HSLV303 – Vérification de l'opérateur CALC_THERMECA_MULT sur un cylindre creux soumis à un choc thermique

Résumé :

Pour réduire le temps nécessaire à la mise en place de calculs thermo-mecaniques dans le domaine linéaire, une nouvelle méthodologie est proposée. Cette méthodologie consiste à déterminer la température dans une structure à partir du calcul d'un choc thermique unitaire en utilisant la macro-commande CALC_THERMECA_MULT.

L'objectif de ce cas-test est de valider cette méthodologie d'une part et vérifier sa faciliter de mise en œuvre d'autre part. Dans ce cas-test, on modélise un tube dans lequel circule un fluide porteur d'un choc thermique. Ensuite on calcule la réponse mécanique en utilisant la même méthodologie.

Les quatre modélisations effectuées sont les suivantes :

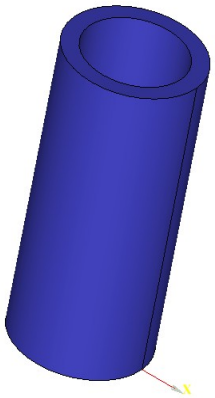
- **Modélisation A** : modélisation volumique qui calcule la réponse thermique transitoire e t la réponse mécanique associée pour le choc thermique $\Delta T = 50\,°C$ à partir du choc thermique unitaire $(\Delta T_U = 1\,°C)$ via CALC_THERMECA_MULT.

- **Modélisation B** : modélisation axisymétrique ou l'on calcule la réponse thermique transitoire et la réponse mécanique associée pour le choc thermique $\Delta T = 50\,°C$ à partir du choc thermique unitaire $(\Delta T_U = 1\,°C)$ via CALC_THERMECA_MULT.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

1 Problème de référence

1.1 Géométrie



La structure est constituée d'un tube dans lequel circule un fluide porteur du choc thermique.

- Section de tube droit
- Longueur du tube : $L=0.1\,m$
- Diamètre extérieur du tube : $\varphi_{ext}=0.048\,m$
- Épaisseur du tube : $e=0.006\,m$

1.2 Propriétés de matériaux

- $\lambda=15\,W/m\,°C$ Coefficient de conductivité thermique
- $C_P=500\,J/Kg\,°C$ Chaleur spécifique
- $a=3.8\,x\,10^{-6}\,m^2/s$ Diffusivité thermique
- $E=200\,000\,MPa$ Module d'Young
- $\nu=0.3$ Coefficient de Poisson
- $\alpha=15\,x\,10^{-6}/°C$ Coefficient de dilatation thermique

1.3 Conditions aux limites et chargements

Le choc thermique est transmis au tube par le fluide via un échange convectif. Deux chocs thermiques sont étudiés :

Choc Thermique	Intrados	Extrados
$\Delta T=1\,°C$	$T_{fluide}=21\,°C \quad h=20000\,W/m^2/°C$	$T_{imposée}=20\,°C$
$\Delta T=50\,°C$	$T_{fluide}=70\,°C \quad h=20000\,W/m^2/°C$	$T_{imposée}=20\,°C$

Le choc thermique correspond à la différence entre la température initiale du tube et celle du fluide.

Le flux est nul dans la direction axiale du tube ($\frac{\partial T(x,t)}{\partial z}=0$).

Pour l'analyse mécanique le tube est bloqué à sa base dans le sens axial.

1.4 Conditions initiales

- $T(x,t=0)=20\,°C$ pour le choc $\Delta T=50\,°C$
- $T(x,t=0)=20\,°C$ pour le choc unitaire $\Delta T_U=1\,°C$

1.5 Précisions concernant les modélisations

Pour définir la discrétisation en temps on utilise la constante de temps $\tau=\frac{e^2}{(a\,\pi^2)}=1\,s$ qui nous donne dans le cas d'un choc thermique l'instant au delà duquel le comportement thermique devient

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

presque stationnaire dans le tube. La durée du choc thermique est fixée à $10.^{-1} s$. Nous avons choisi la discrétisation en temps suivante:

5	pas pour	$[0.0, 0.1]$	soit	$\Delta t = 0.01\, s$
4	pas pour	$[0.1, 0.5]$	soit	$\Delta t = 0.04\, s$
4	pas pour	$[0.5, 3.0]$	soit	$\Delta t = 0.25\, s$
1	pas pour	$[3.0, 5.0]$	soit	$\Delta t = 0.4\, s$
1	pas pour	$[5.0, 10.]$	soit	$\Delta t = 2.5\, s$

