

WTNL100 - Consolidation d'une colonne de sol poro-élastique saturé (Terzaghi)

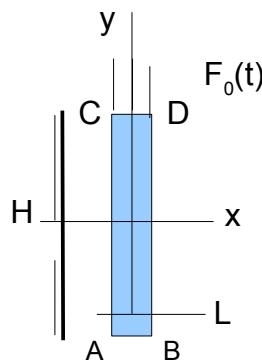
Résumé :

Ce cas-test porte sur la consolidation d'une colonne de sol poro-élastique saturé, étanche latéralement et à la base, soumise à un échelon de force en tête. L'objectif est de tester les déplacements (de tassement du sol), les pressions et comparer l'ensemble des résultats avec une solution analytique, dont les grandes lignes sont présentées.

1 Problème de référence

1.1 Géométrie

Ce cas-test unidimensionnel est issu de la littérature et possède une solution analytique [1]. Il est inspiré du problème de consolidation d'un sol poreux saturé d'eau à température ambiante (problème de Terzaghi). L'eau est supposée incompressible ($1/K_{lq}=0,0$). La température est uniforme. L'action de la pesanteur est dans le cas présent négligée. Le problème couplé poro-mécanique saturé est décrit par les variables de déplacements u_y (tassement du sol) et de pression de fluide P_{lq} (la charge hydraulique étant P_{lq}/ρ_{eau}). Afin d'obtenir une solution purement uni-dimensionnelle, le coefficient de Poisson est choisi égal à $\nu_0=0,0$. Les dimensions sont les suivantes: $L=1,00\text{ m}$, $H=10,00\text{ m}$.



| | |
|---|---|
| Module de Young drainé: $E_0=10\text{ MPa}$ | Perméabilité intrinsèque: $K_{intr}=10 \times 10^{-8}$ |
| Coefficient de Poisson: $\nu_0=0,0$ | Masse volumique du fluide: $\rho_{lq}=1000\text{ kg/m}^3$ |
| Masse volumique: $r_0=2800\text{ kg/m}^3$ | Porosité: $\phi^0=0,5$ |
| Coefficient de Biot: $b=1,0$ | Viscosité dynamique de l'eau: $\mu_{lq}(T)=1$ |
| Saturation $S_{lq}(p_c)=1,0$ | Perméabilité relative au fluide: $k_{lq}^{rel}(S_{lq})=1$ |

Les caractéristiques de comportement et de couplage thermique ne sont pas significatives.

La perméabilité hydraulique du milieu à l'eau est alors: $\lambda_{lq}^H = \frac{K_{intr}(\phi) \cdot k_{lq}^{rel}(S_{lq})}{\mu_{lq}(T)}$ en ($\text{m}^3\text{ s/kg}$).

En mécanique des sols, il est souvent noté la perméabilité par $k = \lambda_{lq}^H \rho_{lq} g$, soit ici: $k \approx 10^{-14}\text{ m/s}$.

Le coefficient de consolidation $c_v = \lambda_{lq}^H E_0 / b^2$ vaut ici: $c_v = 0,1\text{ m}^2/\text{s}$.

1.2 Conditions aux limites et chargements

1.2.1 Conditions aux limites

La pression de fluide interstitiel reste nulle sur toute la face supérieure CD : $P_{lq}=0$. Les faces latérales ont des déplacements bloqués en x . La face inférieure AB a des déplacements bloqués en x et en y , et elle est étanche: $P_{lq,y}=0$

1.2.2 Conditions initiales

La colonne est initialement au repos dans un état vierge: $P_{lq}=0$, $\sigma_{yy}=0$.

1.2.3 Chargement

Il est exercé un échelon de pression $F_0 = -1,0 Pa$ sur la face supérieure CD à $t = 0s$.
La pesanteur est ici négligée.

2 Solution de référence

Les contraintes totales poro-élastiques sont : $\sigma = E_0 \varepsilon(u) - bP_{lq}$. Seule la composante verticale est présente : $\sigma_{yy}(y, t) = E_0 u_{y,y}(y, t) - bP_{lq}(y, t)$.

