electrique soudage (A) lere couche * Is2 : intensite electrique soudage (A) lere couche * Vs1 : vitesse de soudage (M) s * Vs1 : vitesse de soudage (M/s) * Etal : rendement de la source * R0 : rayon de la distribution Gaussienne Us1 = 15.0 ; Us2 = 13.0 ; Is1 = 120. ; Is2 = 100. ; Vs1 = 0.30 / 60. ;</pre>	Parameter Power supply Welding speed [m.min Wire feed speed [m.min Filler wire [mm] Shielding gas Shielding rate [l.min ⁻¹ Average current [A] Average voltage [V]	valueFromuis TransPlus CMT -1 0.30 3.2 first layer / 2.5 others 1.2 $Argon + 2\%$ CO2 1 15 120 - first layer /100- others 15 first layer /13 others
<pre>ls1 = 124.e-3 ; hs1 = 50.e-3 ; e1 = 6.e-3 ; * Position thermocouples : * Bord deport WAAM initial en (0 0 0) : TC1 = 40.e-3 0 -3.e-3 ; TC2 = 40.e-3 0 -5.e-3 ; TC3 = 0.e-3 0 -25.e-3 ; TC4 = 80.e-3 0 -10.e-3 ; * Parametres apport de chaleur : * Us1 : tension electrique de soudage (V) lere couche * Us2 : tension electrique de soudage (V) couches suivantes * Is1 : intensite electrique soudage (A) lere couche * Is2 : intensite electrique soudage (A) lere couche * Vs1 : vitesse de soudage (m/s) * Tetal : rendement de la source * R0 : rayon de la distribution Gaussienne Us1 = 15.0 ; Us2 = 13.0 ; Is1 = 120. ; Is2 = 100. ; Vs1 = 0.30 / 60. ; Etal = 0.8 ;</pre>	Parameter Power supply Welding speed [m.min Wire feed speed [m.min Filler wire [mm] Shielding gas Shielding rate [l. min ⁻¹ Average current [A] Average voltage [V]	value $ValueFromuis TransPlus CMT0.30in-1]3.2 first layer / 2.5 others1.2Argon + 2% CO21]15120- first layer /100- others15-first layer / 13-others$

Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives

Clamped face

Début du fichier waam1_formation.dgibi

		68	Usl	= 15.0 ;
D and a start		69	Us2	= 13.0 ;
Parameter	value	70	Is1	= 120. ;
Power supply	Fronuis TransPlus CMT	71	Vs1	= 0.30 / 60. ;
1 Ower supply	Frontis Transf fus CM1	73	Eta1	= 0.8 ;
Welding speed [m.min ⁻¹]	0.30	74	RO	= 3.e-3 ;
Wine food anood [m. min-]	2.2 first laway / 2.5 othoug	76	🗕 * Param	etres apport de matiere :
whe jeed speed [m. min -	5.2 jirst layer / 2.5 others	77	* dfil1	: diametre file (m)
Filler wire [mm]	1.2	78	* vfill * vfil2	: vitesse defilement fil (m/s) : vitesse defilement fil (m/s)
		80	dfil1	= 1.2e-3 ;
Shielding gas	$Argon + 2\% CO_2$	81	vfil1	= 3.2 / 60. ;
		82	vfil2	= 2.5 / 60. ;
Shielding rate [l. min ⁻¹]	15	83	🔺 * Parame	etres sequence soudage :
A.,	for four land the state	8.5	* dtini:	1 : delai initial avant debut dep
Average current [A]	120 - first layer /100 - others	86	* delai	1 : delai entre 2 passes de WAAM
Average voltage [V]	15 first laver / 13 others	87	* nbpas:	s1: nombre de passes
Average voliage [v]	13-jirst layer / 15-others	89	delai1	= 0.8;
Time between layers [s]	30	90	nbpass1	= 10 ;
		91		
		92	* Parame	etres conditions thermiques init.
		93	* Tel	: temperature initiale (degC) : temperature de convection (de
		95	* h1	: coefficient d'echange convec
nufacturing strategy		96	Tini1	= 20. ;
	10.1 00 111 11 1	97	Te1	= 20. ;
	- 10 layers , 80 mm weld bead length	98	hl	= 20. ;
s		100	*	Proprietes
	-Time between layers : 30 s	101	* Ref.	:
	~	102	* Camil	le Cambon, Issam Bendaoud, Sebas
Base plate	-7-incrementation layers · 2.5 mm	103	* "Infl:	uence of the first weld bead on a
	-2-incrementation tayers . 2.3 mm	104	- The L	zin international seminar "Numer.

* Us2 62 : tension electrique de soudage (V) couches suivantes 63 * Is1 : intensite electrique soudage (A) lere couche 64 * Is2 : intensite electrique soudage (A) couches suivantes 65 : vitesse de soudage (m/s) * Vs1 66 * Etal : rendement de la source : rayon de la distribution Gaussienne 67 * RO lere passe autres passes placement torche iales et aux limites : egC) tif (W/m2) 316 г -----* tien Rouquette, Fabien Soulie. strain and stress states in wire+arc additive manufacturing". * The 12th International Seminar "Numerical Analysis of Weldability", 104 105 * Institute for Materials Science, Joining and Forming (IMAT), Sep 2018, Seggau, Austria. * hal-01954354 https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-01954354 106

: tension electrique de soudage (V) 1ere couche

Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives

opti donn 5 ;

* Donnees fournies par la procedure BIBLIO :

107

108

109 110

111

*

61

* Us1

Début du fichier waam1_formation.dgibi

Lancez le jeu de données en tapant : castem22 waam1_formation

```
Le programme s'arrête sur l'instruction :
OPTI DONN 5 ;
```



Procédure BIBLIO

Permet de charger dans une table des données bibliographiques, par exemple, des données matériaux. Syntaxe :

```
TAB1 = BIBLIO MOT1 (REFE ENT1);
```

```
Pour plus de détails, tapez :
```

```
info biblio ;
```

```
On veut charger les propriétés du 316L, tapez :
t316L = biblio 316L Refe 2 ;
```

```
Puis, listez la table T316L :
LisT T316L ;
```

On peut tracer certaines propriétés :

dess T316L . 'YOUN' ;

<pre>\$ * opti donn 5 ;</pre>				
<pre>\$ t316L = biblio 316L refe 2 ;</pre>				
* t316L = biblio 316L refe 2 ;				
<pre>\$ list t316L ;</pre>				
* list t316L ;				
TABLE de pointeur 2122142				
Indice	Objet			
Type Valeur	Type Valeur			
мот к	EVOLUTIO 2122177			
MOT ENTH	EVOLUTIO 2122233			
MOT TFUS	FLOTTANT 0.14500000E+04			
MOT QLAT	FLOTTANT 0.2000000E+10			
MOT YOUN	EVOLUTIO 2122289			
MOT SIGY	EVOLUTIO 2122345			
MOT ALPH	EVOLUTIO 2122401			
MOT H	EVOLUTIO 2122457			
MOT ECRO	NUAGE 2123717			
<pre>\$ dess t316L.ecro ;</pre>				
<pre>* dess t316L.ecro ;</pre>				
<pre>\$ dess t316L.youn ;</pre>				
<pre>* dess t316L.youn ;</pre>				

Poursuite du fichier waam1_formation.dgibi

Tapez : opti donn 3 ;

Le programme se poursuit, puis s'arrête à nouveau sur l'instruction :

OPTI DONN 5;

```
-----* Sequence de soudage / Maillage -----
$
$
  * * Parametres discretisation apport de matiere :
  * * xp1 : "pas" de discetisation de l'apport de matiere en espace (m)
  * * dz1 : increment WAAM selon (0,z) / hauteur cordon
  * * debi1 : debit volumique de fil 1ere passe
  * * debi2 : debit volumique de fil autres passes
$
  * xp1 = e1 / 2.;
  * debi1 = 0.25 * dfil1 * dfil1 * pi * vfil1 ;
  * debi2 = 0.25 * dfil1 * dfil1 * pi * vfil2 ;
   * dz1
           = debi1 / e1 / Vs1 ;
            = debi2 / e1 / Vs1 ;
$
  * dz2
<
  * * Parametres modele source Gaussienne 3D :
  * Qtot1 = Eta1 * Us1 * Is1 ;
  * Qtot2 = Eta1 * Us2 * Is2 ;
  * *Qtot1 = Qtot1 - (Qlat1 * e1 * dz1 * Vs1);
  * *Qtot2 = Qtot2 - (Qlat1 * e1 * dz2 * Vs1);
  * *list Otot1 ;
  * *list Qtot2 ;
          = ((2. / 3.) ** 0.5) * R0 ;
$
  * Rg1
  * * Parametre geometrie / trajectoire :
  * e1s2
          = 0.5 * e1 ;
  * dz1s2 = 0.5 * dz1;
$
$
  * * table SOUDAGE :
  * tso1
                               = tabl ;
                              = Vs1 ;
  * tso1.vitesse_de_soudage
  * tso1.puissance de soudage = Qtot2 ;
  * tso1.diametre de fil
                              = dfil1 ;
  * tso1.vitesse_de_fil
                              = vfil2 ;
   * tso1.point de depart
                              = (0 e1s2 dz1);
   * tso1.largeur de passe
                              = e1 ;
$
<
  * opti donn 5 ;
```

Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives

Permet de décrire un séquence de fabrication ou de soudage.



Crédit photo : L. Forest, SEMT/LTA

Séquence de fabrication ou de soudage :

- Cinématique de l'outil (déplacements et temps d'arrêt le long de sa trajectoire)
- Actions de fabrication (réalisation de points, de cordons de soudure, de « lasage » de couches...)
- Paramètres du procédé :
 - Vitesse de fabrication
 - Débit de fil / de matière
 - Energie déposée
 - Technologie employée
 - Inertage
 - Etc.

