

Programme FoXta

Partie D : Module TASSELDO

TABLE DES MATIERES

D.1. ASPECT THEORIQUE	3
D.1.1. PROBLEME POSE	3
D.1.2. CONTRAINTES	3
D.1.3. METHODE DE SUPERPOSITION.....	5
D.1.4. TASSEMENTS	5
D.1.4.1. Tassement unidimensionnel.....	5
D.1.4.2. Tassement tridimensionnel (par la formule approchée de Steinbrenner (Réf. D.3)).....	5
D.1.4.3. Tassement œdométrique.....	6
D.1.5. APPLICATIONS ET LIMITES	8
D.2. MANUEL D'UTILISATION	9
D.2.1. ONGLET 1 : PARAMETRES GENERAUX	9
D.2.2. ONGLET 2 : CARACTERISTIQUES DES COUCHES DE SOLS.....	10
D.2.3. ONGLET 3 : CHARGES SUR LE SOL	12
D.2.3.1. Onglet 3 : Charges sur le sol – Chargements cylindriques	14
D.2.3.2. Onglet 3 : Charges sur le sol – Chargements annulaires.....	15
D.2.3.3. Onglet 3 : Charges sur le sol – Chargements type Talus	16
D.2.4. ONGLET 4 : DATES POUR LES CONSOLIDATIONS	17
D.2.5. ONGLET 5 : POINTS DE CALCUL	18
D.2.5.1. Onglet 5 : Points de calcul – Définition des points situés sur un segment AB	19
D.2.5.2. Onglet 5 : Points de calcul – Définition des points situés sur un cercle.....	20
D.2.5.3. Onglet 5 : Points de calcul – Définition des points situés sur un quadrilatère ABCD	21
D.2.5.4. Onglet 5 : Points de calcul – Définition des points situés sur un disque	22
D.2.6. ONGLET 6 : CALCUL DES TASSEMENTS.....	23
D.2.6.1. Résultats.....	24
D.2.6.2. Tassements à z donné.....	26
D.3. EXEMPLES DE CALCUL TASSELDO.....	27
D.3.1. EXEMPLE 1	27
D.3.1.1 Présentation du problème.....	27
D.3.1.2. Saisie des données	28
D.3.2. EXEMPLE 2	35
D.3.2.1. Présentation du problème.....	35
D.3.2.2. Saisie des données	36
D.4. CONSTITUTION DU FICHIER TASSELDO	40

Programme FoXta

Partie D : Module TASSELDO

D.1. ASPECT THEORIQUE

Le module TASSELDO est un programme de calcul (basé sur des formules analytiques), de la variation de la contrainte verticale et du tassement vertical dans un massif élastique, homogène et isotrope, soumis à des charges rectangulaires uniformes, à la surface du sol.

D.1.1. Problème posé

Soit un milieu élastique, homogène et isotrope, soumis à sa surface à un chargement appliqué sous forme de pression répartie (uniforme).

On cherche en tout point $M(x,y,z)$ à connaître :

- la variation de la contrainte $\Delta\sigma_{zz}$ induite par le chargement Q à la surface,
- le tassement (unidimensionnel, tridimensionnel ou œdométrique).

D.1.2. Contraintes

Formule de Boussinesq : charge ponctuelle (Réf. D.1)

Soit une charge verticale Q appliquée à la surface d'un massif semi-infini, homogène et isotrope (Figure D.1). La variation de la contrainte verticale en tout point N du massif a été

donnée par Boussinesq :

$$\Delta\sigma_{zz} = \frac{3.Q}{2.\pi.z^2} \cdot \left(\frac{1}{1 + \left(\frac{r}{z}\right)^2} \right)^{\frac{5}{2}} \quad (I)$$

Où :

- z : la profondeur du point N ,
- r : la distance horizontale de N à la ligne d'action de Q .

Cette solution est indépendante des caractéristiques mécaniques (E et ν) du sol.

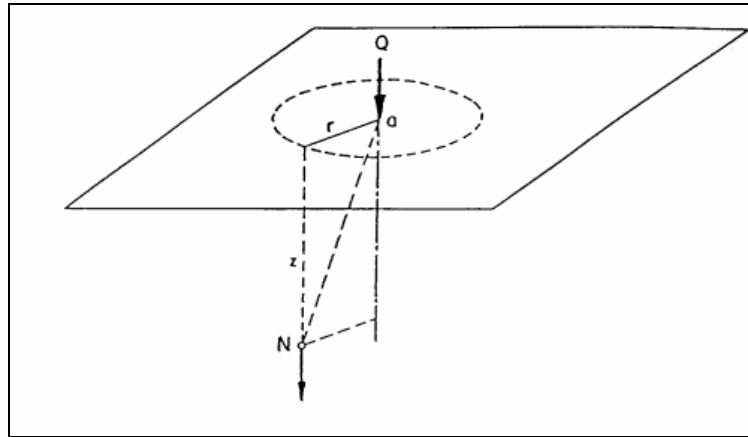


Figure D.1: Charge verticale ponctuelle Q appliquée à la surface du sol.

- Charge répartie (ref. D.2)

La solution $\Delta\sigma_{zz}$, due à une charge uniforme de densité q répartie sur une surface, est obtenue en intégrant la formule (1) sur la surface considérée. Dans le cas où la surface du chargement est un rectangle ($l \times b$), où l est la longueur et b la largeur, la solution analytique en tout point appartenant à l'axe D passant par l'un des quatre coins du rectangle s'écrit (Figure D.2):

$$\sigma_{zz} = q \cdot k_0 \quad (2)$$

$$k_0 = \left[\frac{1}{2\Pi} \right] \left[\tan^{-1} \left(\frac{lb}{z \cdot R_3} \right) + \frac{lb \cdot z}{R_3} \left(\frac{1}{R_1^2} + \frac{1}{R_2^2} \right) \right] \quad (3)$$

$$\text{avec } R_1 = \sqrt{(l^2 + z^2)}; \quad R_2 = \sqrt{(b^2 + z^2)}; \quad R_3 = \sqrt{(l^2 + b^2 + z^2)}$$

La contrainte verticale est également indépendante des caractéristiques E et ν .

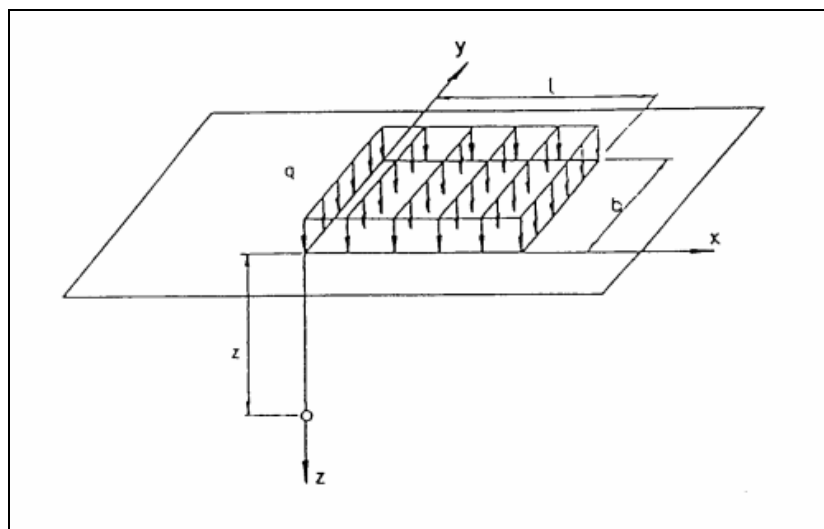


Figure D.2 : Charge uniforme q rectangulaire.

D.1.3. Méthode de superposition

Le massif étant isotrope, homogène et élastique linéaire on utilise la méthode de superposition pour calculer la variation de la contrainte $\Delta\sigma_{zz}$ et le tassement en tout point et pour tout chargement admissible. La solution est connue, par la formule (2), sous l'un des quatre coins du rectangle; on peut donc décomposer le problème d'une façon adaptée à la solution.

$$\text{La solution s'écrit: } \sigma_{zz} = \sum_{i=1}^n \sigma_{zz}^i \quad \text{et} \quad \varepsilon_{zz} = \sum_{i=1}^n \varepsilon_{zz}^i$$

n étant le nombre de problèmes à superposer.

D.1.4. Tassements

Les déformations verticales en un point M sont déduites de $\Delta\sigma_{zz}$, calculée par la formule (2), dans le cas du calcul de tassement unidimensionnel et œdométrique. Dans le cas de la déformation tridimensionnelle (formule de Steinbrenner), le tassement d'une couche donnée est calculé directement à partir de la géométrie du chargement en surface.

D.1.4.1. Tassement unidimensionnel

On fait l'hypothèse suivante : les déformations suivant x et y sont nulles (conditions œdométriques), seule la déformation ε_{zz} est non nulle. Le comportement du sol est supposé élastique; ε_{zz} est déduit de σ_{zz} par la loi :

$$\varepsilon_{zz} = \frac{\sigma_{zz}}{E_{oed}}; \quad E_{oed} = E \cdot \left(\frac{(1-\nu)}{(1+\nu) \cdot (1-2\nu)} \right) \quad (4)$$

avec:

- E_{oed} : Module œdométrique,
- E : Module de Young,
- ν : Coefficient de Poisson.

La contrainte intervenant dans les calculs est la valeur moyenne de la contrainte verticale dans la couche considérée.

Le tassement unidimensionnel ΔH vaut alors :
$$\Delta H = \frac{\Delta\sigma_{zz}}{E_{oed}} \cdot H$$

D.1.4.2. Tassement tridimensionnel (par la formule approchée de Steinbrenner (Réf. D.3))

Pour calculer le tassement dû à un chargement uniforme q sous un rectangle caractérisé par (l x b), pour une couche homogène et isotrope d'épaisseur H de comportement élastique linéaire, on suppose que :

- le principe de superposition est toujours applicable;
- le tassement $\Delta\rho$ de la couche comprise entre z et z' correspond à la différence :

$$\Delta\rho = \rho(z) - \rho(z')$$

avec $\rho(z)$ le tassement du massif semi-infini entre z et ∞ .