L'équilibre hydro-mécanique poro-élastique 1D s'écrit donc, en l'absence de force de pesanteur, pour $t \geq 0$:

$$\begin{cases} E_0 u_{y,yy}(y, t) - bP_{lq,y}(y, t) = 0, \text{ équilibre mécanique} \\ \lambda_{lq}^H P_{lq,yy}(y, t) - b \dot{u}_{y,y}(y, t) = 0, \text{ équilibre hydraulique} \end{cases}$$

avec les conditions initiales : $u_y(y, 0) = 0$, $P_{lq}(y, 0) = 0$ et les conditions aux limites pour $t > 0$:
 $u_y(0, t) = 0$, $P_{lq}(0, t) = 0$, $\sigma_{yy}(H, t) = F_0 \eta(t) = E_0 u_{y,y}(H, t) - bP_{lq}(H, t)$ où $\eta(t)$ est la fonction échelon en $t = 0$ (Heaviside).

L'équilibre mécanique donne directement l'uniformité des contraintes totales pour $t > 0$ sur $|0, H|$,
d'où : $\sigma_{yy}(y, t) = F_0 = E_0 u_{y,y}(y, t) - bP_{lq}(y, t)$, soit $u_{y,y}(y, t) = \frac{1}{E_0}(F_0 + bP_{lq}(y, t))$, pour
 $t > 0$ sur $|0, H|$.

L'équilibre hydraulique conduit alors à :

$$\frac{b^2}{E_0} \dot{P}_{lq}(y, t) - \lambda_{lq}^H P_{lq,yy}(y, t) = 0, \text{ pour } t > 0 \text{ sur } |0, H|$$

avec comme conditions initiales $P_{lq}(y, 0) = -\frac{F_0}{b}$ sur $|0, H|$, et deux conditions aux limites
 $P_{lq}(H, t) = 0$ et $P_{lq,y}(0, t) = 0$ pour $t > 0$, c'est-à-dire un problème du type choc thermique sur
 $|0, H|$.

Le coefficient de consolidation $c_v = \lambda_{lq}^H E_0 / b^2$ vaut ici : $c_v = 0,1 m^2/s$. Il pilote la durée du processus de consolidation.

Il en découle ainsi un temps caractéristique $\tau_c = H^2 / c_v$ ($= 1000s$ ici) servant à identifier le pas de la discrétisation temporelle pour la méthode numérique d'intégration. A cette valeur τ_c , il a été atteint un peu plus de 90% de la consolidation.

La solution est, cf. [2] :

$$P_{lq}(y, t) = \frac{-4F_0}{\pi b} \sum_{m=1,2,3..}^{+\infty} \frac{(-1)^{m-1}}{2m-1} e^{-\lambda_{lq}^H E_0 \pi^2 (2m-1)^2 \frac{t}{(4b^2 H^2)}} \cdot \cos\left(\frac{\pi y (2m-1)}{2H}\right)$$

$$\text{et : } u_y(y, t) = \frac{F_0 y}{E_0} + \frac{b}{E_0} \int_0^y P_{lq}(\xi, t) d\xi$$

$$\text{soit : } u_y(y, t) = \frac{F_0 y}{E_0} - \frac{8HF_0}{\pi^2 E_0} \sum_{m=1,2,3..}^{+\infty} \frac{(-1)^{m-1}}{(2m-1)^2} e^{-\lambda_{lq}^H E_0 \pi^2 (2m-1)^2 \frac{t}{(4b^2 H^2)}} \cdot \sin\left(\frac{\pi y (2m-1)}{2H}\right)$$

Les contraintes effectives (agissant sur le squelette) sont : $\sigma_{yy}^{eff}(y, t) = E_0 u_{y,y}(y, t)$. Pour des instants $t \rightarrow \infty$, nous obtenons : $P_{lq}(0, \infty) = 0$ et $u_y(H, \infty) = \frac{F_0 H}{E_0}$ (soit ici $-10^{-6} m$).

2.1 Incertitudes sur la solution

La solution de référence est analytique.

2.2 Influence du choix de la modélisation

Dans ce paragraphe, on souhaite attirer l'attention sur une difficulté de modélisation numérique liée à ce type de test (colonne de Terzaghi). Dans ce qui suit on discute donc de l'influence de la modélisation retenue et on s'appuie notamment sur des calculs réalisés avec le code Lagamine (Université de Liège) qui dispose d'éléments différents de ceux de Code_Aster. Pour cette raison, le test présenté dans ce paragraphe provient d'une étude externe et n'est pas quantitativement exactement le même que celui étudié dans le reste du document. Il ne donne donc pas les mêmes solutions de références. Ce paragraphe constitue donc un complément donné à titre informatif.