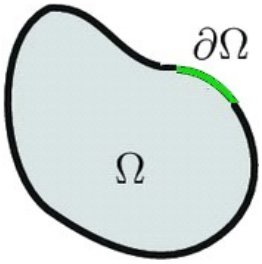
Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

2 Solution de référence

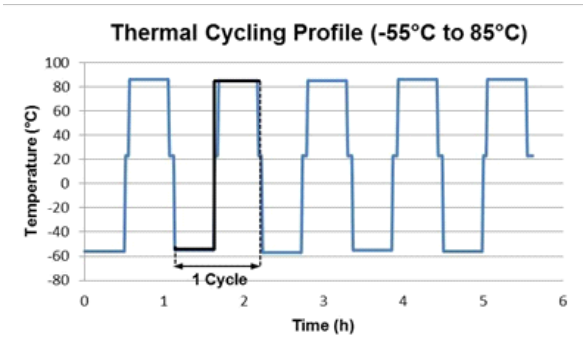
2.1 Méthode de calcul utilisée pour la solution de référence

Pour réduire le temps nécessaire à la mise en place de calculs thermiques dans le domaine linéaire, une nouvelle méthodologie est proposée.

Une structure Ω est considérée. Un choc thermique est imposé sur une partie de la structure $\partial\Omega$. La figure suivante présente un exemple.



Le choc thermique est défini comme un incrément de température significatif et instantané. La figure 2 présente un exemple de plusieurs chocs thermiques consécutifs.



La loi de Fourrier décrivant les échanges thermiques appliquée à cette structure soumise à un choc thermique peut s'écrire sous cette forme :

$$T(x,t)=\begin{cases} T(x,t_0) & \text{pour t} < t_c \\ T(x,t_0)+\int_{t_c}^{t} a\frac{\partial^2 T(x,t)}{\partial x^2}dt & \text{pour t} \geq t_c \end{cases}$$

Où $T(x,t_0)$ est l'état initial de la structure, connu, et t_c l'instant du choc thermique. Pour différents chocs thermiques, il faut donc résoudre ce problème et ainsi obtenir, pour chacun des chocs la solution $T(x,t)$.

2.1.1 Cas du choc unitaire

Si un choc unitaire ΔT_U (choc de $\Delta T=1$ degré) est imposé sur $\partial\Omega$ à l'instant $t=t_c$, le problème s'écrit :

$$T_U(x,t)=\begin{cases} T_U(x,t_0) & \text{pour t} < t_c \\ T_U(x,t_0)+\int_{t_c}^{t} a\frac{\partial^2 T_U(x,t)}{\partial x^2}dt & \text{pour t} \geq t_c \end{cases}$$

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

Avec $T_U(x,t_0)$ l'état initial de la structure avant le choc unitaire. La solution à ce problème peut être déterminée numériquement à l'aide de la méthode des éléments finis, notamment l'opérateur THER_LINEAIRE de Code_Aster si les paramètres matériaux sont indépendants de la température. Une fois le problème résolu, la solution $T_U(x,t)$ est connue.

Comme on s'intéresse qu'au différentiel de température, une notation simplifiée est proposée :

$$\tilde{T_U}(x,t)=T_U(x,t)-T_U(x,t_0)$$

On a donc

$$\tilde{T_U}(x,t)=\begin{cases}0 & \text{pour t} < t_c \\ \int_{t_c}^{t} a\,\dfrac{\partial^2 \tilde{T_U}(x,t)}{\partial x^2}\,dt & \text{pour t} \geq t_c\end{cases}$$

2.1.2 Cas d'un choc quelconque

Un choc thermique, toujours sur $\partial\Omega$, mais d'intensité quelconque β est cette fois imposé. Ce problème s'écrit sous la forme :

$$T_\beta(x,t)=\begin{cases}T_\beta(x,T_0) & \text{pour t} < t_c \\ T_\beta(x,T_0)+\int_{t_c}^{t} a\,\dfrac{\partial^2 T_\beta(x,t)}{\partial x^2}\,dt & \text{pour t} \geq t_c\end{cases}$$