L'expression du tassement s'écrit :
$$\Delta\rho = \alpha \cdot \frac{b}{E} \cdot I_\rho$$

avec I_ρ , F_1 , F_2 définis par ($l_1=l/b$ et $d=z/b$) :
$$I_\rho = (1-\nu^2) \cdot F_1 + (1-\nu-2\nu^2) \cdot F_2$$

$$\text{et } F_1 = \frac{1}{\pi} \left[l_1 \cdot \log \left(\frac{(1+\sqrt{l_1^2+1}) \cdot (\sqrt{l_1^2+d^2})}{l_1 \cdot (1+\sqrt{l_1^2+d^2+1})} \right) + \log \left(\frac{(l_1+\sqrt{l_1^2+1}) \cdot \sqrt{1+d^2}}{1+\sqrt{l_1^2+d^2+1}} \right) \right]$$

$$F_2 = \frac{d}{2\pi} \cdot \tan^{-1} \left(\frac{l_1}{d \cdot \sqrt{l_1^2+d^2+1}} \right)$$

D.1.4.3. Tassement œdométrique

a- Tassement œdométrique final:

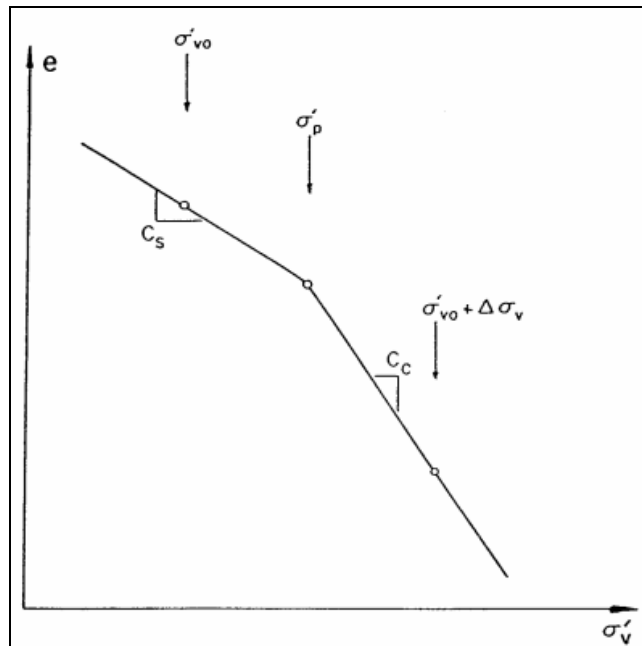
Le tassement œdométrique ΔH est déduit de la courbe œdométrique (Fig. D.3) reliant l'indice des vides à la contrainte effective verticale σ'_v dans le sol :

$e = f(\sigma'_{zz})$ caractérisé par :

- C_s : coefficient de compressibilité en recompression;
- C_c : coefficient de compressibilité vierge;
- e_0 : indice des vides initial;
- σ'_0 : contrainte effective géostatique initiale;
- σ'_p : pression de consolidation;
- t_c : coefficient de surconsolidation, par convention $t_c = \sigma'_p/\sigma'_0$ si $t_c > 0$.
 $t_c = -(\sigma'_p - \sigma'_0)$ si $t_c < 0$.

On suppose que les déformations latérales sont nulles (l'hypothèse de déformation unidimensionnelle est valable) et que le volume des grains du squelette reste constant. La relation entre la variation du déplacement vertical et celle de l'indice des vides est définie par :

$$\frac{\Delta H}{H_0} = \frac{\Delta e}{(1+e_0)}$$

Figure D.3 : Variation de l'indice des vides e en fonction de $\Delta\sigma_v$.

Le tassement œdométrique ΔH dû à un accroissement de la contrainte effective $\Delta\sigma'_{zz}$ (calculée) dépend de l'état de référence et de l'histoire du chargement du sol :

- premier cas: sol normalement consolidé : $\sigma'_0 = \sigma'_p$, le tassement œdométrique s'écrit:

$$\text{- si } \Delta\sigma'_{zz} > 0, \quad \Delta H = H \cdot \frac{C_c}{1+e_o} \cdot \left[\log_{10} \left(\frac{\sigma'_o + \Delta\sigma'_{zz}}{\sigma'_o} \right) \right] \quad (5)$$

$$\text{- si } \Delta\sigma'_{zz} < 0, \quad \Delta H = H \cdot \frac{C_s}{1+e_o} \cdot \left[\log_{10} \left(\frac{\sigma'_o + \Delta\sigma'_{zz}}{\sigma'_o} \right) \right] \quad (6)$$

- deuxième cas: sol surconsolidé: $\sigma'_0 < \sigma'_p$

- $\sigma'_p < \Delta\sigma'_{zz} + \sigma'_0$ et $\Delta\sigma'_{zz} > 0$ (cas de charge), le tassement œdométrique s'écrit :

$$\Delta H = \frac{H_o}{(1+e_o)} \cdot \left[C_s \cdot \log_{10} \left(\frac{\sigma'_p}{\sigma'_o} \right) + C_c \cdot \log_{10} \left(\frac{\sigma'_o + \Delta\sigma'_{zz}}{\sigma'_p} \right) \right] \quad (7)$$

- $\sigma'_p > \Delta\sigma'_{zz} + \sigma'_0$ alors le tassement ΔH se déduit de la formule (6).

b- Tassement à un instant t

On peut considérer que dans le domaine surconsolidé, la consolidation est beaucoup plus rapide que dans le domaine normalement consolidé.

Aussi, pour chaque couche, le degré de consolidation n'est appliqué qu'à la variation de contrainte dépassant la pression de consolidation.

A un instant t , on considère que la contrainte a pour valeur :

$$\sigma'_v(t) = \sigma'_p + U_s(t) \times (\sigma'_0 + \Delta\sigma - \sigma'_p)$$

$U_s(t)$, fourni couche par couche, est déduit d'un calcul de consolidation préalable (à réaliser avec un logiciel spécifique).

Le supplément de contrainte à un instant t s'écrit :

$$\Delta\sigma(t) = \sigma'_v(t) - \sigma'_0$$

La valeur ainsi évaluée est injectée dans celle des formules (5) à (7) qui est applicable.

D.1.5. Applications et limites

L'application des formules de Boussinesq du milieu semi infini élastique homogène isotrope est acceptable tant qu'il n'existe pas de différences de rigidité importantes entre les différentes couches.

Ceci est généralement le cas pour les sols susceptibles de déformations notables. Le cas d'une couche rigide surmontant une couche molle ne peut être traité de cette façon.

L'approche des déformations par l'élasticité (calcul 1D ou 3D) nécessite une évaluation correcte du module d'Young pour le domaine des contraintes et la plage des déformations anticipés sous l'ouvrage. Ceci est important dans le cas des sols granulaires où le module augmente avec la contrainte moyenne σ_m et diminue avec la déformation.

Les calculs réalisés montrent généralement peu de différences entre le calcul 1D ou le calcul 3D.

Burland (ref. 4) a souligné que l'approche œdométrique pour estimer le tassement total sous une fondation fournissait un ordre de grandeur au moins équivalent à celui fourni par les méthodes de calcul les plus sophistiquées, pour tous les sols dont le comportement est approximativement "élastique" sous l'effet de charges verticales.

L'approche œdométrique inclut implicitement la variation de rigidité avec le niveau de chargement.

Les degrés de consolidation introduits pour le calcul du tassement en fonction du temps doivent être déduits d'un calcul de consolidation représentatif des conditions rencontrées. (à réaliser avec un logiciel spécifique).

D.2. MANUEL D'UTILISATION

On présente dans ce chapitre les paramètres nécessaires à l'exécution du calcul TASSELDO. Certaines zones ne peuvent recevoir que des données ayant une signification physique (Exemple : coefficient de Poison $0 < \nu < 0.5$). Un contrôle spécifique est assuré par le logiciel.

La fenêtre du module TASSELDO est constituée de 6 onglets. Dans la plupart des cas, l'onglet [Dates pour les consolidations] est invisible. Il n'apparaît que si la case à cocher "Pas de calcul de consolidation" est décochée (par défaut, elle est cochée dans l'onglet [Caractéristiques des couches de sol]).

Pour effectuer un calcul TASSELDO, il est nécessaire de renseigner un certain nombre de paramètres qui seront précisés au fur et à mesure. Pour changer d'onglet, cliquer simplement sur l'onglet choisi. Toutes les fonctionnalités décrites dans la partie C s'appliquent à ce module.

D.2.1. Onglet 1 : Paramètres généraux

Figure D.4 : Module TASSELDO – Paramètres généraux.

Ce premier onglet comporte les informations suivantes :

- Le Titre spécifique au module ne peut comporter que 80 caractères;
- La cote de référence de la couche 0 (tête de la couche 1) qui représente la limite du Terrain Naturel (TN) (elle doit être supérieure à la cote de la première couche définie dans l'onglet "Caractéristiques des couches de sol") ;
- La contrainte verticale effective au toit de la couche supérieure (valeur par défaut 0.001).
- Le choix du niveau de détail pour les impressions.

D.2.2. Onglet 2 : Caractéristiques des couches de sols

The screenshot shows the 'TASSELDO - Tassement d'un massif de sol sous charges' application. The 'Caractéristiques des couches de sol' tab is active. The main window has a table with the following data:

N°	Nom de la couche	Z	E (kPa)	nu	Cse0	tc	Ci
1	Argile verte	-5.0	15000	0.33	0.1	1.1	0.
2							
3							
4							
5							
6							

Below the table, the 'Type de calcul' section has the following options:

- Elastique 3D et 1D.
- Elastique 3D, 1D et oedométrique.
- Pas de calcul de consolidation.

The secondary window on the right shows a similar table with an additional 'n' column:

N°	Nom de la couche	Z	E (kPa)	nu	n
1	Argile verte	-5.0	15000	0.33	5
2					
3					
4					
5					
6					
7					

The 'Type de calcul' section in the secondary window has the following options:

- Elastique 3D et 1D.
- Elastique 3D, 1D et oedométrique.
- Pas de calcul de consolidation.

Figure D.5 : Module TASSELDO – Caractéristiques des couches de sols.

Ce second onglet nécessite l'introduction des paramètres relatifs au comportement du sol. Le choix du type de calcul (Elastique 3D et 1D ou Elastique 3D, 1D et oedométrique) conditionne la quantité d'informations à renseigner.

L'utilisation de la base générale de données permet une introduction rapide des données. Procéder de la manière suivante :

- Double-cliquer sur la première cellule (Nom de la couche - Ligne 1). La fenêtre suivante apparaît :

The 'Famille des couches de sol' dialog box contains the following text and elements:

Choisissez la couche dans la liste des couches définies :

- Argile verte
- Couche indépendante
- Argile verte

valider

Figure D.6 : Famille des couches de sol de la base générale de données

- Choisir dans la liste des familles celle qui vous convient; (La couche appelée "Couche indépendante" permet de s'affranchir des données de la base générale et de définir une couche dont les paramètres seront introduits manuellement par l'utilisateur pour le module concerné. Les données ne seront pas accessibles pour une autre couche ou un autre module)
- Cliquer sur le bouton [Valider];

De manière automatique, les paramètres géotechniques de cette couche sont copiés dans le tableau des caractéristiques des couches de sol sur la première ligne.

- Recommencer avec les lignes suivantes si nécessaire (50 couches maximum).

Deux paramètres restent à introduire, il s'agit :

- De la cote Z : base de chaque couche;
- Du paramètre n : découpage suivant l'axe Z de la couche en n sous-couches.