A l'instant $t=0$, la solution est discontinue à la surface libre $y=H$:

$$\begin{cases} \frac{P_{lq}(y,0)}{F_0} = 1 & \forall y < H \\ P_{lq}(H,0) = 0 \end{cases}$$

A cause de cette discontinuité, ce test est un cas d'école mettant en évidence les phénomènes d'oscillations numériques de la pression hydraulique liés à l'utilisation d'une formulation mixte par la méthode des éléments finis. Ces oscillations se produisent généralement au voisinage d'une paroi drainante, et sont dues à :

- la violation de la condition inf-sup ;
- choix d'un pas de temps trop petit, violant le principe du maximum [R3.06.07] ;

Le choix du type d'éléments finis a une influence considérable sur la solution obtenue au voisinage de la surface libre, autour de $t=0$. Dans Code_Aster, la modélisation sélective (HMS) permet d'éliminer ces oscillations (**Figure 2.2-a**), contrairement à la modélisation classique (HM).

Cependant, l'obtention de la solution exacte pour la pression hydraulique $P_{lq}(y,0)$ par la modélisation HMS se traduit par une approximation plus grande (par rapport à la modélisation HM, voir le cas du maillage fin de la **Figure 2.2-b**) pour la solution en déplacement vertical $u_y(y,0)$. Cette approximation est d'autant plus grande que le maillage est plus grossier autour de la surface libre.

Enfin, on remarque que le déplacement calculé par le code Lagamine (Université de Liège) est parfaitement exacte et indépendant de la finesse du maillage, mais avec en contrepartie une solution en pression hydraulique très oscillante [HT66-05-012-A]. Cela est dû au type d'éléments finis utilisés par Lagamine qui sont différents des nôtres puisqu'il s'agit d'un P2P2 avec une quadrature 9PG/9PG. Cet élément ne vérifie pas la condition inf-sup et ne peut donc donner une solution correcte en pression hydraulique.

2.3 Références bibliographiques

1. L.MEIROVITCH : *Analytical methods in vibrations*. McMillan Ed., 1967.
2. J.J.MARIGO, E.PLANCHAIS: *Introduction aux méthodes asymptotiques. Application à des problèmes thermiques linéaires*. Note EDF/DER/IMA/MMN HI-70/7563, 31/08/1992.

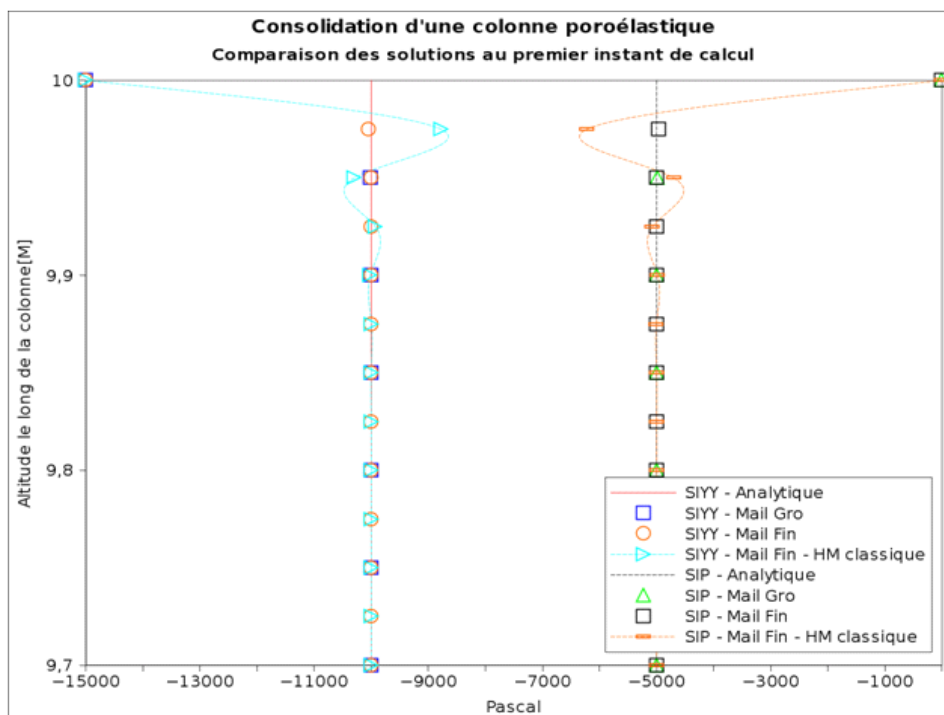


Figure 2.2-a: Comparaison des solutions en contraintes effectives verticales (SIYY) et en pression hydraulique (SIP) obtenues au premier pas de calcul au voisinage de la surface libre (suivant une coupe verticale) pour différentes finesses de maillage et pour les modélisations sélective (HMS) et classique (HM) dans le cas du maillage « fin ». Comparaison avec les solutions analytiques à $t=0$.