Avec $T_\beta(x,t_0)$ l'état initial de la structure avant le choc thermique. En reprenant la notation simplifiée, on obtient :

$$\tilde{T_\beta}(x,t)=\begin{cases}0 & \text{pour t} < t_c \\ \int_{t_c}^{t} a\,\dfrac{\partial^2 T_\beta(x,t)}{\partial x^2}\,dt & \text{pour t} \geq t_c\end{cases}$$

Par rapport au problème unitaire précédent, seule l'intensité du chargement thermique a été modifiée : $\Delta T=\beta\,\Delta T_U$. En effet, le choc est toujours sur $\partial\Omega$, il est simplement amplifié du scalaire β . Par conséquent :

Cette dernière équation n'est valable que pour un problème de thermique linéaire et donc β indépendant de la position. La solution du choc thermique quelconque est donc :

$$\tilde{T_\beta}(x,t)=\begin{cases}0 & \text{pour t} < t_c \\ \int_{t_c}^{t} a\,\beta\,\dfrac{\partial^2 \tilde{T_U}(x,t)}{\partial x^2}\,dt & \text{pour t} > t_c\end{cases}$$

De plus, en considérant que le scalaire β est indépendant du temps, ce qui est cohérent avec un choc thermique, on a :

$$\int_{t_c}^{t} a\,\beta\,\frac{\partial^2 \tilde{T_U}(x,t)}{\partial x^2}\,dt=\beta\int_{t_c}^{t} a\,\frac{\partial^2 \tilde{T_U}(x,t)}{\partial x^2}\,dt$$

L'intégrale présente dans cette équation problème est en réalité la solution obtenue auparavant pour le choc unitaire :

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

$$\int_{t_c}^{t} a \frac{\partial^2 \tilde{T}_U(x,t)}{\partial x^2} dt = \tilde{T}_U(x,t) \qquad pour\, t \geq t_c$$

La solution au problème du choc thermique quelconque sur $\partial\Omega$ solution obtenue pour le choc thermique unitaire :

$$\tilde{T}_\beta(x,t) = \beta . \tilde{T}_U(x,t)$$

Il est ici considéré que le choc thermique unitaire a lieu au même instant que le choc thermique Δt_c. Si le choc a lieu à un autre instant, il suffit simplement de décaler la solution :

$$\tilde{T}_\beta(x,t) = \beta . \tilde{T}_U(x, t-(t_c - t_{c2}))$$

Où t_{c2} est l'instant du choc unitaire. Par conséquent, en choisissant le choc unitaire de sorte à ce que t_{c2} soit à l'instant $t = 0$s , la solution devient :

$$\tilde{T}_\beta(x,t) = \beta . \tilde{T}_U(x, t-t_c)$$

Il est donc possible de déterminer le champ de température de la structure en procédant ainsi :

- Définir un champ de température initial uniforme sur la structure $T_\beta(x, t_0)$
- Mettre en place une analyse thermique d'un choc unitaire au temps $t = 0$s sur la structure et obtenir la solution du problème unitaire et déterminer $\tilde{T}_U(x,t)$. Il peut d'avérer judicieux d'imposer une température initiale nulle de sorte à ce que $\tilde{T}_U(x,t) = T_U(x,t)$.
- Calculer la solution (en espace et en temps) à partir d'une combinaison linéaire de la situation initiale $T(x,t_0)$, de l'intensité du choc β ainsi que de la solution du problème du choc unitaire $\tilde{T}_U(x,t)$.

2.2 Résultats de référence

2.2.1 Analyses thermiques

Le comportement thermique est axisymétrique. Plusieurs points à travers l'épaisseur et deux instants sont choisis pour tester la réponse en température . Les résultats de références ont été obtenus par Code_Aster et avec un maillage axisymétrique linéaire quatre fois plus fin. Les coordonnées géométriques des points de références sont les suivantes :

Points	Rayon (m)
Intrados	0.018
A	0.0185
B	0.019
C	0.020
D	0.022
Extrados	0.024

Pour retrouver ces résultats de référence, il suffit de changer la valeur de la variable « Temp_Choc » dans le fichier de commande du cas test lorsqu'on effectue les calculs unitaires pour chacune des deux modélisations et de lire en entrée le maillage raffiné.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

La modélisation volumique est effectuée sur ¼ du tube.

3.2 Analyse thermique

On teste le choc thermique unitaire $(\Delta T_U = 1 °C)$ et le « vrai » choc thermique $\Delta T = 50 °C$ en utilisant la méthodologie proposée, avec la modélisation "3D_DIAG".