Les paramètres géotechniques nécessaires au calcul sont :

- Calcul élastique tridimensionnel 3D et unidimensionnel 1D : (toutes données obligatoires)

Z : cote de la base de la couche.
 E : module de Young.
 ν (ν) : coefficient de Poisson.
 n : nombre de subdivisions de la couche (discrétisation pour les calculs)

- Calcul élastique tridimensionnel 3D, unidimensionnel 1D et œdométrique : (toutes données obligatoires)

Z : cote de la base de la couche.
 E : module de Young.
 ν (ν) : coefficient de Poisson.
 $C_s/(1+e_0)$: coefficient de compressibilité en recompression.
 t_c : coefficient de surconsolidation
 si $t_c > 0$: $t_c = \sigma'_p / \sigma'_{v0}$
 si $t_c < 0$: $t_c = -(\sigma'_p - \sigma'_{v0})$
 σ'_o : contrainte verticale géostatique,
 σ'_p : pression de consolidation.
 $C_c/(1+e_0)$: coefficient de compressibilité vierge.
 γ (**Gamma**) : poids volumique total de la couche (γ' est automatiquement pris en compte si la couche est immergée, toujours introduire γ).
 n : nombre de subdivisions de la couche (discrétisation pour les calculs)

D.2.3. Onglet 3 : Charges sur le sol

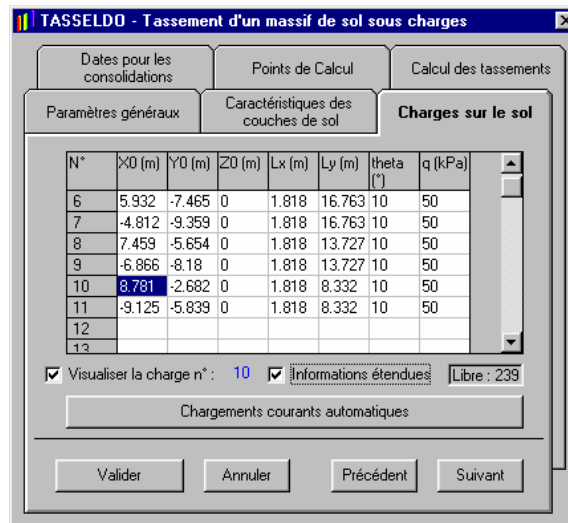


Figure D.7 : Module TASSELDO – Charges sur le sol.

Les chargements pris en compte dans le module TASSELDO sont obligatoirement rectangulaires. Toutefois, il est possible de définir des chargements de forme complexe en combinant des rectangles de dimensions quelconques.

Pour faciliter la définition de chargements « courants », cet onglet dispose d'un bouton [Chargements courants automatiques] qui permet de définir simplement :

- des chargements cylindriques ;
- des chargements annulaires ;
- des chargements type Talus ;

Il est nécessaire de définir au moins un chargement rectangulaire non nul pour pouvoir effectuer un calcul de tassement. Les données (obligatoires) pour chaque rectangle à introduire dans le tableau de l'onglet 3 sont les suivantes :

- X_0, Y_0, Z_0 : Coordonnées du coin de référence du rectangle (l'axe Z est dirigé vers le haut).
- L_x, L_y : dimensions suivant X et Y du rectangle ($L_x, L_y > 0$).
- **Thêta** : angle que fait le côté de longueur L_x avec l'axe Ox exprimé en degré (positif dans le sens trigonométrique).
- **q** : densité de charge uniforme sur le rectangle considéré ($q > 0$).

Pour accéder à la fenêtre "Chargements courants automatiques", cliquer sur le bouton correspondant. La figure D.8 illustre les différents choix possibles. Choisir le type de chargement et cliquer sur le bouton [Valider]. La description du fonctionnement des fenêtres des différents chargements est explicitée dans les chapitres D.2.3.1. à D.2.3.3.

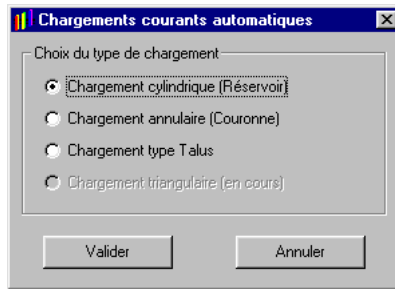


Figure D.8 : Module TASSELDO – Chargements courants automatiques.

Pour visualiser à l'intérieur de la fenêtre tridimensionnelle un chargement particulier, utilisez la case à cocher : Visualiser la charge n° : 10 Informations étendues Libre : 239. Dans cet exemple, la charge sélectionnée, en cliquant sur la ligne correspondante du tableau, est la charge 10. La visualisation des informations étendues est demandée et le nombre de lignes libres restantes pour définir de nouvelles charges est de 239. La figure D.9 montre le résultat correspondant à cette requête.

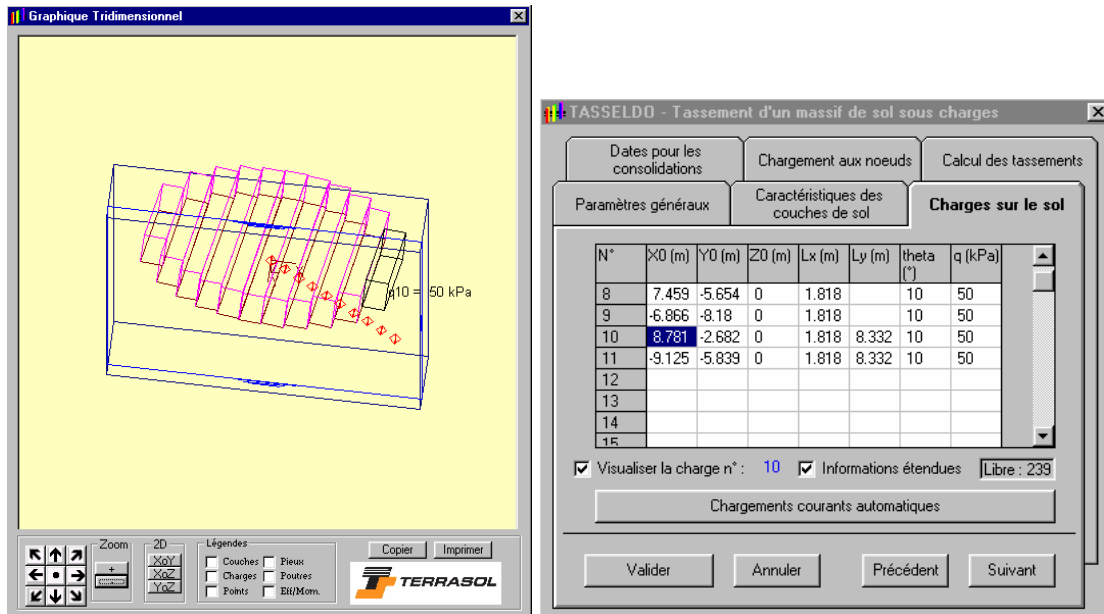


Figure D.9 : Visualisation d'une charge particulière avec informations étendues

D.2.3.1. Onglet 3 : Charges sur le sol – Chargements cylindriques

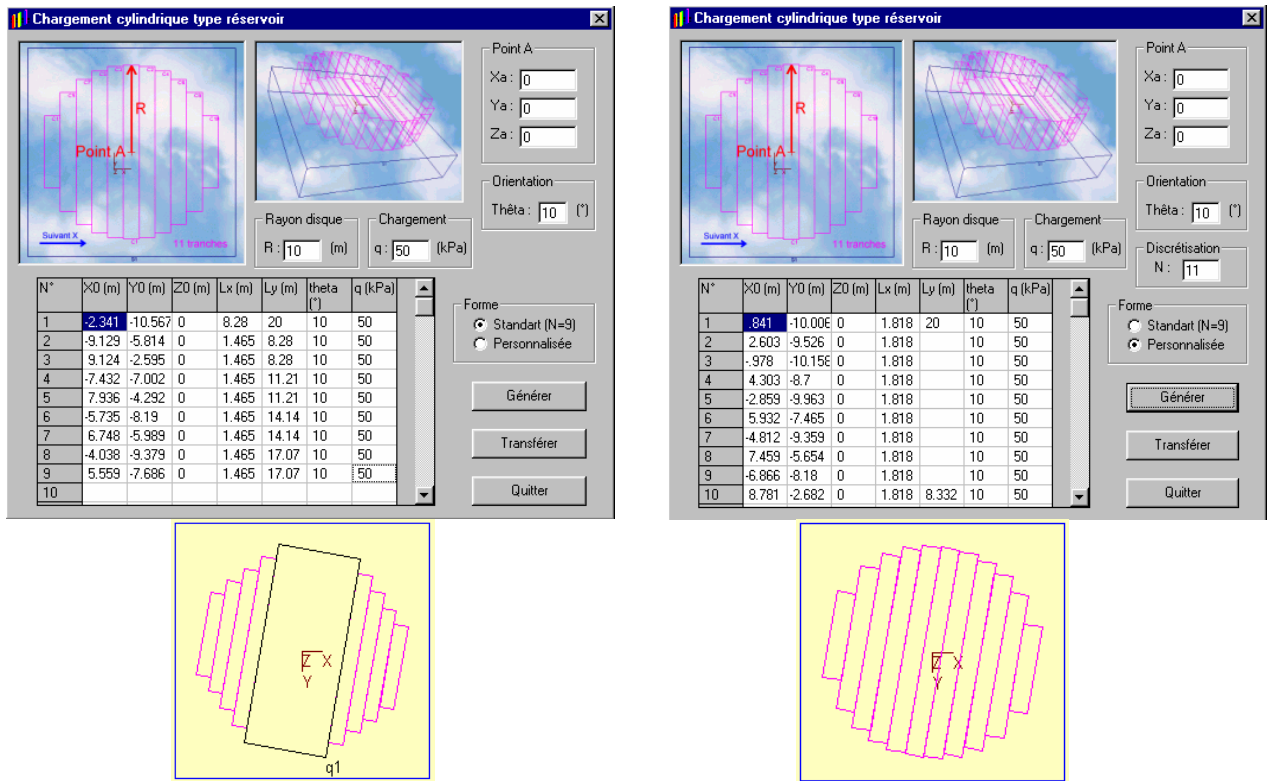


Figure D.10 : Module TASSELDO – Chargement cylindrique type réservoir.

Cette fenêtre de définition automatique de chargement permet de calculer la position, l'orientation et l'amplitude des rectangles de chargements pour des chargements cylindriques tels que les réservoirs par exemple.

Les données à introduire sont :

- Les coordonnées du centre du cylindre A (X_A, Y_A, Z_A);
- Le rayon R du disque;
- La valeur q du chargement uniforme sur l'ensemble du cylindre;
- L'orientation θ du repère local (Ox, Oy) du cylindre dans le repère global (Ox, Oy);
- La sélection d'une forme pour le cylindre : Symétrique par rapport à A ou Personnalisée auquel cas il sera nécessaire de définir également la discrétisation N du cylindre (Voir les figures correspondantes ci-dessus).

Le calcul des données $X_0, Y_0, Z_0, Lx, Ly, \theta$ et q, définissant chacun des rectangles représentant le chargement cylindrique, est activé par un clic sur le bouton **Générer**. Le transfert des valeurs calculées vers le module TASSELDO peut se faire de deux manières :

- Par un copier-coller d'une sélection FoXta du tableau ci-dessus vers le tableau de l'Onglet "Charges sur le sol" dans TASSELDO;
- Par l'utilisation du bouton **Transférer >>** qui recopie l'ensemble du contenu du tableau vers le tableau de TASSELDO. Les données sont tronquées si la place disponible n'est pas suffisante.