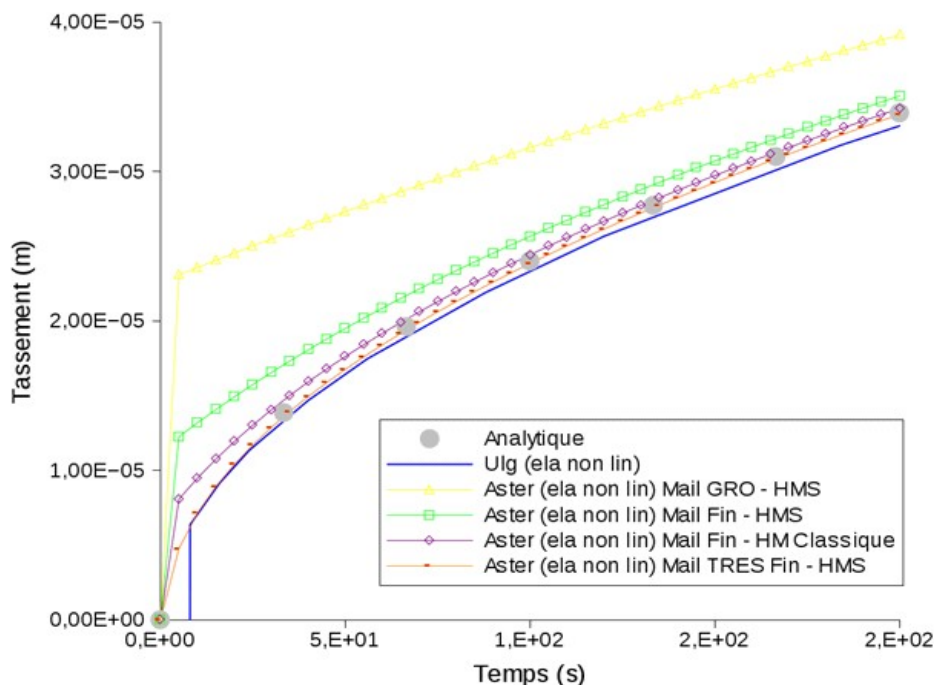


Figure 2.2-b: Comparaison du déplacement vertical de la surface libre en fonction du temps obtenu pour 3 maillages différents et Lagamine pour le maillage « fin ». Comparaison des modélisations classique (HM) et sélective (HMS) de Code_Aster pour le maillage « fin ». La solution analytique du problème est également représentée.

3 Modélisation A

3.1 Caractéristiques de la modélisation

Les caractéristiques sont identiques à la solution de référence.