Syntaxe générale :

SOUDAGE TAB1 options...;

Les options étant des actions de fabrication (réalisation d'un point, d'une passe ou d'un déplacement).

Principe d'utilisation :

- Appels successifs de la procédure pour chaque action de fabrication
- Enregistrement des actions dans TAB1 à chaque appel

Exemple : SOUDAGE TAB1 DEPLA P1 ; SOUDAGE TAB1 POINT FLOT1 ; SOUDAGE TAB1 DEPLA P2 ;

••••

TAB1 contient des données d'entrée, valeurs par défaut des paramètres de fabrication :

- TAB1. VITESSE_DE_SOUDAGE
- TAB1 . PUISSANCE_DE_SOUDAGE
- TAB1. DIAMETRE_DE_FIL
- TAB1. VITESSE_DE_FIL
- TAB1.DEBIT_DE_FIL
- TAB1. POINT_DE_DEPART
- TAB1. VITESSE_DE_DEPLACEMENT
- TAB1.LARGEUR_DE_PASSE
- TAB1. TEMPS_DE_COUPURE

- : objet FLOTTANT, vitesse de soudage
- : objet FLOTTANT, puissance thermique de soudage
- : objet FLOTTANT, diamètre du fil de métal d'apport
- : objet FLOTTANT, vitesse de dévidement du fil de métal d'apport
- : objet FLOTTANT, débit volumique de fil de métal d'apport
- : objet POINT, origine de la séquence de soudage ((0 0 0) par défaut)
- : objet FLOTTANT, vitesse de déplacement de la torche sans soudage
- : objet FLOTTANT, largeur d'une passe
- : objet FLOTTANT, délai de mise à zéro ou à valeur nominale de la puissance de soudage (0,1 par défaut)

TAB1 contient en sortie :

- TAB1. TRAJECTOIRE : objet MAILLAGE, ligne orientée définissant trajectoire de la torche de soudage. Les segments de couleur rouge représentent les passes de soudage, les segments de couleur verte, les déplacements.
- TAB1. EVOLUTION_DEPLACEMENT : objet EVOLUTION, évolution temporelle de la position de la torche de soudage sur sa trajectoire.
- TAB1. EVOLUTION_PUISSANCE : objet EVOLUTION, évolution temporelle de la puissance thermique délivrée.
- TAB1. EVOLUTION_DEBIT : objet EVOLUTION, évolution temporelle du débit de fil de métal d'apport.

Option POINT : spécifier un point de soudure.

Syntaxe :

SOUDAGE TAB1 POINT FLOT1 ('PUIS' FLOT2) ('DEBI' FLOT3) ;

Avec :

FLOT1 : objet FLOTTANT, durée de réalisation du point de soudure.

- FLOT2 : objet FLOTTANT, puissance thermique utilisée pour la réalisation de ce point de soudure. Ne modifie pas la valeur fournie dans TAB1.'PUISSANCE_DE_SOUDAGE'.
- FLOT3 : objet FLOTTANT, débit de fil utilise pour la réalisation de ce point de soudure. Ne modifie pas la valeur fournie dans TAB1.'DEBIT_DE_FIL'.

Option PASSE : spécifier une passe de soudage (ou de « lasage »).

Syntaxe :

```
SOUDAGE TAB1 PASSE | 'DROI' P1 | ('RELA') | ('VITE' FLOT1) ('PUIS' FLOT2) ('DEBI' FLOT3) ;
| 'CERC' P1 P2 (N1)| 'ABSO' |
| 'MAIL' LIGN1 ;
```

Avec :

- P1 : objet POINT, extrémité finale de la passe a réaliser.
- P2 : objet POINT, centre du cercle.
- N1 : objet ENTIER, nombre de segments discrétisant la passe (par défaut, valeur calculée pour avoir 5 degrés d'angle entre deux segments).
- LIGN1 : objet MAILLAGE, ligne orientée représentant la trajectoire de la passe.
- 'RELA' : objet MOT, indique que les points sont fournis relativement au point courant.
- 'ABSO' : objet MOT, indique que les points sont fournis dans le repère général.
- FLOT1 : objet FLOTTANT, vitesse de déplacement de la torche en soudage. Ne modifie pas la valeur fournie dans TAB1. VITESSE_DE_SOUDAGE'.
- FLOT2, FLOT3 : idem option POINT.

Option DEPLA : spécifier un déplacement de l'outil.

Syntaxe :

```
SOUDAGE TAB1 DEPLA | 'DROI' P1 | ('RELA') | ('VITE' FLOT1) ;
| 'CERC' P1 P2 (N1)| 'ABSO' |
| 'MAIL' LIGN1 ;
| 'COUCHE' ('PAUSE' FLOT2) ;
```

Avec :

- P1 : objet POINT, extrémité finale de la passe a réaliser.
- P2 : objet POINT, centre du cercle.
- N1 : objet ENTIER, nombre de segments discrétisant la passe (idem passe).
- LIGN1 : objet MAILLAGE, **ligne orientée** représentant la trajectoire de la passe.
- 'RELA' : objet MOT, indique que les points sont fournis relativement au point courant.
- 'ABSO' : objet MOT, indique que les points sont fournis dans le repère général.
- FLOT1 : objet FLOTTANT, vitesse de déplacement de la torche en soudage. Ne modifie pas la valeur fournie dans TAB1. VITESSE_DE_SOUDAGE'.
- FLOT4 : objet FLOTTANT, temps de pause entre 2 couches.



Retour au fichier waam1_formation.dgibi

On en est resté là :







- 10 layers , 80 mm weld bead length
- -Time between layers : 30 s
- -Z-incrementation layers : 2.5 mm

```
177
                                     = tabl ;
       tso1
178
       tsol.vitesse de soudage
                                     = Vs1;
       tsol.puissance de soudage
179
                                     = Qtot2 ;
180
       tsol.diametre de fil
                                     = dfil1;
       tso1.vitesse_de_fil = vfil2 ;
tso1.point de depart = (0 els2
181
182
       tsol.point de depart
                                     = (0 \text{ els} 2 \text{ dz} 1);
183
       tsol.largeur de passe
                                     = e1 ;
184
       opti donn 5 ;
185
186
187
       * Défintion de la sequence de soudage :
188
       * Repetition sequence de 2 passes en AR :
       soudage tsol point dtinil puis Qtotl debi 0. ;
189
190
       repe b1 (nb1/2) ;
191
         soudage tsol passe droi (lw1 0 0) ;
192
         soudage tsol depla couche pause delail ;
193
         soudage tso1 passe droi ((-1.*lw1) 0 0) ;
194
         soudage tsol depla couche pause delail ;
195
       fin b1 ;
196
```



- 10 layers , 80 mm weld bead length
- -Time between layers : 30 s
- -Z-incrementation layers : 2.5 mm

```
181
      tsol.vitesse de fil
                                  = vfil2 ;
      tsol.point_de_depart = (0 els2 dz1) ;
182
      tsol.largeur de passe
183
                                  = e1 ;
184
      opti donn 5 ;
185
186
187
      * Défintion de la sequence de soudage :
188
      * Repetition sequence de 2 passes en AR :
      soudage tsol point dtinil puis Qtotl debi 0 ;
189
      repe b1 nb1 ;
190
191
        si (&b1 ega 1) ;
192
          soudage tsol passe droi (lw1 0 0) puis Qtotl debi debi1;
193
        sino :
194
          soudage tsol passe droi (lw1 0 0) ;
195
        fins ;
196
        soudage tsol depla couche pause delail ;
        soudage tso1 passe droi ((-1.*lw1) 0 0);
197
        soudage tsol depla couche pause delail ;
198
199
      fin b1 ;
200
```



- 10 layers , 80 mm weld bead length
- -Time between layers : 30 s
- -Z-incrementation layers : 2.5 mm

```
181
       tsol.vitesse de fil
                                    = vfil2;
182
       tsol.point de depart
                                   = (0 \text{ els} 2 \text{ dz} 1);
183
       tsol.largeur de passe
                                    = e1 ;
184
185
       opti donn 5 ;
186
187
       * Défintion de la sequence de soudage :
       * Repetition sequence de 2 passes en AR :
188
189
       soudage tsol point dtinil puis Qtotl debi 0 ;
190
       repe b1 nb1 ;
191
         si (&b1 eqa 1) ;
192
           soudage tsol passe droi (lw1 0 0) puis Qtotl debi debi1 ;
193
         sino ;
194
           soudage tsol passe droi (lw1 0 0) ;
195
         fins ;
         soudage tsol depla couche pause delail ;
196
197
         soudage tso1 passe droi ((-1.*lw1) 0 0) ;
198
         soudage tsol depla couche pause delail ;
199
       fin b1 ;
200
       soudage tsol point 90. puis 0. debi 0. ;
201
```



- 10 layers , 80 mm weld bead length
- -Time between layers : 30 s
- -Z-incrementation layers : 2.5 mm

Poursuite du fichier waam1_formation.dgibi

Tapez : opti donn 3 ;

Le programme se poursuit, puis s'arrête à nouveau sur : OPTI DONN 5 ;