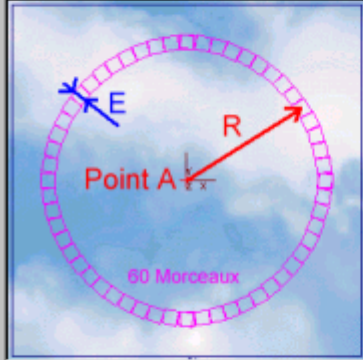
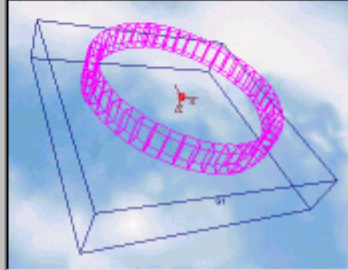
D.2.3.2. Onglet 3 : Charges sur le sol – Chargements annulaires

Chargement annulaire type couronne

Caractéristiques de la couronne

Point A
 Xa:
 Ya:
 Za:

Rayon du cercle R : (m)
 Nombre de morceaux N :
 Epaisseur de la couronne e : (m)
 Chargement q : (kPa)

Générer Quitter SANS Valider

N°	X0 (m)	Y0 (m)	Z0 (m)	Lx (m)	Ly (m)	theta (°)	q (kPa)
1	9.5	-.628	0	1	1.257	0	100
2	9.504	.567	0	1	1.257	7.2	100
3	9.358	1.754	0	1	1.257	14.4	100
4	9.064	2.913	0	1	1.257	21.6	100
5	8.628	4.026	0	1	1.257	28.8	100
6	8.055	5.076	0	1	1.257	36	100
7	7.355	6.045	0	1	1.257	43.2	100

Figure D.11 : Module TASSELDO – Chargement annulaire type couronne.

Cette fenêtre de définition automatique de chargements permet de calculer la position, l'orientation et l'amplitude des rectangles de chargement pour les chargements annulaires.

Les données à introduire sont :

- Les coordonnées du centre de la couronne A (X_A, Y_A, Z_A);
- Le rayon R de la fibre moyenne de la couronne;
- Le nombre de morceaux N définissant la couronne;
- L'épaisseur e de la couronne;
- La valeur q du chargement;

Le calcul des données X_0, Y_0, Z_0, L_x, L_y , θ et q, définissant chacun des rectangles représentant le chargement annulaire, est activé par un clic sur le bouton **Générer**. Le transfert des valeurs calculées vers le module TASSELDO peut se faire de deux manières :

- Par un copier-coller d'une sélection FoXta du tableau ci-dessus vers le tableau de l'Onglet "Charges sur le sol" dans TASSELDO;
- Par l'utilisation du bouton **>>** qui recopie l'ensemble du contenu du tableau vers le tableau de TASSELDO. Les données sont tronquées si la place disponible n'est pas suffisante.

D.2.3.3. Onglet 3 : Charges sur le sol – Chargements type Talus

Chargement pyramidal type talus

Caractéristiques de la pyramide

Point A
 Xa : 0
 Ya : 0
 Za : 0

Largeur l de la pyramide : 10 (m)
 Largeur totale de la pyramide lt : 15 (m)
 Longueur de la pyramide L : 10 (m)
 Nombre de tranches N : 15

Chargements
 q1 : 50 (kPa) q2 : 100 (kPa)
 q3 : 50 (kPa) q4 : 20 (kPa)

Direction
 Suivant X
 Suivant Y

Discretisation en 15 tranches

Généraliser

Quitter SANS Valider

N°	X0 (m)	Y0 (m)	Z0 (m)	Lx (m)	Ly (m)	theta (°)	q (kPa)
1	0	0	0	1	10	0	50
2	1	0	0	1	10	0	
3	2	0	0	1	10	0	
4	3	0	0	1	10	0	
5	4	0	0	1	10	0	

Figure D.12 : Module TASSELDO – Chargement pyramidal type talus.

Cette fenêtre de définition automatique de chargements permet de calculer la position, l'orientation et l'amplitude des rectangles de chargement pour les chargements pyramidaux.

Les données à introduire sont :

- Les coordonnées du point de référence A (X_A, Y_A, Z_A);
- Les largeurs l et l_t ainsi que la longueur L du talus. Ces paramètres sont illustrés sur la figure D.12.
- Les valeurs de chargements q_1 à q_4 situés respectivement au point A pour q_1 , en l pour q_2 et q_3 et en l_t pour q_4 .
- La direction de l'axe principal du chargement (X ou Y).

Le calcul des données $X_0, Y_0, Z_0, L_x, L_y, \theta$ et q , définissant chacun des rectangles représentant le chargement type talus, est activé par un clic sur le bouton **Généraliser**. Le transfert des valeurs calculées vers le module TASSELDO peut se faire de deux manières :

- Par un copier-coller d'une sélection FoXta du tableau ci-dessus vers le tableau de l'Onglet "Charges sur le sol" dans TASSELDO;
- Par l'utilisation du bouton **>>** qui recopie l'ensemble du contenu du tableau vers le tableau de TASSELDO. Les données sont tronquées si la place disponible n'est pas suffisante.

D.2.4. Onglet 4 : Dates pour les consolidations

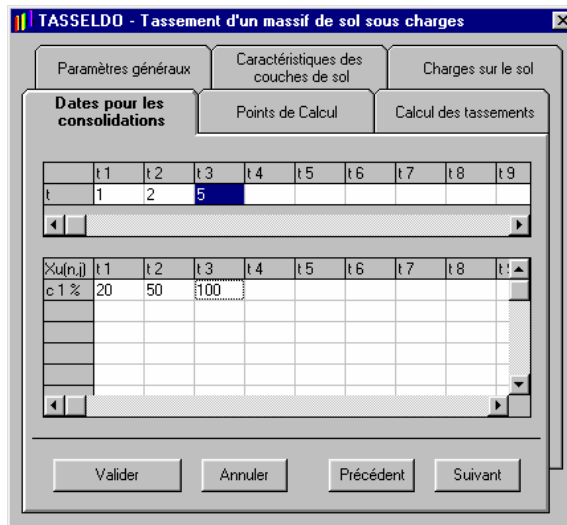


Figure D.13 : Module TASSELDO – Dates pour les consolidations.

Cet onglet est invisible par défaut. Pour le rendre visible, il est nécessaire de décocher la case à cocher "Pas de calcul de consolidation" de l'Onglet "Caractéristiques des couches de sol".

Les dates $t_1, t_2, \dots, t_i, \dots, t_{20}$ sont les dates considérées, croissantes. Pour chaque date, il est nécessaire de définir le pourcentage de consolidation de chaque couche $X_{u_i}(n,j)$. La valeur $X_{u_i} = 100$ correspond à une consolidation complète de la couche considérée.

A noter : Seules les couches actives doivent être complétées (50 couches maximum). Ces couches sont apparentes dans le tableau inférieur. Ici, seule la couche c1 est active.

Les pourcentages de consolidation saisis sont affectés à la base des couches actives. Lorsqu'une couche est subdivisée en plusieurs sous couches, le programme réalise une interpolation linéaire des consolidations afin d'affecter, pour chaque date, un pourcentage de consolidation cohérent avec la position de chaque sous-couche.

D.2.5. Onglet 5 : Points de calcul

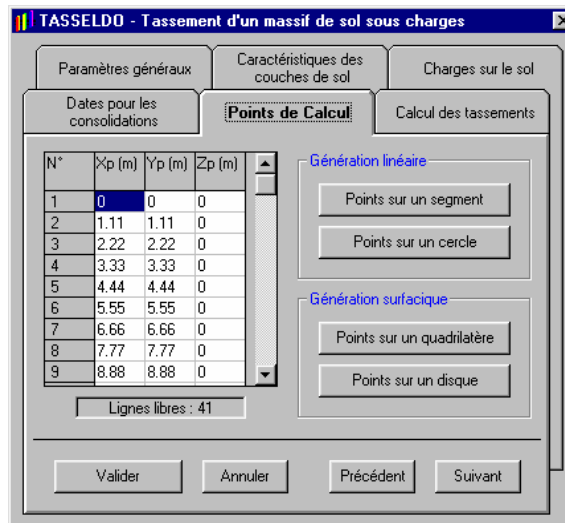


Figure D.14 : Module TASSELDO – Points de calcul.

Cet onglet permet de définir les points de calcul pour lesquels on souhaite évaluer le tassement et les contraintes. Les coordonnées d'un point de calcul $P(X_p, Y_p, Z_p)$ doivent être introduites dans le tableau présent sur cet onglet. Le tableau peut contenir jusqu'à 250 points. La valeur de "Lignes libres" permet de connaître le nombre de points de calcul pouvant encore être définis.

Il est recommandé de choisir une cote de début de calcul Z_p située sur une limite de couches.

Afin de faciliter la définition des points de calcul, il est possible de définir automatiquement des points en utilisant les boutons , , ou . La définition automatique des points est décrite dans les paragraphes 2.5.1 à 2.5.4.

A noter : Les tassements et contraintes sont calculés uniquement à partir de la cote du point considéré.

D.2.5.1. Onglet 5 : Points de calcul – Définition des points situés sur un segment AB

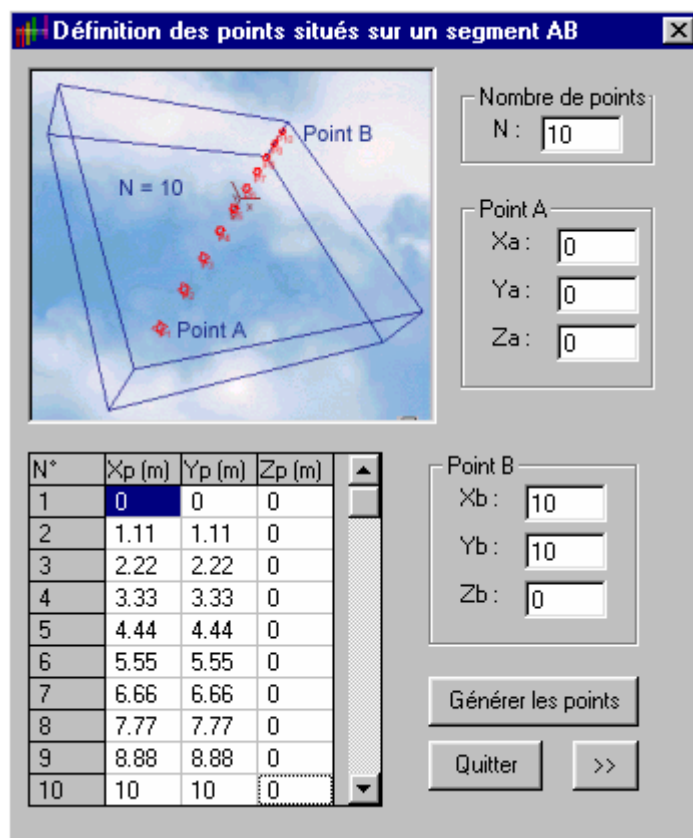


Figure D.15 : Module TASSELDO – Points de calcul -
Définition des points situés sur un segment AB.