3.2 Grandeurs testées et résultats

| Valeur testée | Noeud | Instant (s) | Type | Référence |
|--------------------|-------|-------------|----------------|-----------------|
| Déplacement PRE1 | No29 | 0. | ANALYTIQUE | 1.0 |
| Déplacement PRE1 | No31 | 0. | ANALYTIQUE | 1.0 |
| Déplacement PRE1 | No1 | 250. | ANALYTIQUE | 0.68544576689 |
| Déplacement PRE1 | No3 | 250. | ANALYTIQUE | 0.682208147164 |
| Déplacement PRE1 | No5 | 250. | ANALYTIQUE | 0.67252104433 |
| Déplacement PRE1 | No7 | 250. | ANALYTIQUE | 0.656461946263 |
| Déplacement PRE1 | No9 | 250. | ANALYTIQUE | 0.634160686593 |
| Déplacement PRE1 | No11 | 250. | ANALYTIQUE | 0.605800331394 |
| Déplacement PRE1 | No13 | 250. | ANALYTIQUE | 0.571618145927 |
| Déplacement PRE1 | No15 | 250. | ANALYTIQUE | 0.531906397249 |
| Déplacement PRE1 | No17 | 250. | ANALYTIQUE | 0.487012719208 |
| Déplacement PRE1 | No19 | 250. | ANALYTIQUE | 0.437339762565 |
| Déplacement PRE1 | No21 | 250. | ANALYTIQUE | 0.38334387542 |
| Déplacement PRE1 | No23 | 250. | ANALYTIQUE | 0.32553260623 |
| Déplacement PRE1 | No25 | 250. | ANALYTIQUE | 0.264460889851 |
| Déplacement PRE1 | No27 | 250. | ANALYTIQUE | 0.200725860656 |
| Déplacement PRE1 | No29 | 250. | ANALYTIQUE | 0.134960328921 |
| Déplacement PRE1 | No31 | 250. | ANALYTIQUE | 0.0678250497631 |
| Déplacement PRE1 | No33 | 250. | ANALYTIQUE | 0.00 |
| Contrainte SIYY | No48 | 0.00 | ANALYTIQUE | 0.00 |
| Contrainte SIYY | No34 | 250. | ANALYTIQUE | -0.31455423311 |
| Contrainte SIYY | No35 | 250. | ANALYTIQUE | -0.317791852836 |
| Contrainte SIYY | No36 | 250. | ANALYTIQUE | -0.32747895567 |
| Contrainte SIYY | No37 | 250. | ANALYTIQUE | -0.343538053737 |
| Contrainte SIYY | No38 | 250. | ANALYTIQUE | -0.365839313407 |
| Contrainte SIYY | No39 | 250. | ANALYTIQUE | -0.394199668606 |
| Contrainte SIYY | No40 | 250. | ANALYTIQUE | -0.428381854073 |
| Contrainte SIYY | No41 | 250. | ANALYTIQUE | -0.468093602751 |
| Contrainte SIYY | No42 | 250. | ANALYTIQUE | -0.512987280792 |
| Contrainte SIYY | No43 | 250. | ANALYTIQUE | -0.562660237435 |
| Contrainte SIYY | No44 | 250. | ANALYTIQUE | -0.61665612458 |
| Contrainte SIYY | No45 | 250. | ANALYTIQUE | -0.67446739377 |
| Contrainte SIYY | No46 | 250. | ANALYTIQUE | -0.735539110149 |
| Contrainte SIYY | No47 | 250. | ANALYTIQUE | -0.799274139344 |
| Contrainte SIYY | No48 | 250. | ANALYTIQUE | -0.865039671079 |
| Contrainte SIYY | No49 | 250. | ANALYTIQUE | -0.932174950237 |
| Contrainte SIYY | No50 | 250. | ANALYTIQUE | -1.0 |
| Contrainte VMIS | No50 | 250. | NON-REGRESSION | 1.0 |
| Contrainte VMIS SG | No50 | 250. | NON-REGRESSION | -1.0 |
| Contrainte PRIN_1 | No50 | 250. | NON-REGRESSION | -1.0 |
| Contrainte PRIN_2 | No50 | 250. | NON-REGRESSION | 0,00 |
| Contrainte PRIN_3 | No50 | 250. | NON-REGRESSION | 0.00 |
| Contrainte TRESCA | No50 | 250. | NON-REGRESSION | 1.0 |

Les valeurs de référence en NON_REGRESSION sont obtenue pour la version 10.01.21.

4 Modélisation B

4.1 Caractéristiques de la modélisation

La modélisation est généralisée dans le cas de la 3D.