<pre>\$ * tso1.puissance_de_soudage = Qtot2; \$ * tso1.diametre_de_fil = dfil1; \$ * tso1.vitesse_de_fil = vfil2; \$ * tso1.point_de_depart = (0 e1s2 dz1); \$ * tso1 largeur de_passe = e1;</pre>	
\$ *	
\$ * opti donn 5 ;	
\$ opti donn 3 ; * opti donn 3 ;	
s *	
\$ * * D¦⊖fintion de la sequence de soudage :	
\$ * * Repetition sequence de 2 passes en AR :	
\$ * si (nbpass1 mult 2) ;	
\$ * nb1 = nbpass1 / 2 ;	
3 = 5100; 4 = 10/2;	
\$ * fins :	
<pre>\$ * soudage tso1 point dtini1 puis Qtot1 debi 0. ;</pre>	
\$ * repe b1 nb1 ;	
\$ * si (&b1 ega 1) ;	
<pre>\$ * soudage tso1 passe droi (lw1 0 0) puis Qtot1 debi debi1 ; * sino ;</pre>	
\$ * soudage tsol passe droi (lw1 0 0) ·	
\$ * fins :	
<pre>\$ * soudage tso1 depla couche pause delai1 ;</pre>	
<pre>\$ * soudage tso1 passe droi ((-1.*lw1) 0 0) ;</pre>	
<pre>\$ * soudage tso1 depla couche pause delai1 ; </pre>	
\$ * fin D1 ; \$ * si //shooss1 1) mult 2) ;	
\$ * soudage tso1 passe droi (]w1 0 0) :	
\$ * fins ;	
<pre>\$ * soudage tso1 point 90. puis 0. debi 0. ;</pre>	
\$ *	
<pre>\$ * 51 1g1 ;</pre>	
<pre>\$ * dess tso1.evolution deplacement titr 'evolution deplacement depot WAAM mur' :</pre>	
<pre>\$ * dess tso1.evolution puissance titr 'evolution puissance thermique depot WAAM mur';</pre>	
<pre>\$ * dess tso1.evolution_debit titr 'evolution debit apport de matiere depot WAAM mur';</pre>	
\$ * fins ;	
\$ *	

Procédure WAAM

Permet de mailler une séquence de fabrication définie avec SOUDAGE.

```
Syntaxe, option 'MAIL' :
```

```
      TAB2 = WAAM TAB1 'MAIL' 'PAS' | FLOT1 | ('LARG' FLOT2) | ('DENS FLOT3) | ('TEMP' (FLOT4));

      | LRE1 |
      | (N1) |
```

Avec, en entrée :

- TAB1 : objet TABLE, séquence de fabrication définie avec la procédure SOUDAGE
- FLOT1 : objet FLOTTANT, pas de discrétisation en espace du dépôt de matière
- FLOT2 : objet FLOTTANT, largeur des passes de soudage (si TAB1.LARGEUR_DE_PASSE non défini)
- FLOT3 : objet FLOTTANT, densité du maillage
- N1 : objet ENTIER, nombre de mailles sur un pas de discrétisation (1 par défaut)
- FLOT4 : objet FLOTTANT, pas de temps de calcul lors des passes de soudage.
 Par défaut, (1/π) du temps de parcours du 1er pas de discrétisation en espace.



Procédure WAAM

Permet de mailler une séquence de fabrication définie avec SOUDAGE.

```
Syntaxe, option 'MAIL' :
```

```
      TAB2 = WAAM TAB1 'MAIL' 'PAS' | FLOT1 | ('LARG' FLOT2) | ('DENS FLOT3) | ('TEMP' (FLOT4));

      | LRE1 |
      | (N1) |
```

Et, en sortie :

- TAB2 . MAILLAGE : objet maillage, maillage des passes de soudage
- TAB2 . EVOLUTION_MAILLAGE : objet TABLE, contenant 2 sous-indices :
 - . TEMPS : objet TABLE, contenant les instants du séquençage, indicés de 0 à N
 - . MAILLAGE : objet TABLE, contenant les maillages de la séquence de soudage indicés de 0 à N correspondants aux instants définis à l'indice TEMPS
- TAB2. TEMPS_CALCULES : objet LISTREEL, liste des temps de calculs fournie par l'option TEMP

Cea

Exemple WAAM1.DGIBI

		\$ * opti donn 5 ;
		\$ opti donn 3 ;
Fichi	er waam1 formation.dgibi :	* opti donn 3 ;
		\$ *
Mail	lage de la séquence de fabrication – appel à WAAM	\$ * * Maillage du Mur :
	• • • • • • • • • • • • • • • • • • • •	<pre>\$ * tab2 = waam tso1 mail pas xp1 dens 1.e-3 'TEMP' 0.2;</pre>
	Tapez :	***** WAMM : maillage de la passe :1
	onti donn 2 :	***** WAMM : hauteur de la passe :1 = 2.01062E-03
	opti uomi 5 ,	***** WAMM : maillage de la passe :2
	La programma sa poursuit	***** WAMM : nauteur de la passe :2 = 1.5/080E-03
	Le programme se poursuit,	***** WARM : hautoup do la passo :2 - 1 E7000E 02
	puis s'arrête à nouveau sur :	***** WAMM · maillage de la passe $3 = 1.570000-05$
		***** WAMM : hauteup de la passe :4 = 1 57080F-03
	OPTI DONN 5 ;	***** WAMM : maillage de la passe :5
		***** WAMM : hauteur de la passe :5 = $1.57080E-03$
		***** WAMM : maillage de la passe :6
		***** WAMM : hauteur de la passe :6 = 1.57080E-03
217	opti donn 5 ;	***** WAMM : maillage de la passe :7
218		***** WAMM : hauteur de la passe :7 = 1.57080E-03
219	* Maillage du Mur :	***** WAMM : maillage de la passe :8
220	tab2 = waam tso1 mail pas xp1 dens 1.e-3 'TEMP' 0.2 ;	***** WAMM : hauteur de la passe :8 = 1.57080E-03
221	elim tab2.maillage 1.e-5 ;	***** WAMM : maillage de la passe :9
222	mur1 = tab2.maillage coul vert :	***** WAMM : hauteur de la passe :9 = 1.57080E-03
223	mari cancinaria yo cour (cro)	***** WAMM : maillage de la passe :10
224	ei igl :	WAMM : nauleur de la passe : $10 = 1.57080E-03$
225	si iyi ,	» · errm (abz.marriage r.e-5 , Nombre de noeuds elimines 5166
225	trad cach muri titr Maillage global au mur';	\$ * mur1 = tab2 maillage coul vert ·
226	<pre>tmail = tab2.evolution_maillage.maillage;</pre>	\$ *
227	waam tab2 visu cach ((tsol.trajectoire) plus (0 0 1.e-5)) ;	\$ * si ig1 :
228	fins ;	\$ * trac cach mur1 titr ' Maillage global du mur';
229		<pre>\$ * tmai1 = tab2.evolution maillage.maillage;</pre>
230	opti donn 5 ;	<pre>\$ * waam tab2 visu cach ((tso1.trajectoire) plus (0 0 1.e-5))</pre>
-		\$ * fins ;
		\$ *
		\$ * opti donn 5 ;
		\$



Fichier waam1_formation.dgibi :

Maillage de la séquence de fabrication – appel à WAAM

```
217
      opti donn 5 ;
218
       * Maillage du Mur :
219
                = waam tsol mail pas xpl dens 1.e-3 'TEMP' 0.2 ;
220
       tab2
221
      elim tab2.maillage 1.e-5 ;
222
                = tab2.maillage coul vert ;
      mur1
223
224
       si igl ;
225
        trac cach mur1 titr ' Maillage global du mur';
                  = tab2.evolution maillage.maillage ;
226
        tmai1
        waam tab2 visu cach ((tso1.trajectoire) plus (0 0 1.e-5)) ;
227
      fins ;
228
229
230
      opti donn 5 ;
```

Séquençage de l'apport de matière (maillage)

Pas d'apport de matière ~ 3 mm



Poursuite du fichier waam1_formation.dgibi

Tapez : opti donn 3 ;

Le programme se poursuit, puis s'arrête à nouveau sur : OPTI DONN 5 ;

```
* Maillage du support sous-jacent :
 ne1
           = 5 ;
* me1
           = -1. * e1 ;
* mdz1
           = -1. * dz1 ;
* zmin1
           = (mur1 coor 3) mini ;
* pz0
           = (mur1 coor 3) poin infe (zmin1 + 1.e-5);
* sz0
           = (enve mur1) elem appu stri pz0;
           = sz0 volu tran ne1 (0 0 me1);
* sup1
* xmin1
           = (sup1 coor 1) mini ;
* px0
           = (\sup 1 \operatorname{coor} 1) poin infe (x \min 1 + 1.e-5);
* px1
           = (\sup 1 \operatorname{coor} 1) poin supe (x\min 1 + lw1 - 1.e-5);
* sx0
           = (enve sup1) elem appu stri px0 ;
* sx1
           = (enve sup1) elem appu stri px1 ;
           = sup1 et (sx0 volu tran ne1 (me1 0 0)) et (sx1 volu tran ne1 (e1 0 0)) ;
* sup1
* sup1
           = sup1 coul gris ;
* dx1
           = (ls1 - lw1) * 0.5 - e1;
* me1
           = -1. * e1 ;
* xmin2
           = xmin1 + me1;
* zmin2
           = zmin1 + me1;
* p1
           = sup1 poin proc (xmin2 0 zmin1);
* p2
           = sup1 poin proc (xmin2 0 zmin2);
*рЗ
           = sup1 poin proc ((xmin1 + lw1 + e1) 0 zmin2);
* p4
* p5
           = sup1 poin proc ((xmin1 + lw1 + e1) 0 zmin1);
           = p4 plus (dx1 0 0);
* p6
           = p5 moin (0 0 hs1);
* p7
           = p6 moin (ls1 0 0);
* p8
           = p7 plus (0 0 hs1);
* de1
           = 0.5 * e1;
* de2
           = 6.2e-3 ;
* cs2
           = (p5 droi p6 dini de1 dfin de2) et
             (p6 droi p7 dini de2 dfin de2) et
             (p7 droi p8 dini de2 dfin de1) et
             (p8 droi p1 dini de1 dfin de1) et
             (p1 droi p2 dini de1 dfin de1) et
             (p2 droi p3 dini de1 dfin de1) et
             (p3 droi p4 dini de1 dfin de1) et
             (p4 droi p5 dini de1 dfin de1);
* fs2
           = surf cs2 plan ;
* sup2
           = fs2 volu tran (0 e1 0) 2 ;
* sup2
           = sup2 coul turq ;
* sup0
           = sup1 et sup2 ;
* mail1
          = sup0 et mur1 ;
* si ig1 ;
   mot1
             = chai 'Maillage total "Mur WAAM" et support :' (nbno mail1) ;
            = chai mot1 ' /' (nbel mail1) ' noeuds/elem.';
    mot1
   trac face mail1 titr mot1 ;
* fins ;
* opti donn 5 ;
```