Cette feuille permet de définir automatiquement des points alignés sur un segment décrit par deux points A et B. Pour ce faire, il est nécessaire de définir :

- le nombre de points souhaités N (y compris A et B) ;
- les coordonnées des points A (X_a , Y_a , Z_a) et B (X_b , Y_b , Z_b).

En cliquant sur le bouton **Générer les points**, le tableau situé sur la feuille en cours se remplit des coordonnées des points A et B et des N-2 points situés entre. Des tests sont effectués et des corrections apportées sur les données si le nombre maximal de points de calcul est atteint.

Le transfert des coordonnées des points ainsi définis peut se faire de deux manières :

- en cliquant sur le bouton **>>**, auquel cas les coordonnées sont automatiquement envoyées vers le tableau de l'Onglet "Points de calcul". A noter que les données sont recopiées sous les données déjà introduites dans le tableau. Si lors de la copie le nombre maximum est atteint, une partie des données est tronquée ;
- en sélectionnant les points intéressants et en les copiant et collant à l'aide du bouton droit de la souris (voir Partie C – Tour d'horizon).

Le bouton **Quitter** permet de fermer la feuille. Les points non copiés sont alors perdus.

D.2.5.2. Onglet 5 : Points de calcul – Définition des points situés sur un cercle

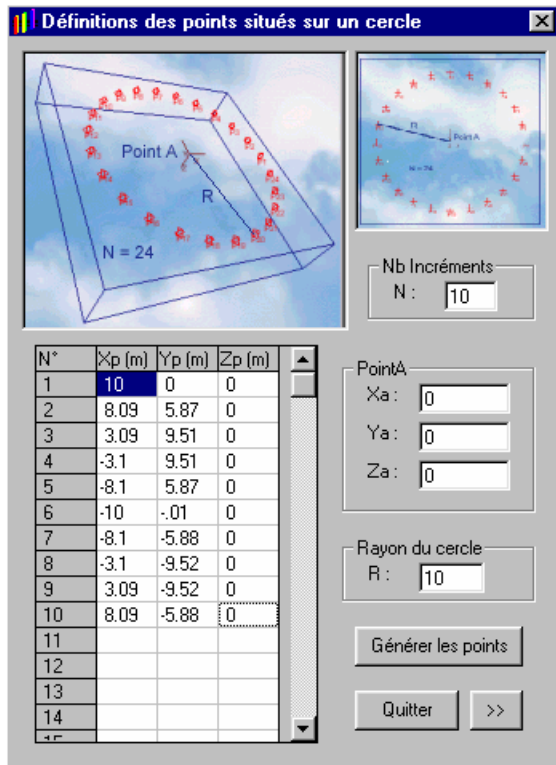


Figure D.16 : Module TASSELDO – Points de calcul - Définition des points situés sur un cercle.

Cette feuille permet de définir automatiquement des points situés sur un cercle de centre A et de rayon R. Pour ce faire, il est nécessaire de définir :

- les coordonnées du point A (X_a , Y_a , Z_a);
- le rayon du cercle R;
- le nombre N de points:

En cliquant sur le bouton **Générer les points**, le tableau situé sur la feuille en cours se remplit des coordonnées des points ainsi calculés. Des tests sont effectués et des corrections apportées sur les données si le nombre maximal de points de calcul est atteint.

Le transfert des coordonnées des points ainsi définis peut se faire de deux manières :

- en cliquant sur le bouton **>>**, auquel cas les coordonnées sont automatiquement envoyées vers le tableau de l'Onglet "Points de calcul". Les données sont recopiées sous les données déjà introduites dans le tableau. Si lors de la copie le nombre maximum est atteint, une partie des données est tronquée ;
- en sélectionnant les points intéressants et en les copiant et collant à l'aide du bouton droit de la souris (voir Partie C – Tour d'horizon).

Le bouton **Quitter** permet de fermer la feuille. Les points non copiés sont alors perdus.

D.2.5.3. Onglet 5 : Points de calcul – Définition des points situés sur un quadrilatère ABCD

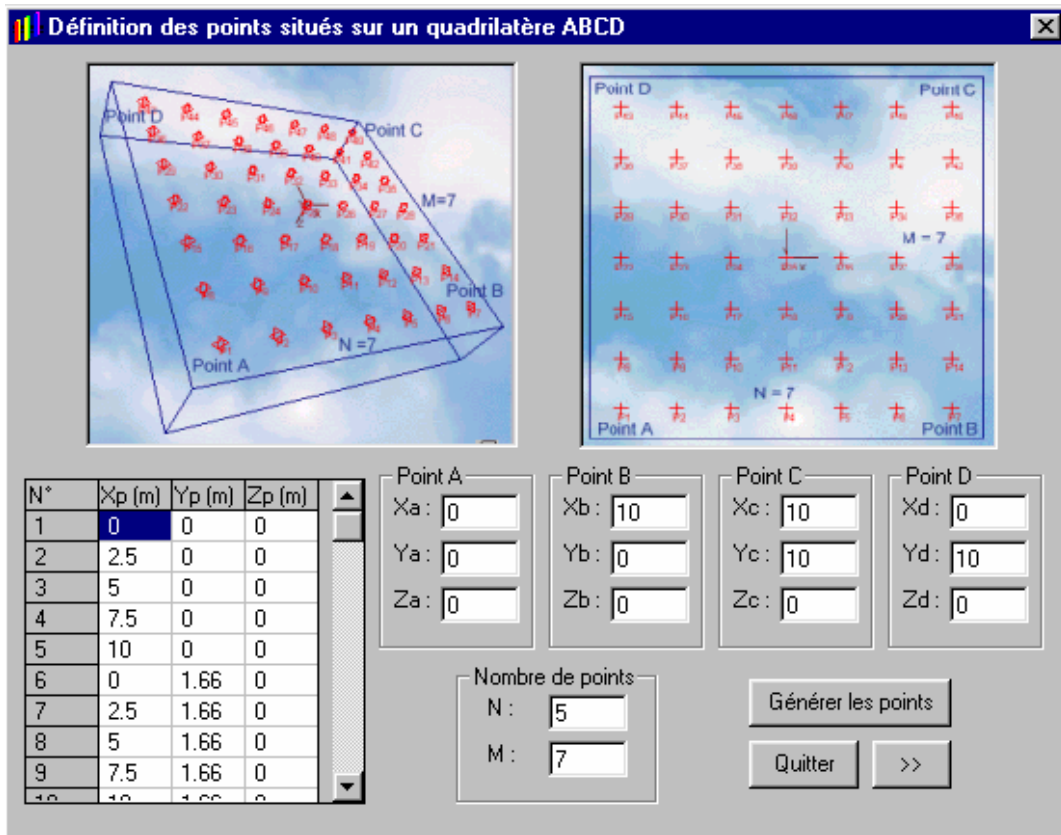
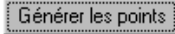



Figure D.17 : Module TASSELDO – Points de calcul- Définition des points situés sur un quadrilatère ABCD.


Cette feuille permet de définir automatiquement des points situés à l'intérieur d'un quadrilatère décrit par quatre points A, B, C et D. Pour ce faire, il est nécessaire de définir :

- les coordonnées des points A (X_a, Y_a, Z_a), B (X_b, Y_b, Z_b), C (X_c, Y_c, Z_c), D (X_d, Y_d, Z_d).
- le nombre de points souhaités N (nombre de lignes - suivant x) et M (nombre de colonnes - suivant y) (y compris les extrémités A, B, C et D) ;

En cliquant sur le bouton , le tableau situé sur la feuille en cours se remplit des coordonnées des points ainsi calculés. Des tests sont effectués et des corrections apportées sur les données si le nombre maximal de points de calcul est atteint.

Le transfert des coordonnées des points ainsi définis peut se faire de deux manières :

- en cliquant sur le bouton , auquel cas les coordonnées sont automatiquement envoyées vers le tableau de l'Onglet "Points de calcul". A noter que les données sont recopiées sous les données déjà introduites dans le tableau. Si lors de la copie le nombre maximum est atteint, une partie des données est tronquée ;
- en sélectionnant les points intéressants et en les copiant et collant à l'aide du bouton droit de la souris (voir Partie C – Tour d'horizon).

Le bouton  permet de fermer la feuille. Les points non copiés sont alors perdus.

D.2.5.4. Onglet 5 : Points de calcul – Définition des points situés sur un disque

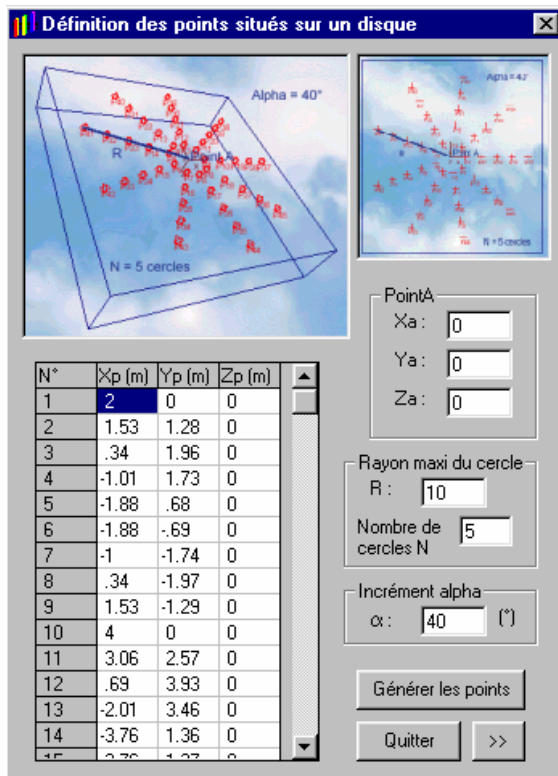


Figure D.18 : Module TASSELDO – Points de calcul - Définition des points situés sur un disque.

Cette feuille permet de définir automatiquement des points situés sur un disque de centre A, de rayon maximal R et un nombre de cercles N. Pour ce faire, il est nécessaire de définir :

- les coordonnées du point A (X_a , Y_a , Z_a);
- le rayon du cercle maximal R;
- le nombre de cercles N concentriques sur le disque ;
- le nombre M de points souhaités est défini par la valeur de l'incrément α (°):

$$M = N * \text{Partie entière}(360/\alpha)$$

En cliquant sur le bouton **Générer les points**, le tableau situé sur la feuille en cours se remplit des coordonnées des points ainsi calculés. Des tests sont effectués et des corrections apportées sur les données si le nombre maximal de points de calcul est atteint.

Le transfert des coordonnées des points ainsi définis peut se faire de deux manières :

- en cliquant sur le bouton [$>>>$], auquel cas les coordonnées sont automatiquement envoyées vers le tableau de l'Onglet 5. A noter que les données sont recopiées sous les données déjà introduites dans le tableau. Si lors de la copie le nombre maximum est atteint, une partie des données est tronquée ;
- en sélectionnant les points intéressants et en les copiant et collant à l'aide du bouton droit de la souris (voir Partie C – Tour d'horizon).