4.2 Grandeurs testées et résultats

| Valeur testée | Noeud | Instant (s) | Type | Référence |
|--------------------|-------|-------------|----------------|--------------|
| Déplacement PRE1 | No168 | 0. | ANALYTIQUE | 1,0 |
| Déplacement PRE1 | No170 | 0. | ANALYTIQUE | 1,0 |
| Déplacement PRE1 | No172 | 0. | ANALYTIQUE | 1,0 |
| Déplacement PRE1 | No174 | 0. | ANALYTIQUE | 1,0 |
| Déplacement PRE1 | No176 | 0. | ANALYTIQUE | 1,0 |
| Déplacement PRE1 | No178 | 0. | ANALYTIQUE | 1,0 |
| Déplacement PRE1 | No180 | 0. | ANALYTIQUE | 1,0 |
| Déplacement PRE1 | No182 | 0. | ANALYTIQUE | 1,0 |
| Déplacement PRE1 | No184 | 0. | ANALYTIQUE | 1,0 |
| Déplacement PRE1 | No186 | 0. | ANALYTIQUE | 1,0 |
| Déplacement PRE1 | No188 | 0. | ANALYTIQUE | 1,0 |
| Déplacement PRE1 | No190 | 0. | ANALYTIQUE | 1,0 |
| Déplacement PRE1 | No192 | 0. | ANALYTIQUE | 1,0 |
| Déplacement PRE1 | No194 | 0. | ANALYTIQUE | 1,0 |
| Déplacement PRE1 | No196 | 0. | ANALYTIQUE | 1,0 |
| Déplacement PRE1 | No198 | 0. | ANALYTIQUE | 1,0 |
| Déplacement PRE1 | No200 | 0. | ANALYTIQUE | 0,0 |
| Contrainte VMIS | No83 | 0. | NON-REGRESSION | 1.64519502 |
| Contrainte VMIS_SG | No83 | 0. | NON-REGRESSION | 1.8098495947 |
| Contrainte PRIN_1 | No83 | 0. | NON-REGRESSION | -1,4049 |
| Contrainte PRIN_2 | No83 | 0. | NON-REGRESSION | 0,0 |
| Contrainte PRIN_3 | No83 | 0. | NON-REGRESSION | 0,4049 |
| Contrainte TRESCA | No83 | 0. | NON-REGRESSION | -0,1645 |

Les valeurs de référence en NON_REGRESSION sont obtenue pour la version 10.01.21.

5 Modélisation C

5.1 Caractéristiques de la modélisation

La modélisation est identique à la modélisation A.

5.2 Grandeurs testées et résultats

| Valeur testée | Noeud | Instant (s) | Type | Référence |
|--------------------|-------|-------------|----------------|------------------|
| Déplacement PRE1 | No29 | 0. | ANALYTIQUE | 1.0 |
| Déplacement PRE1 | No31 | 0. | ANALYTIQUE | 1.0 |
| Déplacement PRE1 | No1 | 250. | ANALYTIQUE | 0.68544576689 |
| Déplacement PRE1 | No3 | 250. | ANALYTIQUE | 0.682208147164 |
| Déplacement PRE1 | No5 | 250. | ANALYTIQUE | 0.67252104433 |
| Déplacement PRE1 | No7 | 250. | ANALYTIQUE | 0.656461946263 |
| Déplacement PRE1 | No9 | 250. | ANALYTIQUE | 0.634160686593 |
| Déplacement PRE1 | No11 | 250. | ANALYTIQUE | 0.605800331394 |
| Déplacement PRE1 | No13 | 250. | ANALYTIQUE | 0.571618145927 |
| Déplacement PRE1 | No15 | 250. | ANALYTIQUE | 0.531906397249 |
| Déplacement PRE1 | No17 | 250. | ANALYTIQUE | 0.487012719208 |
| Déplacement PRE1 | No19 | 250. | ANALYTIQUE | 0.437339762565 |
| Déplacement PRE1 | No21 | 250. | ANALYTIQUE | 0.38334387542 |
| Déplacement PRE1 | No23 | 250. | ANALYTIQUE | 0.32553260623 |
| Déplacement PRE1 | No25 | 250. | ANALYTIQUE | 0.264460889851 |
| Déplacement PRE1 | No27 | 250. | ANALYTIQUE | 0.200725860656 |
| Déplacement PRE1 | No29 | 250. | ANALYTIQUE | 0.134960328921 |
| Déplacement PRE1 | No31 | 250. | ANALYTIQUE | 0.0678250497631 |
| Déplacement PRE1 | No33 | 250. | ANALYTIQUE | 0.00 |
| Contrainte SIYY | No48 | 0.00 | ANALYTIQUE | 0.00 |
| Contrainte SIYY | No34 | 250. | ANALYTIQUE | -0.31455423311 |
| Contrainte SIYY | No35 | 250. | ANALYTIQUE | -0.317791852836 |
| Contrainte SIYY | No36 | 250. | ANALYTIQUE | -0.32747895567 |
| Contrainte SIYY | No37 | 250. | ANALYTIQUE | -0.343538053737 |
| Contrainte SIYY | No38 | 250. | ANALYTIQUE | -0.365839313407 |
| Contrainte SIYY | No39 | 250. | ANALYTIQUE | -0.394199668606 |
| Contrainte SIYY | No40 | 250. | ANALYTIQUE | -0.428381854073 |
| Contrainte SIYY | No41 | 250. | ANALYTIQUE | -0.468093602751 |
| Contrainte SIYY | No42 | 250. | ANALYTIQUE | -0.512987280792 |
| Contrainte SIYY | No43 | 250. | ANALYTIQUE | -0.562660237435 |
| Contrainte SIYY | No44 | 250. | ANALYTIQUE | -0.61665612458 |
| Contrainte SIYY | No45 | 250. | ANALYTIQUE | -0.67446739377 |
| Contrainte SIYY | No46 | 250. | ANALYTIQUE | -0.735539110149 |
| Contrainte SIYY | No47 | 250. | ANALYTIQUE | -0.799274139344 |
| Contrainte SIYY | No48 | 250. | ANALYTIQUE | -0.865039671079 |
| Contrainte SIYY | No49 | 250. | ANALYTIQUE | -0.932174950237 |
| Contrainte SIYY | No50 | 250. | ANALYTIQUE | -1.0 |
| Contrainte VMIS | No50 | 250. | NON-REGRESSION | 0.4915089111 |
| Contrainte VMIS SG | No50 | 250. | NON-REGRESSION | -0.4915089111 |
| Contrainte PRIN_1 | No50 | 250. | NON-REGRESSION | -0.4915089111 |
| Contrainte PRIN_2 | No50 | 250. | NON-REGRESSION | -1.826682526E-17 |
| Contrainte PRIN_3 | No50 | 250. | NON-REGRESSION | 1.60461944E-17 |
| Contrainte TRESCA | No50 | 250. | NON-REGRESSION | 0.4915089111 |