Poursuite du fichier waam1_formation.dgibi

Tapez : opti donn 3 ;

Le programme se poursuit, puis s'arrête à nouveau sur : OPTI DONN 5 ;

```
zmin2
             = zmin1 + me1;
   p1
             = sup1 poin proc (xmin2 0 zmin1);
  * p2
             = sup1 poin proc (xmin2 0 zmin2) ;
  * рЗ
            = sup1 poin proc ((xmin1 + lw1 + e1) 0 zmin2) ;
  * p4
             = sup1 poin proc ((xmin1 + lw1 + e1) 0 zmin1);
  * p5
             = p4 plus (dx1 0 0);
   p6
            = p5 moin (0 0 hs1);
  * p7
             = p6 moin (ls1 0 0);
   p8
             = p7 plus (0 0 hs1);
  * de1
             = 0.5 * e1;
  * de2
             = 6.2e-3 ;
  * cs2
             = (p5 droi p6 dini de1 dfin de2) et
               (p6 droi p7 dini de2 dfin de2) et
              (p7 droi p8 dini de2 dfin de1) et
              (p8 droi p1 dini de1 dfin de1) et
               (p1 droi p2 dini de1 dfin de1) et
               (p2 droi p3 dini de1 dfin de1) et
              (p3 droi p4 dini de1 dfin de1) et
              (p4 droi p5 dini de1 dfin de1);
  * fs2
             = surf cs2 plan ;
  * sup2
             = fs2 volu tran (0 e1 0) 2 ;
   sup2
             = sup2 coul turq ;
             = sup1 et sup2 ;
  * sup0
  * mail1
            = sup0 et mur1 ;
  * si ig1 ;
              = chai 'Maillage total "Mur WAAM" et support :' (nbno mail1) ;
  * mot1
     mot1
              = chai mot1 ' /' (nbel mail1) ' noeuds/elem.';
  * trac face mail1 titr mot1 ;
  * fins ;
  * opti donn 5 ;
$ opti donn 3 ;
* opti donn 3 ;
  * *----- Accrochage DDL thermique maillage support -----*
  * clt1 = sup1 rela accro sup2 (mots 'T');
Nombre de points accroches 710 sur 3864 proposes
 * clt2 = (TC1 et TC2 et TC3 et TC4) rela accro sup0 (mots 'T');
Nombre de points accroches 4 sur 4 proposes
  * * Surface interface maillages support non-conformes :
   pinte1 = clt1 extr mail nomu ;
  * sinte1 = (enve sup0) elem appu stri pinte1;
  * *----- Modele / Caracteristique ------
  * * Conduction / Convection :
            = mode mail1 thermique ;
  * mod1
            = mate mod1 rho rho1 k k1 'C' cp1 'TINI' Tini1 ;
  * mat1
   opti donn 5 ;
```

Modèle de source de chaleur Gaussienne

Syntaxe :

MOD1 = MODE GEO1 THERMIQUE SOURCE GAUSSIENNE ISOTROPE ; MAT1 = MATE MOD1 'QTOT' PTH1 'ORIG' P1 'RGAU' RG1 ;

Distribution volumique définie par : $q(\vec{x}) = q_0 e^{\left(-2\frac{(x-x_{P_1})^2 + (y-y_{P_1})^2 + (z-z_{P_1})^2}{RG1^2}\right)}$

Avec :
$$q_0 = \frac{2^{5/2} PTH1}{\pi^{3/2} RG1^3}$$
, on vérifie que : $PTH1 = \iiint_{z \le z_{P1}} q(\vec{x}) dV$

Déplacement de la source de chaleur

P1 évolue au cours du calcul → définition de l'évolution de son abscisse curviligne le long de sa trajectoire PTH1 évolue également (arrêt/ reprise de soudage) → évolution temporelle de la puissance thermique de soudage

```
299
300
      opti donn 5 ;
301
302
      * Source thermique :
             = tso1.evolution puissance ;
303
       evqt1
             = tso1.evolution deplacement ;
304
       evxs1
305
       chxs1
              = tsol.trajectoire coor curv ;
              = char traj chxs1 evxs1 ;
306
      cqxs1
               = mode mail1 thermique source gaussienne ;
307
       mod3
               = mate mod3 gtot evgt1 orig cgxs1 rgau Rg1 ;
308
       mat3
309
310
      opti donn 5 ;
```

Poursuite du fichier waam1_formation.dgibi
Tapez : opti donn 3 ;
Le programme se poursuit, puis s'arrête à nouveau sur :
OPTI DONN 5 ;

```
(p4 droi p5 dini de1 dfin de1);
  * fs2
            = surf cs2 plan ;
  * sup2
            = fs2 volu tran (0 e1 0) 2;
  * sup2
            = sup2 coul turq ;
  * sup0
            = sup1 et sup2 ;
  * mail1 = sup0 et mur1 ;
  * si ig1 ;
              = chai 'Maillage total "Mur WAAM" et support :' (nbno mail1);
  * mot1
  * mot1 = chai mot1 ' /' (nbel mail1) ' noeuds/elem.';
  * trac face mail1 titr mot1;
  * fins ;
$ * opti donn 5 ;
$ opti donn 3 ;
* opti donn 3 ;
 * *----- Accrochage DDL thermique maillage support -----*
  * clt1 = sup1 rela accro sup2 (mots 'T');
Nombre de points accroches 710 sur 3864 proposes
$ * clt2 = (TC1 et TC2 et TC3 et TC4) rela accro sup0 (mots 'T');
Nombre de points accroches 4 sur 4 proposes
  * * Surface interface maillages support non-conformes :
  * pinte1 = clt1 extr mail nomu ;
                                                          * sinte1 = (enve sup0) elem appu stri pinte1;
  * *----- Modele / Caracteristique -----*
<
  * * Conduction / Convection :
  * mod1 = mode mail1 thermique ;
  * mat1 = mate mod1 rho rho1 k k1 'C' cp1 'TINI' Tini1;
  * opti donn 5 ;
$ opti donn 3 ;
 opti donn 3 ;
  * * Source thermique :
  * evqt1 = tso1.evolution puissance ;
  * evxs1 = tso1.evolution deplacement ;
  * chxs1 = tso1.trajectoire coor curv ;
  * cgxs1 = char traj chxs1 evxs1 ;
  * mod3
            = mode mail1 thermique source gaussienne ;
            = mate mod3 qtot evqt1 orig cgxs1 rgau Rg1 ;
  * mat3
  * opti donn 5 ;
```

Modélisation de l'apport de matière – Chargements de type MODE et MATE

Rappel : notions de MODELE et CARACTERISTIQUES dans Cast3M MOD1 = MODE GEO1 THERMIQUE CONDUCTION CONS '316L' ; → définit un modèle thermique sur le maillage GEO1

```
MAT1 = MATE MOD1 RHO RHO1 K K1 C CP1 ; → définit les caractéristiques de MOD1
```

Apport de matière

GEO1 évolue au cours du calcul → séquençage du modèle sur celui du maillage TTPS1 = TAB2.EVOLUTION_MAILLAGE.TEMPS; TMAI1 = TAB2.EVOLUTION_MAILLAGE.MAILLAGE; NB1 = DIME TMAI1; TMOD1 = TABLE ; TMAT1 = TABLE ; I1 = 0; REPE B1 NB1; TMOD1.I1 = REDU MOD1 (TMAI1 .I1); TMAT1 .I1 = REDU MOD1 (TMAI1 .I1); I1 = I1 + 1; FIN B1;

Définition de chargements MODE et MATE

CGMOD1 = CHAR MODE TTPS1 TMOD1 ; → définit un chargement MODE décrivant l'évolution du modèle au cours du temps

CGMAT1 = CHAR MATE TTPS1 TMAT1 ; → idem pour caractéristiques

MOD(t1) = TIRE CGMOD1 MODE t1 ; → fournit le modèle à utiliser au temps t1 (idem avec CGMAT1)