Le bouton **Quitter** permet de fermer la feuille. Les points non copiés sont alors perdus.

D.2.6. Onglet 6 : Calcul des tassements

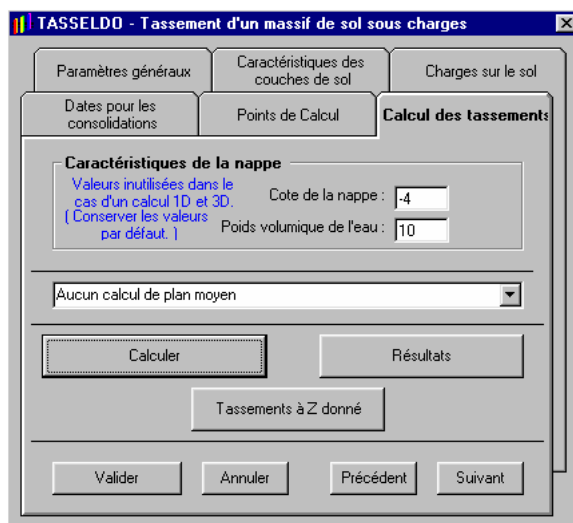


Figure D.19 : Module TASSELDO – Calcul des tassements.

Ce dernier onglet permet de définir les derniers paramètres et de lancer les calculs. Les deux données suivantes sont indispensables :

- La Cote de la nappe
- Le Poids volumique de l'eau introduit dans une unité cohérente avec celles choisies pour le projet (kN/m^3 ou MN/m^3);

Il est également possible de demander (ou non) le calcul d'un plan moyen de tassement en sélectionnant dans la liste déroulante le choix qui convient :

- Aucun calcul de plan moyen ;
- Calcul du plan moyen t1D qui correspond aux tassements unidimensionnels ;
- Calcul du plan moyen t3D qui correspond aux tassements tridimensionnels ;
- Calcul du plan moyen toedo qui correspond aux tassements oedométriques.

Ce plan moyen est calculé sur la base des résultats des tassements des différents points de calculs définis.


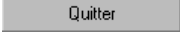
Le bouton **Calculer** exécute la procédure de calcul du module TASSELDO. Une fenêtre particulière indique que les calculs sont en cours. Elle informe également sur la présence et la validité de la clé électronique nécessaire à l'utilisation du module TASSELDO. La fenêtre se referme automatiquement dès que le calcul est terminé.

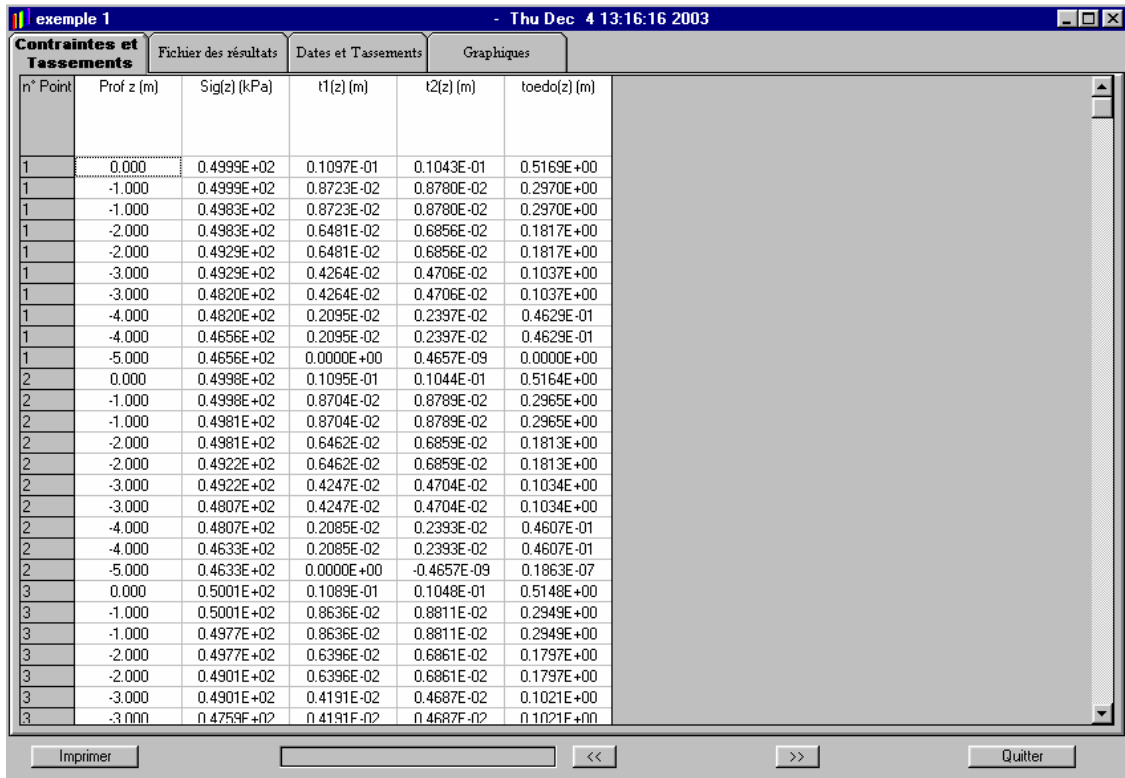
Il devient alors possible d'exploiter les résultats des calculs à l'aide des boutons **Résultats** et **Tassements à Z donné**.

D.2.6.1. Résultats

L'utilisation de la fenêtre des tableaux des résultats est décrite en détail dans la partie C. Tour d'horizon. Pour TASSELDO, les quatre onglets se réfèrent aux données suivantes :

- Onglet 1 : le tableau contenant les contraintes et tassements au droit des points de calcul, en fonction de la cote z (m) (voir figure D.20).
- Onglet 2 : c'est un éditeur de texte qui contient une synthèse des données de calcul et des résultats (voir figure D.21)
- Onglet 3 : le tableau contenant les dates et les tassements. Il est généralement vide, sauf si vous avez effectué un calcul avec consolidation. Un graphique des données est associé (voir figure D.22).
- Onglet 4 : L'utilisation de la fenêtre des graphiques des tassements est décrite en détail dans la partie C – Tour d'horizon. Pour TASSELDO, les choix d'affichage possibles sont au nombre de quatre maximum (voir figure D.23):
 - La contrainte σ_{zz} en fonction de la cote z ;
 - Le tassement 1D en fonction de la cote z ;
 - Le tassement 3D en fonction de la cote z ;
 - Le tassement oedométrique en fonction de la cote z ;

Toutes ces informations peuvent être imprimées à l'aide du bouton . En cours de chargement, le bouton [Arrêter] permet d'interrompre un chargement très long. Le bouton  permet de sortir de la feuille des résultats de calcul.



n° Point	Prof z (m)	Sig(z) (kPa)	t1(z) (m)	t2(z) (m)	toedo(z) (m)
1	0.000	0.4999E+02	0.1097E-01	0.1043E-01	0.5169E+00
1	-1.000	0.4999E+02	0.8723E-02	0.8780E-02	0.2970E+00
1	-1.000	0.4983E+02	0.8723E-02	0.8780E-02	0.2970E+00
1	-2.000	0.4983E+02	0.6481E-02	0.6856E-02	0.1817E+00
1	-2.000	0.4929E+02	0.6481E-02	0.6856E-02	0.1817E+00
1	-3.000	0.4929E+02	0.4264E-02	0.4706E-02	0.1037E+00
1	-3.000	0.4820E+02	0.4264E-02	0.4706E-02	0.1037E+00
1	-4.000	0.4820E+02	0.2095E-02	0.2397E-02	0.4629E-01
1	-4.000	0.4656E+02	0.2095E-02	0.2397E-02	0.4629E-01
1	-5.000	0.4656E+02	0.0000E+00	0.4657E-09	0.0000E+00
2	0.000	0.4998E+02	0.1095E-01	0.1044E-01	0.5164E+00
2	-1.000	0.4998E+02	0.8704E-02	0.8789E-02	0.2965E+00
2	-1.000	0.4981E+02	0.8704E-02	0.8789E-02	0.2965E+00
2	-2.000	0.4981E+02	0.6462E-02	0.6859E-02	0.1813E+00
2	-2.000	0.4922E+02	0.6462E-02	0.6859E-02	0.1813E+00
2	-3.000	0.4922E+02	0.4247E-02	0.4704E-02	0.1034E+00
2	-3.000	0.4807E+02	0.4247E-02	0.4704E-02	0.1034E+00
2	-4.000	0.4807E+02	0.2085E-02	0.2393E-02	0.4607E-01
2	-4.000	0.4633E+02	0.2085E-02	0.2393E-02	0.4607E-01
2	-5.000	0.4633E+02	0.0000E+00	-0.4657E-09	0.1863E-07
3	0.000	0.5001E+02	0.1089E-01	0.1048E-01	0.5148E+00
3	-1.000	0.5001E+02	0.8636E-02	0.8811E-02	0.2949E+00
3	-1.000	0.4977E+02	0.8636E-02	0.8811E-02	0.2949E+00
3	-2.000	0.4977E+02	0.6396E-02	0.6861E-02	0.1797E+00
3	-2.000	0.4901E+02	0.6396E-02	0.6861E-02	0.1797E+00
3	-3.000	0.4901E+02	0.4191E-02	0.4687E-02	0.1021E+00
3	-3.000	0.4759E+02	0.4191E-02	0.4687E-02	0.1021E+00

Figure D.20: Module TASSELDO – Contraintes et tassements.