Les valeurs de référence en NON_REGRESSION sont obtenue pour la version 10.01.21.

6 Modélisation D

6.1 Caractéristiques de la modélisation

La modélisation est identique à la modélisation B.

6.2 Grandeurs testées et résultats

| Valeur testée | Noeud | Instant (s) | Type | Référence |
|--------------------|-------|-------------|----------------|-----------------|
| Déplacement PRE1 | No168 | 0. | ANALYTIQUE | 1,0 |
| Déplacement PRE1 | No170 | 0. | ANALYTIQUE | 1,0 |
| Déplacement PRE1 | No172 | 0. | ANALYTIQUE | 1,0 |
| Déplacement PRE1 | No174 | 0. | ANALYTIQUE | 1,0 |
| Déplacement PRE1 | No176 | 0. | ANALYTIQUE | 1,0 |
| Déplacement PRE1 | No178 | 0. | ANALYTIQUE | 1,0 |
| Déplacement PRE1 | No180 | 0. | ANALYTIQUE | 1,0 |
| Déplacement PRE1 | No182 | 0. | ANALYTIQUE | 1,0 |
| Déplacement PRE1 | No184 | 0. | ANALYTIQUE | 1,0 |
| Déplacement PRE1 | No186 | 0. | ANALYTIQUE | 1,0 |
| Déplacement PRE1 | No188 | 0. | ANALYTIQUE | 1,0 |
| Déplacement PRE1 | No190 | 0. | ANALYTIQUE | 1,0 |
| Déplacement PRE1 | No192 | 0. | ANALYTIQUE | 1,0 |
| Déplacement PRE1 | No194 | 0. | ANALYTIQUE | 1,0 |
| Déplacement PRE1 | No196 | 0. | ANALYTIQUE | 1,0 |
| Déplacement PRE1 | No198 | 0. | ANALYTIQUE | 1,0 |
| Déplacement PRE1 | No200 | 0. | ANALYTIQUE | 0,0 |
| Contrainte VMIS | No83 | 0. | NON-REGRESSION | 0.375001823900 |
| Contrainte VMIS_SG | No83 | 0. | NON-REGRESSION | -0.375001823900 |
| Contrainte PRIN_1 | No83 | 0. | NON-REGRESSION | -0.375001823900 |
| Contrainte PRIN_2 | No83 | 0. | NON-REGRESSION | 0,0 |
| Contrainte PRIN_3 | No83 | 0. | NON-REGRESSION | 0,0 |
| Contrainte TRESCA | No83 | 0. | NON-REGRESSION | -0.375001823900 |

Les valeurs de référence en NON_REGRESSION sont obtenue pour la version 10.01.21.