Cas unitaire $(\Delta T_U = 1 °C)$

Conditions limites :

- Extrados : $T_{imposée} = T_{Initiale}$
- Intrados : Convection $h = 20000 W/m^2/°C$ $T_{EXT} = T_{Fluide} = T_{Initiale} + \Delta T_U$
- Flux nul au niveau des plans de symétrie

Conditions initiales : $T_{Initiale} = 20. °C = T_{Référence}$

Cas $\Delta T = 50 °C$

Conditions limites :

- Extrados : $T_{imposée} = T_{Initiale}$
- Intrados : Convection $h = 20000 W/m^2/°C$ $T_{EXT} = T_{Fluide} = T_{Initiale} + \Delta T$
- Flux nul au niveau des plans de symétrie

Conditions initiales : $T_{Initiale} = 20. °C$

3.2.1 Analyse mécanique

On teste la réponse mécanique pour le choc unitaire $(\Delta T_U = 1 °C)$ et le c hoc thermique $\Delta T = 50 °C$ en utilisant la méthodologie proposée, avec la modélisation "3D" .

- Conditions limites : plan principale XOY : $DZ = 0.$
- Conditions de symétrie :
  - Plan principal XOZ : $DY = 0.$
  - Plan principal YOZ : $DX = 0.$
- Température de référence : $T_{Référence} = 20. °C$
- Chargements thermiques : $\Delta T = 50 °C$

3.3 Caractéristiques du maillage

Pour une bonne prise en compte du choc thermique sur la paroi interne du tube un raffinement a été imposé.

Pour la modélisation mécanique on utilise le même maillage mais avec des mailles quadratiques.

- Nombre de nœuds : 2520 en linéaire
- Nombre de mailles et types : 1840 HEXA8 (analyse thermique)
- Nombre de mailles et types : 1840 HEXA20 (analyse mécanique)

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

3.4 Résultats de la modélisation A

3.4.1 Cas unitaire

Seul un test de non-régression est pratiqué sur ces calculs thermique et mécanique qui n'emploient pas la macro-commande CALC_THERMECA_MULT.

3.4.2 Choc thermique $\Delta T = 50\,°C$

3.4.2.1 Analyses thermiques

Température (°C) $\Delta T = 50\,°C$				
Temps	Localisation	Type Référence	Référence	Tolérance (%)
0.1 s	Intrados	'AUTRE_ASTER'	42.22934518732506	1.
	A	'AUTRE_ASTER'	26.01122459885759	1.
	B	'AUTRE_ASTER'	21.870849415508467	1.
	C	'AUTRE_ASTER'	20.0473226322084	1.
	D	'AUTRE_ASTER'	20.000032488497183	1.
3.0 s	Intrados	'AUTRE_ASTER'	66.47322145431414	1.
	A	'AUTRE_ASTER'	61.29797584453274	1.
	B	'AUTRE_ASTER'	57.358943368182715	1.
	C	'AUTRE_ASTER'	47.16496697879001	1.
	D	'AUTRE_ASTER'	31.506146137279625	1.

3.4.2.2 Analyses mécaniques

Contrainte (Pa) $\Delta T = 50\,°C$					
Temps	Localisation	Contrainte	Type Référence	Référence	Tolérance
0.1 s	Intrados	SIXX	'AUTRE_ASTER'	37489.29855405912	200
		SIYY	'AUTRE_ASTER'	-90763742.58663052	1.%
		SIZZ	'AUTRE_ASTER'	-89835467.18538839	1.%
		VMIS	'AUTRE_ASTER'	90353481.53295466	1.%
	A	SIXX	'AUTRE_ASTER'	-1373909.820313106	1.%
		SIYY	'AUTRE_ASTER'	-21611891.279474393	1.%
		SIZZ	'AUTRE_ASTER'	-22078479.83997749	1.%
		VMIS	'AUTRE_ASTER'	20478467.497951064	1.%
	B	SIXX	'AUTRE_ASTER'	-1514515.7112189943	1.%
		SIYY	'AUTRE_ASTER'	-521744.0661440513	1.%
		SIZZ	'AUTRE_ASTER'	-1231398.7126009488	1.%
		VMIS	'AUTRE_ASTER'	1058986.1070860107	1.%
	C	SIXX	'AUTRE_ASTER'	-1162145.1699433196	1.%
		SIYY	'AUTRE_ASTER'	5599015.596422898	1.%
		SIZZ	'AUTRE_ASTER'	5110992.015038196	1.%
		VMIS	'AUTRE_ASTER'	6537321.490726789	1.%