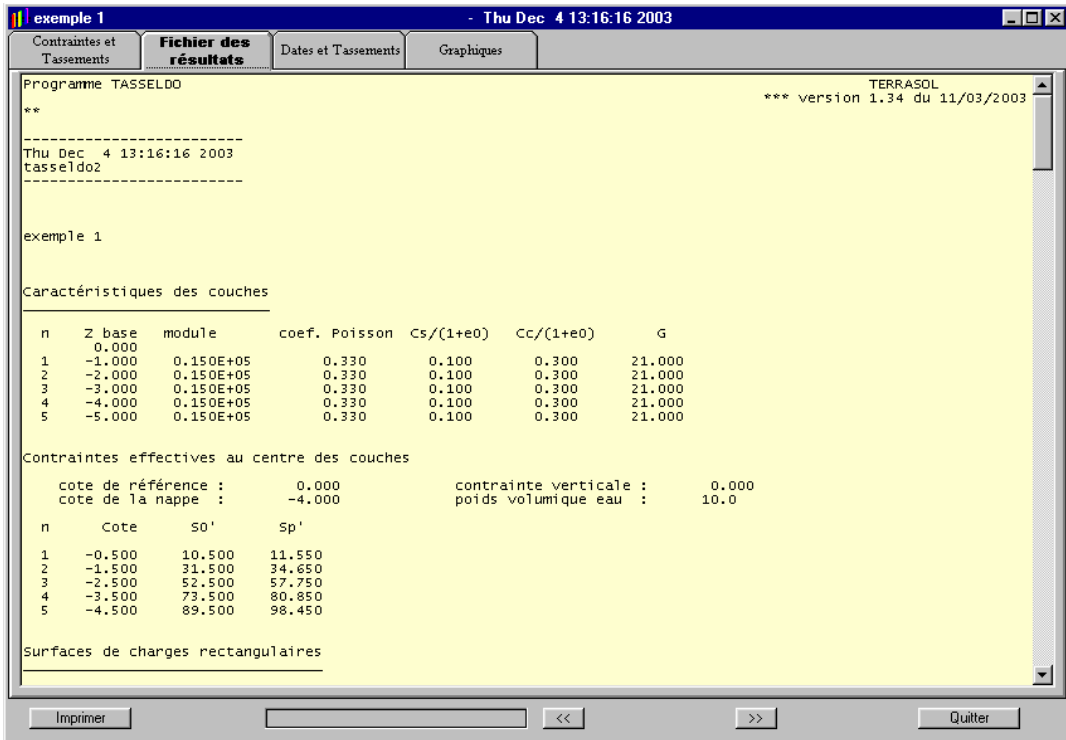


Figure D.21 : Module TASSELDO – Fichier des résultats

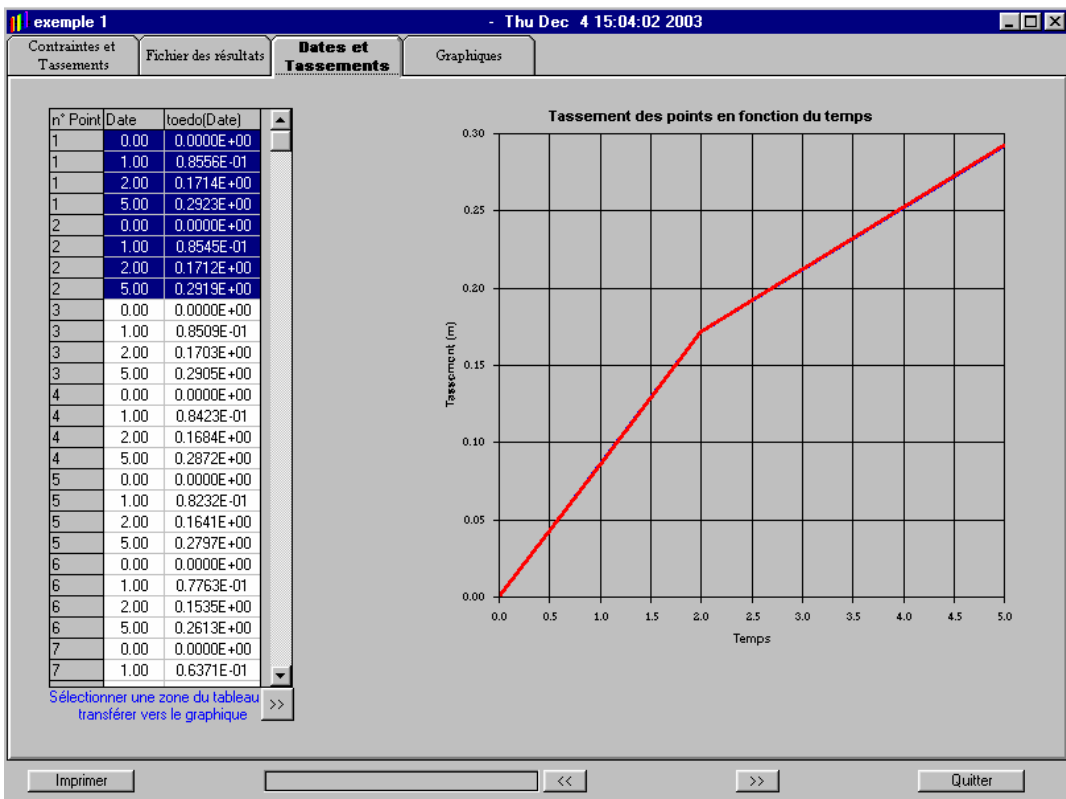


Figure D.22: Module TASSELDO – Dates et tassements.

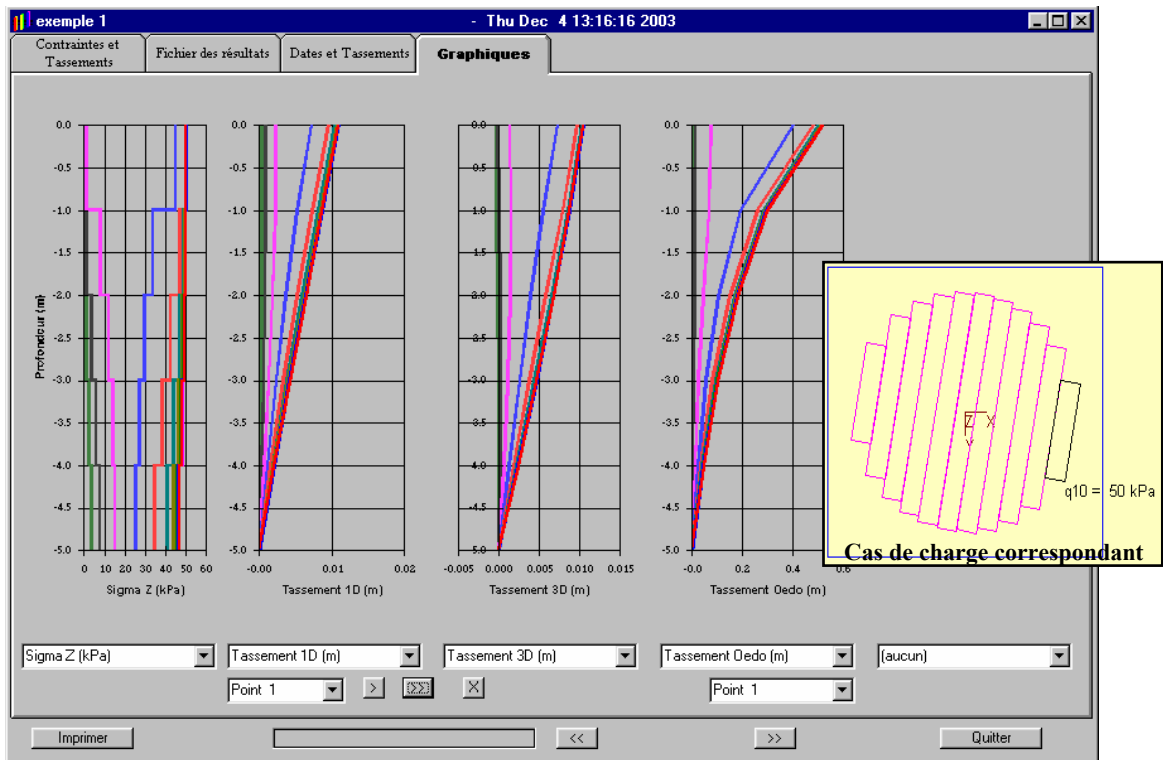


Figure D.23 : Module TASSELDO – Graphiques des tassements.

D.2.6.2. Tassements à z donné

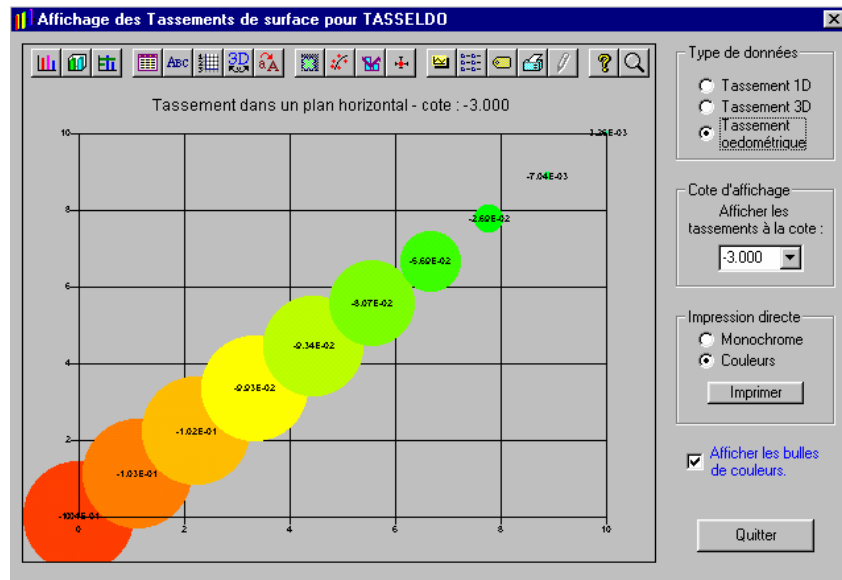




Figure D.24 : Module TASSELDO – Tassements à Z donné

Cette fenêtre permet de visualiser l'intensité des tassements pour une cote Z donné. Dans l'exemple présenté ci-dessus, les bulles en couleurs illustrent la répartition des valeurs de tassement oedométrique dans le plan (OXY) à la cote $Z = -3$

Ce graphe peut être imprimé à l'aide du bouton  et le bouton  permet de sortir de cette feuille.

D.3. EXEMPLES DE CALCUL TASSELDO

D.3.1. Exemple 1

D.3.1.1 Présentation du problème

Le premier exemple s'organise en deux parties :

- tassement unidimensionnel et tridimensionnel de trois couches de sol sous l'action d'une charge rectangulaire,
- tassement oedométrique dans les mêmes conditions.

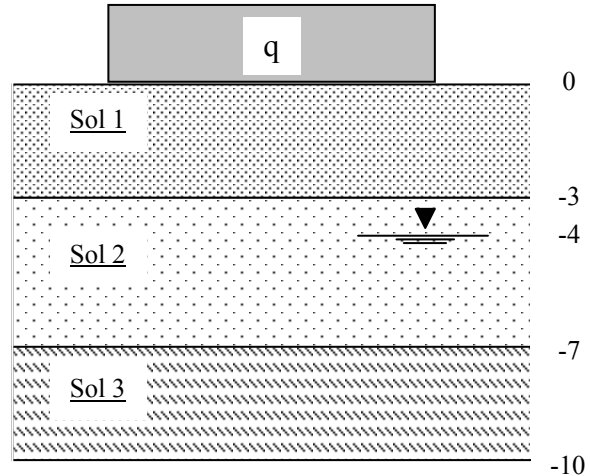


Figure D.25 : Exemple 1

Les données numériques de ce problème sont :

	Cote		E (kPa)	ν	$C_s/(1+e_0)$	$C_c/(1+e_0)$	t_c	γ (kN/m ³)	q (kPa)	Larg. (m)	Long. (m)
	tête	piéd									
Sol 1	0	-3.0	15000	0.33	0.1	0.3	1.1	21	-	-	-
Sol 2	-3.0	-7.0	18000	0.33	0.1	0.3	1.0	20	-	-	-
Sol 3	-7.0	-10	21000	0.33	0.1	0.5	1.3	23	-	-	-
Surcharge	0.0		-	-	-	-	-	-	100	10	20
Nappe	-4.0		-	-	-	-	-	10	-	-	-

Tableau 1 : Données numériques pour l'exemple 1

D.3.1.2. Saisie des données

◆ Ouverture de FOXTA

1°) Entrer et valider les données concernant le projet dans la fenêtre "Titre – n° Affaire – Commentaires".