7 Modélisation E

7.1 Caractéristiques de la modélisation

La modélisation est identique à la modélisation C mais avec une adaptation successive du maillage via MACR_ADAP_MAIL.

7.2 Grandeurs testées et résultats

| Valeur testée | Numéro d'ordre | Type | Référence 9.02.13 |
|--|----------------|----------------|---------------------|
| ESTERG1 composante du champ ERRE NOEU ELEM | 25 | NON-REGRESSION | 5.1838946544447E-03 |
| ERRE_TPS_GLOB | 25 | NON-REGRESSION | 0.0902526795091860 |

8 Modélisation F

8.1 Caractéristiques de la modélisation

La modélisation est identique à la modélisation E mais sans l'indicateur d'erreur en temps.

8.2 Grandeurs testées et résultats

| Valeur testée | Numéro d'ordre | Type | Référence 9.02.13 |
|--|----------------|----------------|---------------------|
| ESTERG1 composante du champ ERRE_NOEU_ELEM | 25 | NON-REGRESSION | 5.1838946544447E-03 |

9 Modélisation G

9.1 Caractéristiques de la modélisation

Les caractéristiques sont identiques à la modélisation A. Le maillage est composé de 83 noeuds et de 16 QUAD8.

9.2 Grandeurs testées et résultats

| Valeur testée | Noeud | Instant (s) | Type | Référence |
|------------------|-------|-------------|-------------|-----------------|
| Déplacement PRE1 | No29 | 1.E-4 | AUTRE_ASTER | 1.0 |
| Déplacement PRE1 | No31 | 1.E-4 | AUTRE_ASTER | 1.0 |
| Déplacement PRE1 | No1 | 250. | AUTRE_ASTER | 0.68544576689 |
| Déplacement PRE1 | No3 | 250. | AUTRE_ASTER | 0.682208147164 |
| Déplacement PRE1 | No5 | 250. | AUTRE_ASTER | 0.67252104433 |
| Déplacement PRE1 | No7 | 250. | AUTRE_ASTER | 0.656461946263 |
| Déplacement PRE1 | No9 | 250. | AUTRE_ASTER | 0.634160686593 |
| Déplacement PRE1 | No11 | 250. | AUTRE_ASTER | 0.605800331394 |
| Déplacement PRE1 | No13 | 250. | AUTRE_ASTER | 0.571618145927 |
| Déplacement PRE1 | No15 | 250. | AUTRE_ASTER | 0.531906397249 |
| Déplacement PRE1 | No17 | 250. | AUTRE_ASTER | 0.487012719208 |
| Déplacement PRE1 | No19 | 250. | AUTRE_ASTER | 0.437339762565 |
| Déplacement PRE1 | No21 | 250. | AUTRE_ASTER | 0.38334387542 |
| Déplacement PRE1 | No23 | 250. | AUTRE_ASTER | 0.32553260623 |
| Déplacement PRE1 | No25 | 250. | AUTRE_ASTER | 0.264460889851 |
| Déplacement PRE1 | No27 | 250. | AUTRE_ASTER | 0.200725860656 |
| Déplacement PRE1 | No29 | 250. | AUTRE_ASTER | 0.134960328921 |
| Déplacement PRE1 | No31 | 250. | AUTRE_ASTER | 0.0678250497631 |
| Déplacement PRE1 | No33 | 250. | AUTRE_ASTER | 0.00 |

Les valeurs de pression testées sont comparées avec les valeurs de pression obtenues avec la modélisation A. Les différences observées entre les deux modélisations sont inférieures à 6.E-3%.

10 Modélisation H

10.1 Caractéristiques de la modélisation

La modélisation est identique à la modélisation E mais avec la modélisation sous-intégrée D_PLAN_HM_SI.

10.2 Grandeurs testées et résultats

| Valeur testée | Numéro d'ordre | Type | Référence 11.3.7 |
|--|----------------|----------------|---------------------|
| ESTERG1 composante du champ ERRE_NOEU_ELEM | 25 | NON-REGRESSION | 5.2034169568591E-03 |
| ERRE_TPS_GLOB | 25 | NON-REGRESSION | 0.095460688688661 |

11 Synthèse des résultats

En conclusion, les résultats *Code_Aster* sont en accord avec les solutions de référence analytiques.