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

	D	SIXX	'AUTRE_ASTER'	-492556.42792592593	1.%
		SIYY	'AUTRE_ASTER'	5280378.736995371	1.%
		SIZZ	'AUTRE_ASTER'	5401344.682695183	1.%
		VMIS	'AUTRE_ASTER'	5835328.274520403	1.%
	Extrados	SIXX	'AUTRE_ASTER'	-18026.486515487028	400.
		SIYY	'AUTRE_ASTER'	4861145.702066543	1.%
		SIZZ	'AUTRE_ASTER'	5535035.500733721	1.%
		VMIS	'AUTRE_ASTER'	5248692.688594596	1.%

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation

La modélisation axisymétrique est effectuée sur une tranche du tube.

4.1.1 Analyse thermique

On teste le choc thermique unitaire $(\Delta T_U = 1°C)$ et le choc thermique $\Delta T = 50°C$ en utilisant la méthodologie proposée, avec la modélisation "AXIS_DIAG".

Cas unitaire $(\Delta T_U = 1°C)$

Conditions limites :

- Extrados : $T_{imposée} = T_{Initiale}$
- Intrados : Convection $h = 20000\, W/m^2/°C$ $T_{EXT} = T_{Fluide} = T_{Initiale} + \Delta T_U$

Conditions initiales : $T_{Initiale} = 0.°C$

Cas $(\Delta T = 50°C\,; \Delta T = 100°C\,; \Delta T = 200°C)$

Conditions limites :

- Extrados : $T_{imposée} = T_{Initiale}$
- Intrados : Convection $h = 20000\, W/m^2/°C$ $T_{EXT} = T_{Fluide} = T_{Initiale} + \Delta T$

Conditions initiales : $T_{Initiale} = 20.°C$

4.1.2 Analyse mécanique

On teste la réponse mécanique pour le choc unitaire $(\Delta T_U = 1°C)$ et le c hoc thermique $\Delta T = 50°C$ en utilisant la méthodologie proposée, avec la modélisation "AXIS" .

- Conditions limites : coté EF : $DY = 0.$
- Température de référence : $T_{Référence} = 0.°C$
- Chargements thermiques : $\Delta T = 50°C$

4.2 Caractéristiques du maillage

Pour une bonne prise en compte du choc thermique sur la paroi interne du tube un raffinement a été imposé.

Pour la modélisation mécanique on utilise le même maillage mais avec des mailles quadratiques.

- Nombre de nœuds : 504 en linéaire
- Nombre de mailles et types : 460 QUAD4 (analyse thermique)
- Nombre de mailles et types : 460 QUAD8 (analyse mécanique)

4.3 Résultats de la modélisation B

4.3.1 Cas unitaire

Seul un test de non-régression est pratiqué sur ce calcul qui n'emploie pas la macro-commande CALC_THERMECA_MULT.

4.3.2 Choc thermique $\Delta T = 50°C$

Ces résultats ont été obtenu avec CALC_THERMECA_MULT et les coefficients suivants:

$$T(x,t)_{\Delta T} = \beta . \tilde{T}_{\Delta T_U}(x,t) + T_{initiale}$$

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

Choc thermique	β	$T_{initiale}(°C)$
$\Delta T=50°C$	50.	20.

Température (°C) $\Delta T=50°C$				
Temps	Localisation	Type Référence	Référence	Tolérance (%)
0.1 s	Intrados	'AUTRE_ASTER'	39.60439148764347	1.
	A	'AUTRE_ASTER'	26.057424514530002	1.
	B	'AUTRE_ASTER'	22.127310880200298	1.
	C	'AUTRE_ASTER'	20.072931376414274	1.
	D	'AUTRE_ASTER'	20.000074233637914	1.
3.0 s	Intrados	'AUTRE_ASTER'	62.791991296545994	1.
	A	'AUTRE_ASTER'	57.91447605545711	1.
	B	'AUTRE_ASTER'	54.26645281787711	1.
	C	'AUTRE_ASTER'	45.020909667984306	1.
	D	'AUTRE_ASTER'	31.02483220030017	1.