Fichier waam1_formation.dgibi : séquençage des modèles et caractéristiques

309 opti donn 5 ; 310 311 312 * Tables d'evolution des modeles et caracteristiques : 313 = tab2.evolution maillage.temps ; ttps1 314 = tab2.evolution_maillage.maillage ; tmai1 315 nb1 = dime ttps1 ; 316 tmod1 = table ; 317 tmod2 = table ; 318 tmod3 = table ; 319 = table ; tmat1 = table ; tmat2 321 tmat3 = table ; 322 repe b1 nb1 ; 323 = tmai1 . (&b1 - 1) ; geoi1 324 geoi1 = geoi1 et sup0 ; 325 tmod1. (&b1 - 1) = redu mod1 geoi1; 326 tmat1. (&b1 - 1) = redu mat1 (tmod1. (&b1 - 1)); 327 sconv1 = (enve geoi1) diff sinte1 ; 328 tmod2 . (&b1 - 1) = mode sconv1 thermique convection ; 329 tmat2 . (&b1 - 1) = mate (tmod2 . (&b1 - 1)) 'H' h1 'TC' Te1 ; tmod3. (&b1 - 1) = redu mod3 geoi1; 331 tmat3 . (&b1 - 1) = redu mat3 (tmod3 . (&b1 - 1)) ; 332 fin b1 ; 333 334 * Chargements MODE / MATE : 335 cqmod1 = char mode ttps1 tmod1 ; 336 cgmod2 = char mode ttps1 tmod2 337 cqmod3 = char mode ttps1 tmod3 338 cgmod0 = cgmod1 et cgmod2 et cgmod3 ; 339 340 cgmat1 = char mate ttps1 tmat1 ; 341 cgmat2 = char mate ttps1 tmat2 ; 342 cqmat3 = char mate ttps1 tmat3 343 cgmat0 = cgmat1 et cgmat2 et cgmat3 ; 344 345 = cqmod0 et cqmat0 ; cq0 346 347 opti donn 5 ; 348



Poursuite du fichier waam1_formation.dgibi

Tapez : opti donn 3 ;

Le programme se poursuit, puis s'arrête à nouveau sur : OPTI DONN 5 ;

```
* opti donn 5 ;
opti donn 3 ;
opti donn 3 ;
* * Source thermique :
           = tso1.evolution_puissance ;
 * evqt1
 * evxs1
          = tso1.evolution_deplacement ;
 * chxs1 = tso1.trajectoire coor curv ;
          = char traj chxs1 evxs1 ;
 * cgxs1
           = mode mail1 thermique source gaussienne ;
 * mod3
* mat3
           = mate mod3 qtot evqt1 orig cgxs1 rgau Rg1 ;
* opti donn 5 ;
opti donn 3 ;
opti donn 3 ;
 * * Tables d'evolution des modeles et caracteristiques :
* ttps1 = tab2.evolution maillage.temps ;
           = tab2.evolution_maillage.maillage ;
* tmai1
* nb1
           = dime ttps1 ;
 * tmod1
          = table ;
 * tmod2
           = table ;
 * tmod3
           = table ;
* tmat1
          = table ;
 * tmat2
          = table ;
 * tmat3
          = table ;
 * repe b1 nb1 ;
    geoi1
           = tmai1 . (&b1 - 1) ;
    geoi1
            = geoi1 et sup0 ;
    tmod1 . (&b1 - 1) = redu mod1 geoi1 ;
    tmat1 . (&b1 - 1) = redu mat1 (tmod1 . (&b1 - 1)) ;
    sconv1 = (enve geoi1) diff sinte1 ;
    tmod2 . (&b1 - 1) = mode sconv1 thermique convection ;
    tmat2 . (&b1 - 1) = mate (tmod2 . (&b1 - 1)) 'H' h1 'TC' Te1 ;
   tmod3 . (&b1 - 1) = redu mod3 geoi1 ;
* tmat3 . (&b1 - 1) = redu mat3 (tmod3 . (&b1 - 1));
* fin b1 ;
 * * Chargements MODE / MATE :
  cgmod1 = char mode ttps1 tmod1 ;
 * cgmod2 = char mode ttps1 tmod2 ;
 * cgmod3 = char mode ttps1 tmod3 ;
 * cgmod0 = cgmod1 et cgmod2 et cgmod3 ;
 * cgmat1 = char mate ttps1 tmat1 ;
 * cgmat2 = char mate ttps1 tmat2 ;
 * cgmat3 = char mate ttps1 tmat3 ;
 * cgmat0 = cgmat1 et cgmat2 et cgmat3 ;
           = cgmod0 et cgmat0 ;
 * cg0
 * opti donn 5 ;
```

Chargements de type MODE et MATE : utilisation avec PASAPAS

```
En entrée : ajout des chargements MODE et MATE à la table de PASAPASTPAS1= TABLE ;TPAS1 . CHARGEMENT= CGMOD1 ET CGMAT1 ET ...TPAS1 . MODELE= TIRE CGMOD1 MODE t0 ;TPAS1 . CARACTERISTIQUES= TIRE CGMAT1 MATE t0 ;
```

•••

En sortie : nouvel indice TAB1.MODELES = modèles utilisés aux différents pas de temps. MODi1 = TPAS1 . MODELES . i1 ; SIGi1 = TPAS1 . CONTRAINTES . i1 ; TRAC SIGi1 MODi1 ;

```
Pour le maillage :

GEOi1 = EXTR MODi1 MAIL ;

DEPi1 = TPAS1 . DEPLACEMENTS . i1 ;

TRAC DEPi1 GEOi1
```

Remarque :

En THERMIQUE, modèles conduction + convection + ... → GEOi1 ne contient pas que des éléments massifs GEOi1 = (EXTR MODi1 MATE CONDUCTION) EXTR MAIL ;

Fichier waam1_formation.dgibi : table PASAPAS

```
345
           = cqmod0 et cqmat0 ;
      cq0
346
347
      opti donn 5 ;
348
349
      *-----* Resolution PASAPAS -----*
350
351
             = tab2.temps calcules ;
      ltca1
      si (non icomplet) ;
352
353
      ltca1
                = ltcal extr (lect 1 pas 1 20) ;
354
      fins ;
355
356
                             = table ;
      tab1
357
      tab1.modele
                            = tire cqmod0 mode 0. ;
      tab1.caracteristiques
                           = tire cqmat0 mate 0. ;
358
359
      tab1.chargement
                             = cq0 ;
      tab1.blocages thermiques = clt1 et clt2 ;
360
      tab1.temps calcules
361
                            = ltca1 ;
362
363
      opti donn 5 ;
364
```

Poursuite du fichier waam1_formation.dgibi : RESOLUTION avec PASAPAS

Tapez : opti donn 3 ;

Le programme se poursuit, la résolution commence.

Arrêtez-le avec : CTRL + C

Iteration num	ero :7	Critere relatif : 3.45471E-01
Iteration num	ero :8	Critere relatif : 3.71939E-01
Iteration num	ero :9	Critere relatif : 1.48739E-01
Iteration num	ero :10	Critere relatif : 1.15841E-01
Iteration num	ero :11	Critere relatif : 2.85492E-02
Iteration num	ero :12	Critere relatif : 2.06025E-02
Iteration num	ero :13	Critere relatif : 5.08595E-03
Iteration num	ero :14	Critere relatif : 3.20557E-03
Iteration num	ero :15	Critere relatif : 4.18480E-04
Iteration num	ero :16	Critere relatif : 3.15311E-04
Iteration num	ero :17	Critere relatif : 8.24818E-05
- Calcul du ch	amn de te	mperature au temps · 4 00000E-01
carcar au ch	amp ac ce	
Itonation num	ono •1	Critore relatif : 5 040675-01
Iteration num		Critere relatif : $5.940070-01$
Iteration num		Chitere relatif : 3.42000E-01
Iteration num	ero :3	Critere relatif : 3.20854E-01
Iteration num	ero :4	Critere relatit : 1./4005E-01
Iteration num	ero :5	Critere relatif : 1.05806E-02
Iteration num	ero :6	Critere relatif : 5./3630E-03
Iteration num	ero :7	Critere relatif : 1.17137E-03
Iteration num	ero :8	Critere relatif : 6.13354E-04
Iteration num	ero :9	Critere relatif : 4.88754E-05
- Calcul du ch	amp de te	mperature au temps : 6.00000E-01
Iteration num	ero :1	Critere relatif : 4.58302E-01
Iteration num	ero :2	Critere relatif : 1.96678E-01
Iteration num	ero 3	Critere relatif : 1 13211E-01
Iteration num	ero :4	Critere relatif : 5 13004E-02
Iteration num		Chitere relatif : $0.22002E_02$
Iteration num		Chitere relatif : 4.41102 03
Iteration num		Critere relatif : 4.41105E-05
Iteration num	ero ./	Critere relatif : 4 650555-04
Iteration num	ero :8	Critere relatit : 4.05955E-04
Iteration num	ero :9	Critere relatif : 3.48141E-05
Calcul du ch	amp de te	mperature au temps : 8.00000E-01
**** ERREUR 62	3 ***** d	ans l'operateur RESO
peration interr	ompue par	l'utilisateur
a lecture des d	onnees co	ntinue sur le terminal
struction nume	ro 52 exe	cutee au moment de l'erreur :
J1 = RESO AA M	AT CHPO	
lle est dans la	procedur	e TRANSNON dont l'appel en ligne 41 es
TER = TRANSNON	PRECED	and a shirt a shirt an argue it co
le est dans la	procedur	e PASAPAS dont l'appel est ·
	procedui	e man no done i appei ese .
SALAS LADI		

Poursuite du fichier waam1_formation.dgibi :

Tapez :

opti donn 3 ;

Le programme restitue les résultats sauvegardés.

```
364
365
       temp zero ;
366
367
      pasapas tab1 ;
368
369
       opti rest 'waaml.sauv' ;
370
       rest ;
371
372
       * Affichage temps de calcul :
373
       *duree1 = temp horl ;
374
       *duree1 = (duree1 / 1000) ;
375
       *dmin1
                = (duree1 / 60);
376
                = duree1 - (60 * dmin1);
       *dsec1
                = chai '***** DUREE DU CALCUL (s) :' dmin1 ' min' dsec1 ' s' ;
377
       *mot1
378
      mess mot1 ;
379
380
       *opti sauv 'waam1.sauv' ;
381
      *sauv ;
382
383
      opti donn 5 ;
384
```

```
Elle est dans la procedure PASAPAS dont l'appel est :
PASAPAS TAB1
$ opti donn 3 ;
  opti donn 3 ;
   * opti rest 'waam1.sauv' ;
Le fichier de restitution est de type XDR
   * rest ;
NIVEAU DU FICHIER 23
TAILLE DES COMPOSANTES 8
NIVEAU D'ERREUR Ø DIMENSION 3 DENSITE Ø.00000E+00
LECTURE DE
               1432 OBJETS MAILLAGE
LECTURE DE
               1815 OBJETS CHPOINT
LECTURE DE
                 7 OBJETS RIGIDITE
LECTURE DE
                35 OBJETS TABLE
LECTURE DE
                27 OBJETS IMATRI
LECTURE DE
                55 OBJETS LISTREEL
LECTURE DE
                10 OBJETS CHARGEME
LECTURE DE
                26 OBJETS EVOLUTIO
LECTURE DE
                 2 OBJETS LOGIQUE
LECTURE DE
               1229 OBJETS FLOTTANT
LECTURE DE
                 8 OBJETS ENTIER
LECTURE DE
                414 OBJETS MOT
LECTURE DE
                 4 OBJETS LISTMOTS
LECTURE DE
              17165 OBJETS POINT
LECTURE DE
                 1 OBJETS CONFIGUR
LECTURE DE
              1722 OBJETS MMODEL
LECTURE DE
                820 OBJETS MCHAML
LECTURE DE
                 4 OBJETS MINTE
LECTURE DE
                 1 OBJETS NUAGE
LECTURE DE
              2774 OBJETS IELVAL
FIN DE LECTURE DU LABEL :
LABEL_AUTOMATIQUE_1
Fin normale de la restitution
   * * Affichage temps de calcul :
   * *duree1 = temp horl ;
   * *duree1 = (duree1 / 1000);
   * *dmin1
              = (duree1 / 60);
   * *dsec1
              = duree1 - (60 * dmin1);
   * *mot1
              = chai '***** DUREE DU CALCUL (s) :' dmin1 ' min' dsec1 ' s' ;
   * mess mot1 ;
***** DUREE DU CALCUL (s) :22 min55 s
   * *opti sauv 'waam1.sauv' ;
   * *sauv ;
   * opti donn 5 ;
```

Poursuite du fichier waam1_formation.dgibi :

Remarques sur le code exécuté (sauvegarde / restitution).



Procédure EXPLORER : post-traitement d'une table PASAPAS

Tapez : explorer TAB1 ;

(visualisation du champ de température)

Quittez explorer et tapez : Trac sup0 cach qual ; Puis :

```
Lx1 = (aret sup0) elem comp P1 P4 ;
```

Puis, à nouveau : Explorer tab1 ; (évolution de T le long de LX1) (évolution de T en P1)



Poursuite du fichier waam1_formation.dgibi : mesure des thermocouples

Tapez : opti donn 3 ;

406	
407	* Evolution temporelle temperature thermocouples :
408	<pre>evtc1 = evol bleu temp tab1 temperatures 'T' tc1 ;</pre>
409	<pre>evtc2 = evol vert temp tab1 temperatures 'T' tc2 ;</pre>
410	<pre>evtc3 = evol roug temp tab1 temperatures 'T' tc3 ;</pre>
411	<pre>evtc4 = evol turg temp tab1 temperatures 'T' tc4 ;</pre>
412	
413	<pre>tleg1 = table ;</pre>
414	<pre>tleg1 . titre = table ;</pre>
415	<pre>tleg1 . titre . 1 = 'TC1' ;</pre>
416	<pre>tleg1 . titre . 2 = 'TC2' ;</pre>
417	<pre>tleg1 . titre . 3 = 'TC3' ;</pre>
418	tleg1 . titre . 4 = 'TC4' ;
419	trac qual (0 -10 0) (((mail1 aret) coul defa) et ((tc1 et tc2 et tc3 et tc4) coul roug)) titr 'Position des thermocouples';
420	dess (evtc1 et evtc2 et evtc3 et evtc4) titr 'Thermogrammes (degC)' lege tleg1 xbor 0. 600. xgra 100 gril poin ;

53 54	* Posit * Bord	tion thermocouples : . deport WAAM initial en (0 0 0) :
55	TC1	= 40.e-3 0 -3.e-3 ;	
56	TC2	= 40.e-3 0 -5.e-3 ;	
57	TC3	= 0.e-3 0 -25.e-3 ;	
58	TC4	= 80.e-3 0 -10.e-3 ;	
59			

286	* Accrochag	ge DDL thermique maillage support*
287	clt1 = sup1 rela acc	cro sup2 (mots 'T') ;
288	clt2 = (TC1 et TC2 e	et TC3 et TC4) rela accro sup0 (mots 'T') ;
355		
356	tab1	= table ;
357	tab1.modele	<pre>= tire cgmod0 mode 0. ;</pre>
358	tab1.caracteristiques	<pre>= tire cgmat0 mate 0. ;</pre>
359	tab1.chargement	= cg0 ;
360	tab1.blocages thermiques	s = clt1 et clt2 ;
361	tab1.temps calcules	= ltca1 ;

Poursuite du fichier waam1_formation.dgibi : animation du champ de température Tapez : opti donn 3 ;

Cliquez sur « Fin trace » :

→ un nouveau champ s'affiche.

Après quelques clics, appuyez sur : CTRL+C

Puis, « Fin trace » pour reprendre la main.

Tapez :

opti trac PSC ;

ANIM_T;



```
386
387
       * Animation du champ de temperature :
388
      debp anim T ;
389
      if1
                = (dime tab1.temps) - 1 ;
390
       liso1
                = prog 50. 100. PAS 150. 1450. ;
391
       vtra1
                = vale trac ;
392
       si (eqa vtra1 'PSC') ;
        opti ftra 'Temperature Waam1 Anim.ps' ;
393
394
       fins ;
395
       repe b1 if1 ;
396
                  = tab1.modeles.(&b1-1) ;
        modi1
397
        maili1
                 = (extr modil mate conduction) extr mail ;
398
        chti1
                 = tab1.temperatures.(&b1-1) ;
399
        mot1
                  = chai format '(F6.1)' 'Temperature (degC) au temps (s) :' (tabl.temps.(&b1-1)) ;
400
         trac chti1 maili1 liso1 titr mot1 ;
401
       fin b1 ;
402
       finp ;
403
      anim T ;
404
```

Réalisation d'un GIG animé

Dans le répertoire de travail, vous devez avoir le fichier (faire « ls » dans la console) :

Temperature_Waam1_Anim.ps

Pour en faire un fichier gif animé, tapez : ps2gif –d 10 Temperature_Waam1_Anim.ps

Après 1 à 2 minutes, vous obtenez le fichier : Temperature_Waam1_Anim.gif

Vous pouvez le visualiser avec firefox en tapant : firefox Temperature_Waam1_Anim.gif





WAAM2.DGIBI

Début du fichier waam2_formation.dgibi

Pour la formation, on ne fait que la partie « calcul mécanique » de waam2.dgibi Pour cela, on restitue le calcul de thermique (waam1.dgibi) et on poursuit.

Tapez:

castem22 waam2_formation.dgibi

\$ * **				
\$ * *				
<pre>\$ * opti rest 'waam1.sauv' ; rest ;</pre>				
Le fichier de restitution est de type XDR				
NIVEAU DU FICHIER 23				
TAILLE DES COMPOSANTES 8				
NIVEAU D'ERREUR 0 DIMENSION 3 DENSITE 0.00000E+00				
LECTURE DE 1432 OBJETS MAILLAGE				
LECIURE DE 1815 OBJEIS CHPOINI				
LECIURE DE / OBJEIS RIGIDITE				
LECTURE DE 35 OBJETS TABLE				
LECTURE DE 27 OBJETS IMAIRI				
LECTURE DE 10 OBJETS CHARGEME				
LECTORE DE 17465 OBJETS DOTAT				
LECTURE DE 1 OBJETS CONFIGUR				
LECTURE DE 1722 OBJETS MMODEL				
LECTURE DE 820 OBJETS MCHAML				
LECTURE DE 4 OBJETS MINTE				
LECTURE DE 1 OBJETS NUAGE				
LECTURE DE 2774 OBJETS IELVAL				
FIN DE LECTURE DU LABEL :				
LABEL_AUTOMATIQUE_1				
Fin normale de la restitution				
\$ *				
\$ * opti donn 5 ;				
\$				

Poursuite du fichier waam2_formation.dgibi : Conditions aux limites

Tapez:

Opti donn 3;

```
48
     *----- Accrochage DDL mecanique maillage support -----*
49
     * Relation cinematique DDL mecanique entre maillages non conformes :
50
              = sup1 rela accro sup2 ;
51
     clu1
52
53
     * Encastrement bord plaque support :
             = (sup0 coor 1) poin infe ((sup0 coor 1 mini) + 1.e-5) ;
54
     ptx0
55
     clu2
             = blog depl ptx0 ;
56
57
     si igl ;
58
      trac cach (-1 -1 0.5) ((ptx0 coul roug) et mail1) titr 'Points encastrement support (rouge)';
59
     fins ;
60
```



Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives

Modèle mécanique – Option FUSION

Permet de modéliser la restauration instantanée du matériau au-delà d'une température seuil T_{fusion} \Rightarrow mise à zéro des variables d'écrouissage pour T > T_{fusion}

```
Syntaxe
MOD1 = MODE GEO1 MECANIQUE ELASTIQUE ... FUSION ; → modèle avec option FUSION
MAT1 = MATE MOD1 YOUN ... TFUS TFUS1 ; → valeur de TFUS
```