4.3.3 Analyses mécaniques

Contrainte (Pa) $\Delta T=50°C$					
Temps	Localisation	Contrainte	Type Référence	Référence	Tolérance
0.1 s	Intrados	SIXX	'AUTRE_ASTER'	-2223.323126038972	100.
		SIYY	'AUTRE_ASTER'	-78755606.54685567	1.%
		SIZZ	'AUTRE_ASTER'	-78753557.89057745	1.%
		VMIS	'AUTRE_ASTER'	78752358.91557704	1.%
	A	SIXX	'AUTRE_ASTER'	-1225712.1785479188	1.%
		SIYY	'AUTRE_ASTER'	-22196222.627284177	1.%
		SIZZ	'AUTRE_ASTER'	-20970978.954915553	1.%
		VMIS	'AUTRE_ASTER'	20385606.92198515	1.%
	B	SIXX	'AUTRE_ASTER'	-1428428.090007163	1.%
		SIYY	'AUTRE_ASTER'	-2329006.724762771	1.%
		SIZZ	'AUTRE_ASTER'	-900846.4000951699	1.%
		VMIS	'AUTRE_ASTER'	1247569.5007786928	1.%
	C	SIXX	'AUTRE_ASTER'	-1152140.4888492671	1.%
		SIYY	'AUTRE_ASTER'	4900600.802635529	1.%
		SIZZ	'AUTRE_ASTER'	6052925.081161121	1.%
		VMIS	'AUTRE_ASTER'	6703597.4346061945	1.%
	D	SIXX	'AUTRE_ASTER'	-499617.21189450816	1.%

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)

		SIYY	'AUTRE_ASTER'	5263164.8315241365	1.%
		SIZZ	'AUTRE_ASTER'	5763009.107557128	1.%
		VMIS	'AUTRE_ASTER'	6028267.390181367	1.%
	Extrados	SIXX	'AUTRE_ASTER'	1437.4754262985766	1100.
		SIYY	'AUTRE_ASTER'	5263716.868909629	1.%
		SIZZ	'AUTRE_ASTER'	5262478.893439884	1.%
		VMIS	'AUTRE_ASTER'	5261660.514976556	1.%

4.4 Remarques

- Pour la modélisation B, si on prend une température pour le cas unitaire nulle, on constate des écarts relatifs plus importants pour le cas unitaire (Max 10%). Cet écart est beaucoup plus faible pour 50°C. L'origine de ces valeurs est principalement due à la présence de la température initiale non-nulle pour 50°C ou pour la version actuelle du calcul unitaire.

  Exemple : Soit deux valeurs T1= 1 et T2=1.1, l'erreur relative est :

  - de 10% avec une température initiale de 0°C
  - de 0.47% avec une température initiale de 20°C

5 Synthèse des résultats

La méthodologie proposée consiste à déterminer les réponses thermiques et mécanique dans une structure à partir du calcul d'un choc thermique unitaire et en utilisant la macro-commande CALC_THERMECA_MULT. Ce chaînage a été testé et mis en œuvre, il :

- Permet de réduire le temps nécessaire à la mise en place de calculs thermiques et mécaniques dans le domaine linéaire,
- Est facile à mettre en place.

On a pu ainsi vérifier que l'on pouvait déterminer la température d'une structure soumise à un choc ΔT , à partir d'un choc thermique unitaire $\left(\Delta T_U = 1°C\right)$ et une température initiale $T\left(x, t_0\right)$ en effectuant la combinaison linéaire suivante :

$$T\left(x,t\right)_{\Delta T} = \Delta T \,.\, \tilde{T}_{\Delta T_U}\left(x,t\right) + T\left(x,t_0\right)$$

Cette méthodologie a aussi été testée dans le cadre d'une analyse thermomécanique. À partir des résultats thermique unitaire on a calculé les contraintes "Unitaires" et en utilisant la macro-commande CALC_THERMECA_MULT, on a déterminé les contraintes pour le choc $\Delta T = 50°C$.

Les écarts maximums constatés sont en thermique comme en mécanique plus de 100 fois plus faible que la tolérance donnée. Cela s'explique tout simplement par le fait que CALC_THERMECA_MULT ne fait qu'encapsuler l es mêmes commandes Code_Aster que l'utilisateur aurait dû paramétrer lui-même sinon et qui ont servi au calcul de référence.

Document diffusé sous licence GNU FDL (http://www.gnu.org/copyleft/fdl.html)