Apport de matière

Comme le modèle thermique, le modèle mécanique est séquencé temporellement dans une table

```
65
     * Mecanique :
66
             = t316L.youn ;
     ym1
67
             = 0.3;
    nu1
     alph1 = t316L.alph ;
68
69
     ecro1 = t316L.ecro ;
     mod4 = mode mail1 mecanique elastique plastique isotrope fusion cons 316L ;
           = mate mod4 youn ym1 nu nu1 alph alph1 ecro ecro1 tref tini1 talp tini1 tfus Tfus1
71
     mat4
72
73
     * Tables d'evolution des modeles et caracteristiques :
74
             = tab2.evolution_maillage.temps ;
     ttps1
75
             = tab2.evolution maillage.maillage ;
     tmai1
76
     nb1
             = dime ttps1 ;
77
     tmod4
           = table ;
78
     tmat4
             = table ;
79
     repe b1 nb1 ;
80
     geoi1
               = tmai1 . (&b1 - 1) ;
81
      geoi1
              = geoi1 et sup0 ;
82
     tmod4 . (&b1 - 1) = redu mod4 geoi1 ;
      tmat4. (&b1 - 1) = redu mat4 (tmod4. (&b1 - 1));
83
84
     fin b1 ;
```



Poursuite du fichier waam2_formation.dgibi : définition du modèle mécanique et séquençage

Tapez:

Opti donn 3;

\$	*	** Modele / Caracteristique*
\$	*	
\$	*	* Mecanique :
\$	*	ym1 = t316L.youn ;
\$	*	nu1 = 0.3 ;
\$	*	alph1 = t316L.alph ;
\$	*	ecro1 = t316L.ecro ;
\$	*	mod4 = mode mail1 mecanique elastique plastique isotrope fusion cons 316L ;
\$	*	mat4 = mate mod4 youn ym1 nu nu1 alph alph1 ecro ecro1 tref tini1 talp tini1 tfus Tfus1 ;
\$	*	
\$	*	* Tables d'evolution des modeles et caracteristiques :
\$	*	<pre>ttps1 = tab2.evolution_maillage.temps ;</pre>
\$	*	<pre>tmai1 = tab2.evolution_maillage.maillage ;</pre>
\$	*	nb1 = dime ttps1 ;
\$	*	tmod4 = table ;
\$	*	<pre>tmat4 = table ;</pre>
\$	*	repe b1 nb1 ;
\$	*	geoi1 = tmai1.(&b1 - 1);
\$	*	geoi1 = geoi1 et sup0 ;
\$	2	$tmod4 \cdot (\&b1 - 1) = redu mod4 geo11;$
\$	2	tmat4 . (&b1 - 1) = redu mat4 (tmod4 . (&b1 - 1)) ;
\$	÷.	fin b1 ;
₽	÷	
₽	*	<pre>* Chargements MODE / MATE : </pre>
₽	*	cgmod4 = char mode ttps1 tmod4 ;
⊉ a	*	cgmat4 = char mate ttps1 tmat4 ;
₽ ¢	*	onti donn E :
₽		opti dominis;
₽		

Chargement en température et table PASAPAS

```
*----- Resolution Mecanique PASAPAS ------*
 92
 93
 94
      * Chargement thermique :
 95
      cqt1
              = char 'T' (tab1.temps) (tab1.temperatures) ;
 96
 97
      * Table PASAPAS :
      tab2
                            = table ;
 98
 99
      tab2.modele
                            = tire cgmod4 mode 0. ;
                            = tire cqmat4 mate 0. ;
      tab2.caracteristiques
100
      tab2.chargement
                            = cqmod4 et cqmat4 et cqt1 ;
101
102
      tab2.blocages mecaniques = clu1 et clu2 ;
      tab2.temps calcules
103
                           = tab1.temps calcules ;
104
      *tab2.processeurs = mot comportement ;
105
      *si icomplet ;
106
107
      * ltca2 = tab2.temps calcules ;
      * ntca2 = dime ltca2 ;
108
109
      * tab2.temps sauveqardes = ltca2 extr (lect 50 pas 50 (ntca2 / 50 * 50) ntca2) ;
      * opti sauv 'waam2.sauv' ;
110
111
      * sauv ;
112
      *fins ;
113
114
      opti donn 5 ;
```



Poursuite du fichier waam2_formation.dgibi : définition de la table PASAPAS Tapez: Opti donn 3 ;

```
* opti donn 5 ;
$ opti donn 3 ;
  opti donn 3 ;
                ----- Resolution Mecanique PASAPAS -----*
   * * Chargement thermique :
             = char 'T' (tab1.temps) (tab1.temperatures) ;
   * cgt1
   * * Table PASAPAS :
   * tab2
                             = table ;
$
   * tab2.modele = tire cgmod4 mode 0.;
* tab2.caracteristiques = tire cgmat4 mate 0.;
                             = tire cgmod4 mode 0. ;
                             = cgmod4 et cgmat4 et cgt1 ;
   * tab2.chargement
$
   * tab2.blocages mecaniques = clu1 et clu2 ;
   * tab2.temps calcules = tab1.temps calcules ;
   * tab2.processeurs
                             = mot comportement ;
$
-$
   * *si icomplet ;
   * * ntca1 = dime ltca1 ;
   * * tab2.temps sauvegardes = ltca1 extr (lect 50 pas 50 (ntca1 / 50 * 50) ntca1);
   * * opti sauv 'waam2.sauv';
   * * sauv;
   * *fins ;
     opti donn 5 ;
```

Poursuite du fichier waam2_formation.dgibi RESOLUTION avec PASAPAS

Tapez:

Opti donn 3;

Le programme se poursuit, la résolution commence.

Arrêtez-le avec : CTRL + C

*** Parallelisation du comportement sur8 assistants *** Numero du pas :1 Indice d evolution :2 -> temps : 2.00000E-01 Taille de la matrice: 2566596 Facteur: 8.6006 Conditionnement: 1162.5 Performance (Gflop/s): 3.7951 Iter Nplas Critere Crit.flex Deps.max Eps.max 692 4.00686E-02 1.30341E-02 1.30341E-02 4.00686E-02 652 1.87121E-02 1.69477E-02 1.69477E-02 1.87121E-02 630 1.25880E-02 1.89040E-02 1.89040E-02 1.25880E-02 600 4.66536E-03 2.16225E-02 2.16225E-02 4.66536E-03 594 3.55102E-03 2.22320E-02 2.22320E-02 3.55102E-03 592 1.61181E-03 2.38621E-02 2.38621E-02 1.61181E-03 592 1.39209E-03 2.41597E-02 2.41597E-02 1.39209E-03 594 5.79973E-04 2.54562E-02 2.54562E-02 5.79973E-04 594 5.14708E-04 2.55501E-02 2.55501E-02 5.14708E-04 10 594 2.21443E-04 2.61340E-02 2.61340E-02 2.21443E-04 594 1.80583E-04 2.61577E-02 2.61577E-02 1.80583E-04 594 3.40491E-05 2.63220E-02 2.63220E-02 3.40491E-05 594 2.96442E-05 2.63265E-02 2.63265E-02 2.96442E-05 ****** CONVERGENCE A L ITERATION 13 SOUS-PAS 0 Numero du pas :2 Indice d evolution :3 -> temps : 4.00000E-01 Initialisation a partir de la solution precedente Coeff 4.94942E-01 Iter Nplas Critere Deps.max Eps.max Crit.flex 1008 8.06832E-02 3.95428E-02 5.96865E-02 8.06832E-02 2 996 2.37123E-02 3.75825E-02 3.72952E-02 2.37123E-02 992 1.14216E-02 3.76568E-02 3.33130E-02 1.14216E-02 952 1.30583E-02 3.75186E-02 3.31749E-02 1.30583E-02 946 4.34926E-03 3.75381E-02 3.31943E-02 4.34926E-03 932 2.45268E-03 3.75660E-02 3.32223E-02 2.45268E-03 930 2.06214E-03 3.75831E-02 3.32393E-02 2.06214E-03 930 7.62514E-04 3.76291E-02 3.32854E-02 7.62514E-04 928 6.81543E-04 3.76317E-02 3.32879E-02 6.81543E-04 10 928 3.23333E-04 3.76534E-02 3.33096E-02 3.23333E-04 928 2.82219E-04 3.76558E-02 3.33120E-02 2.82219E-04 12 928 8.88911E-05 3.76668E-02 3.33231E-02 8.88911E-05 928 7.72558E-05 3.76664E-02 3.33226E-02 7.72558E-05 ****** CONVERGENCE A L ITERATION 13 SOUS-PAS 0 Numero du pas :3 Indice d evolution :4 -> temps : 6.00000E-01 Initialisation a partir de la solution precedente Coeff 5.63897E-01 Critere Eps.max Crit.flex Iter Nplas Deps.max 1220 5.96593E-02 4.20642E-02 3.65297E-02 5.96593E-02 ***** ERREUR 623 ***** dans l'operateur BSIG operation interrompue par l'utilisateur La lecture des donnees continue sur le terminal Instruction numero 1053 executee au moment de l'erreur : FEQU2 = BSIG ZMODL ZSIGF ZMAT Elle est dans la procedure UNPAS dont l'appel en ligne 112 est : TT = UNPAS PRECED

Elle est dans la procedure PASAPAS dont l'appel est : PASAPAS TAB2

```
SAPAS TAB2
```

Poursuite du fichier waam2_formation.dgibi

Tapez: Opti donn 3 ;

Le programme restitue les résultats sauvegardés.



Procédure EXPLORER : post-traitement d'une table PASAPAS

Tapez : explorer TAB2 ; (visualisation du champ de contraintes)

trac cach sup0 qual ;

(évolution de Uz en P5) (évolution de Rx en P8)

Quitter EXPLORER.



Poursuite du fichier waam2_formation.dgibi : animation du champ de contraintes

Tapez : opti donn 3 ; SIG_ANIM ; Cliquez sur « Fin trace » :

→ un nouveau champ s'affiche.

Après quelques clics, appuyez sur : CTRL+C

Puis, « Fin trace » pour reprendre la main.

Tapez : opti trac PSC ;

SIG_ANIM 0.5;

Tapez : FIN ;

```
----- Petit post-traitement ------
134
135
136
      * Animation contrainte de von Mises :
137
138
      debp SIG ANIM pas1*flottant ;
139
      if1
               = (dime tab2.temps) -1;
140
      tpsf1
              = tab2.temps.if1 ;
141
      ltps1
               = prog 0. pas pas1 tpsf1 ;
142
      vtra1
               = vale trac ;
143
      si (ega vtra1 'PSC') ;
144
        opti ftra 'Contrainte Waam2 Anim.ps' ;
145
      fins ;
146
      liso1
               = prog 25. pas 25. 350. ;
147
               = boite mur1 :
      mbox1
148
       repe b1 (dime ltps1) ;
149
        i1
                 = \& b1 - 1;
150
        tpsi1 = extr ltps1 &b1 ;
151
        modi1
                 = peche tab2 modeles tpsi1 ipol ;
152
        depi1
                 = peche tab2 deplacements tpsi1 ipol ;
153
        sigi1
                 = peche tab2 contraintes tpsi1 ipol ;
                 = 1.e-6 * sigi1 ;
154
        sigi1
155
        sigi1
                 = vmis modi1 sigi1 ;
156
        maili1
               = modil extr mail ;
157
        defoi1 = defo maili1 depi1 1. sigi1 modi1 ;
                 = chai format '(F6.1)' 'Contrainte de von Mises (MPa) au temps (s) :' (tab2.temps.i1) ;
158
        mot1
159
        trac (1 -1.2 1) defoil lisol titr motl boit mbox1 ;
160
      fin b1 ;
161
      finp ;
162
```

Réalisation d'un GIG animé

Dans le répertoire de travail, vous devez avoir le fichier (faire « ls » dans la console) :

Contrainte_Waam2_Anim.ps

Pour en faire un fichier gif animé, tapez : ps2gif –d 10 Contrainte_Waam2_Anim.ps

Après 1 à 2 minutes, vous obtenez le fichier : Contrainte_Waam2_Anim.gif

Vous pouvez le visualiser avec firefox en tapant : firefox Contrainte_Waam2_Anim.gif





EVOLUTIONS A VENIR

A propos du Site web Cast3M

Les sources présentées sur le site Cast3M (notices, exemples, procédures Gibiane, fichiers Esope...) sont celles de la <u>version du jour</u> (version de développement validée).

Les sources de la version annuelle (en téléchargement) sont fournies avec la version (voir doc.).

Le site web Cast3M permet de voir la version en cours de développement et offre la possibilité de mettre à niveau certaines fonctionnalités.

Pour comprendre le fonctionnement de votre version, voir la documentation fournie.

En cas d'anomalie de fonctionnement d'un opérateur, procédure... voir si une correction existe dans la version du jour, rubrique anomalie (puis, recherche pas mot-clé).

Démo. : Anomalies | Cast3M (cea.fr)

Séquençage des modèles, caractéristiques... : Objet LISTOBJE

Introduction dans Cast3M d'un nouvel objet LISTOBJE. Permet de créer des listes d'objets de même type.

Syntaxe :

LOBJ1 = ENUM OBJ1 OBJ2 ... ;

Avec :

OBJ1, OBJ2... : objets de même type LOBJ1 : objet LISTOBJ résultat

```
Fonctionne avec l'opérateur ET :
LOBJ3 = LOBJ1 ET LOBJ2 ;
```

LOBJ1 et LOBJ2 listes d'objets de même type.

Ou bien :

```
LOBJ2 = LOBJ1 ET OBJ1 ;
```

OBJ1, objet de même type que ceux contenus dans LOBJ1.

Séquençage des modèles, caractéristiques... : Objet LISTOBJE Utilisé pour le séquençage des modèles : remplace la table.

Permet aussi de définir des chargements : CGMOD1 = CHAR MODE LTPS1 LMOD1 ; Avec : LMOD1, objet LISTOBJ (liste de modèles)

« Déploiement » en cours : voir waam1.dgibi par exemple.

Objectif à terme, vectoriser les opérations sur les listes.

WAAM1.DGIBI

	284.	** Modele / Caracteristique*
_	285.	
_	286.	* Conduction / Convection :
_	287.	<pre>mod1 = mode mail1 thermique ;</pre>
_	288.	<pre>mat1 = mate mod1 rho rho1 k k1 'C' cp1 'TINI' Tini1 ;</pre>
_	289.	
	290.	* Source thermique :
_	291.	evqt1 = tso1.evolution_puissance;
_	292.	evxs1 = tso1.evolution_deplacement;
_	293.	chxs1 = tso1.trajectoire coor curv ;
_	294.	cgxs1 = char traj chxs1 evxs1;
_	295.	<pre>mod3 = mode mail1 thermique source gaussienne ;</pre>
_	296.	<pre>mat3 = mate mod3 qtot evqt1 orig cgxs1 rgau Rg1 ;</pre>
_	297.	
_	298.	* Tables d'evolution des modeles et caracteristiques :
_	299.	<pre>ttps1 = tab2.evolution_maillage.temps ;</pre>
_	300.	<pre>tmai1 = tab2.evolution_maillage.maillage;</pre>
_	301.	nb1 = dime ttps1;
_	302.	ltps1 = prog;
_	303.	Imod1 = enum;
_	304.	1mod2 = enum;
_	305.	Imod3 = enum;
_	306.	imati = enum;
_	307.	Imat2 = enum;
_	308.	Imat3 = enum;
_	309.	repe bi nbi ;
_	510.	$(p_{S1} = ((p_{S1}, (a_{D1} - 1)))$
_	212	$\frac{1}{2} \sum_{i=1}^{n} \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{n} \frac{1}$
_	212.	$geoil = cmail \cdot (\alpha bi - 1);$
_	314	geoii = geoii et supo ; modil = pedu modi geoil ;
_	315	matil - redu mati modil :
_	316	lmod1 = lmod1 et modi1 :
_	317	lmat1 = lmat1 et mati1 ;
_	318	$s_{conv1} = (enve geoi1) diff sinte1 :$
_	319	modi2 = mode scopy1 thermique convection :
_	320	mati2 = mate modi2 'H' h1 'TC' Te1 :
_	321.	lmod2 = lmod2 et modi2 :
_	322.	$lmat_2$ = $lmat_2$ et mat_2;
_	323.	modi3 = redu mod3 geoi1 :
_	324.	mati3 = redu mat3 modi3 ;
_	325.	lmod3 = lmod3 et modi3 ;
_	326.	lmat3 = lmat3 et mati3 ;
_	327.	fin b1 ;
_	328.	
_	329.	* Charaements MODE / MATE :
	330.	cgmod1 = char mode ltps1 lmod1 ;
	331.	cgmod2 = char mode ltps1 lmod2;
	332.	cgmod3 = char mode ltps1 lmod3;
		12/10/2022 62

Donnée de chargements MODE ou MATE à PASAPAS

La donnée des chargements MODE, MATE (BLOM, blocage mécanique)... change :

TAB1. MODELE	= CGMOD1 ;
TAB1. CARACTERISTIQUES	= CGMAT1 ;
TAB1 . BLOCAGES	= CGBLO1 ;

On utilise un objet CHARGEMENT pour décrire un modèle, champ de matériau... évoluant dans le temps. Mais c'est bien un modèle ou un champ de matériau... et non pas un chargement au sens application de forces ou de flux de chaleur sur le système.

« Déploiement » en cours : voir waam1.dgibi par exemple.

```
340. *----- Resolution PASAPAS -----*
341.
342. ltca0 = tab2.temps calcules ;
343. si icomplet ;
344. ltca1 = ltca0;
345. sino ;
346. ltca1
             = ltca0 extr (lect 1 pas 1 21);
347. fins ;
348.
349. tab1
                          = table ;
350. tab1.modele
                          = cgmod0 ;
351. tab1.caracteristiques
                          = cgmat0 ;
352. tab1.blocages_thermiques = clt1 et clt2 ;
353. tab1.temps calcules
                          = ltca1 ;
```



Corrections et modifications des procédures SOUDAGE et WAAM

Procédure SOUDAGE : modification d' option DEPLA COUCHE SOUDAGE TAB1 DEPLA 'COUCHE' ('VITE' FLOT2) ('DEBI' FLOT3) ('PAUSE' FLOT4) ;

Corrections diverses dans SOUDAGE WAAM (voir <u>fiches anomalies</u>).

Corrections et améliorations dans PASAPAS en lien avec la modélisation de l'apport de matière.

PAS DANS LA PRESENTATION DISTRIBUEE



TRAVAIL DIRIGE

Fabrication d'un profilé

Géométrie (fibre neutre) :



Alternance : AB-AB-AB...

Paramétrez le nombre de couches, commencez par 2 couches.

Paramètres fabrication & matériau : idem waam1

Merci de votre attention

S. Pascal



Commissariat à l'énergie atomique et aux énergies alternatives - www.cea.fr