Figure D.26 : Titre – n° Affaire - Commentaires

2°) La fenêtre "Base de données générales des caractéristiques des couches de sol" apparaît. Le remplissage des cases de cette fenêtre n'est pas obligatoire (cliquer alors simplement sur l'un des boutons au choix) mais permet de garder en mémoire les caractéristiques des couches de sol pour les différents modules. Pour cet exemple, dans la partie supérieure, cocher l'option "Tasseldo sans calcul oedométrique", ce qui permet d'afficher uniquement les deux colonnes nécessaires.

N°	Nom de la couche de sol	Module d'Young E (kPa)	Coefficient de Poisson nu
1	sol1	15000	0.33
2	sol2	18000	0.33
3	sol3	21000	0.33
4			
5			
6			
7			
8			
9			
10			
11			
12			
13			
14			

Figure D.27 : Base de données générales des caractéristiques des couches de sol

3°) Introduire les données correspondantes et cliquer sur le bouton "Valider et Mettre à jour les données dans les modules de calcul actifs". La fenêtre disparaît.

A présent, la fenêtre principale ne contient plus que la fenêtre de "Graphique Tridimensionnel".

◆ Nouveau module

4°) Créer un module TASSELDO dans ce nouveau projet en cliquant sur le menu "Modules", puis "Nouveau module". La fenêtre "Enregistrer sous" apparaît. Introduire un nom et un chemin de sauvegarde. Valider.

5°) La fenêtre "Choix du module de calcul" s'affiche alors. Cliquer sur l'image correspondant à TASSELDO.

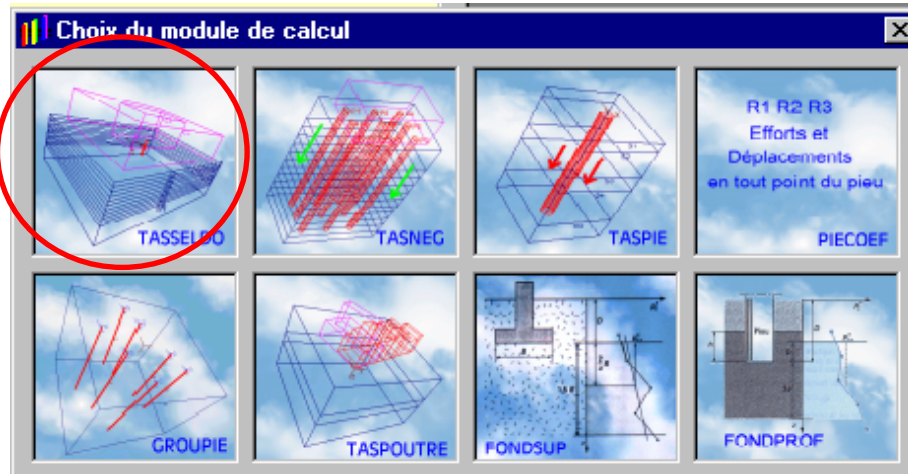


Figure D.28 : Choix du module de calcul

La fenêtre TASSELDO apparaît alors. Avant d'exécuter un calcul TASSELDO, il est nécessaire de compléter les différents onglets.

◆ Fenêtre TASSELDO

6°) Le premier onglet nommé "Paramètres généraux", contient :

- le titre : pour cet exemple on notera simplement "Exemple 1"
- la cote de référence qui correspond à la cote du toit de la couche supérieure (ici 0 m)
- la contrainte verticale effective au toit de la couche supérieure, qui n'est pas utilisée dans cet exemple.
- le type d'impression, normal ou détaillé. On se contentera pour ce premier exemple d'une impression normale

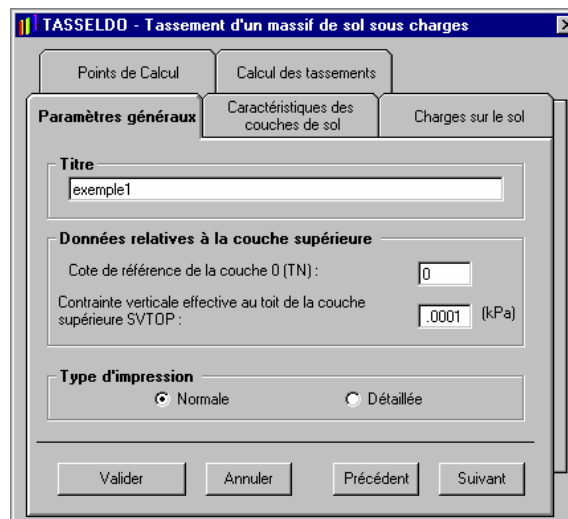


Figure D.29 : Onglet Paramètres généraux

7°) A chaque clic sur le bouton [Valider], la représentation graphique est mise à jour en fonction des nouvelles données entrées.

8°) Le second onglet concerne la définition des couches de sols. Grâce à la base de données, au lieu de remplir manuellement les cases, il suffit de sélectionner la couche de sol. En double-cliquant dans la première colonne "Nom de la couche", la boîte de dialogue "Famille des couches de sols" apparaît et permet de choisir une couche.

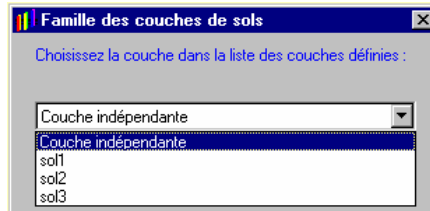


Figure D.30 : Famille des couches de sols



Figure D.31 : Caractéristiques des couches de sol

Pour cet exemple, les "sol 1", "sol 2" et "sol 3" sont utilisés respectivement dans la première, la seconde et la troisième ligne. Ainsi toutes les colonnes sont complétées exceptées celles définissant la côte de la base de la couche et le nombre de discrétisation de la couche qu'il est alors nécessaire de compléter manuellement. La discrétisation choisie est : une division en 3 couches pour le premier sol, en quatre pour le second et en trois pour le dernier.

9°) En partie inférieure de cet onglet, un choix est possible pour le type de calcul de tassement. Nous nous limitons dans cette première partie aux calculs unidimensionnel et tridimensionnel, c'est pourquoi la première option doit être cochée.

10°) Dans le troisième onglet "Charges sur le sol", l'utilisateur définit les charges sur le sol. Nous utilisons ici un seul parallélépipède simple, de densité 100 kPa, de longueur 20 m et de largeur 10 m. Il est également nécessaire de signaler au programme les coordonnées d'un point de référence. Aussi, nous supposons dans cet exemple que le point de référence du parallélépipède est situé au point (0, 0, 0).

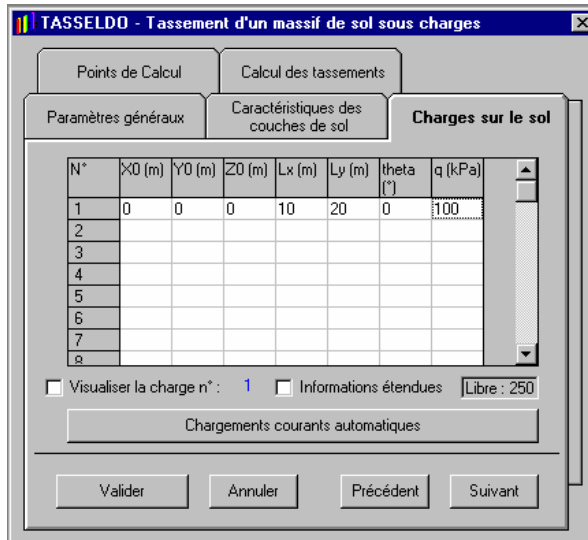


Figure D.32 : Charges sur le sol

11°) Le bouton "Chargements courants automatiques" n'est pas utilisé dans cet exemple car le chargement est dans la configuration la plus simple. Cette fonctionnalité est utilisée dans l'exemple 2.

12°) Le quatrième onglet "Points de calcul" a pour objet de définir des points pour le calcul du tassement. Ce choix doit se faire en fonction des besoins de l'étude. Nous avons choisi ici des points superficiels et profonds, aussi bien sous la surface de la charge qu'à l'extérieur.

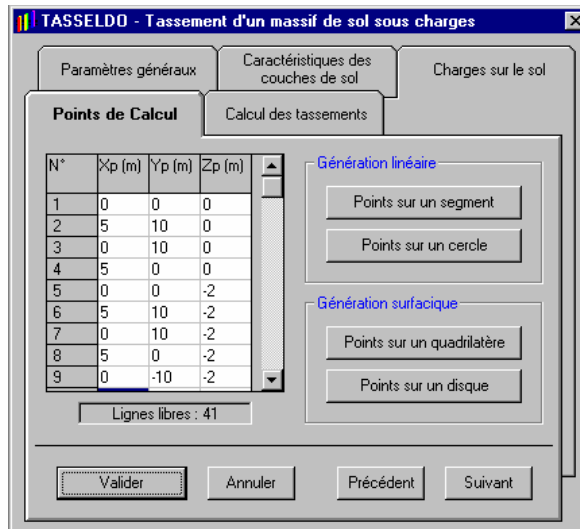


Figure D.33 : Points de calcul

Après avoir défini ces points et validé, ils apparaissent sur la figure tridimensionnelle.

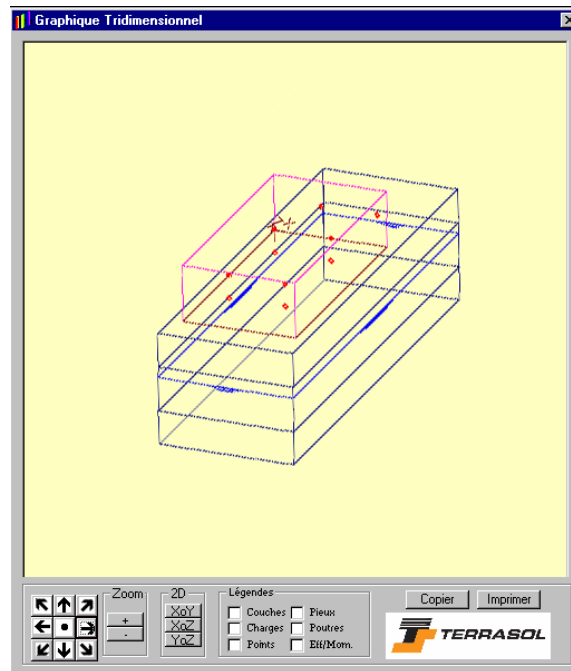


Figure D.34 : Graphique Tridimensionnel de l'étude TASSELDO

13°) Enfin le dernier onglet "Calcul des tassements" permet la définition de paramètres de base tels que :

- les caractéristiques de la nappe : sa cote (-4 m pour l'exemple)
son poids volumique (en général 10 kN/m³)
- l'option du calcul de plan moyen de déformation basé sur les points de calcul définis (pas utilisée dans cet exemple).

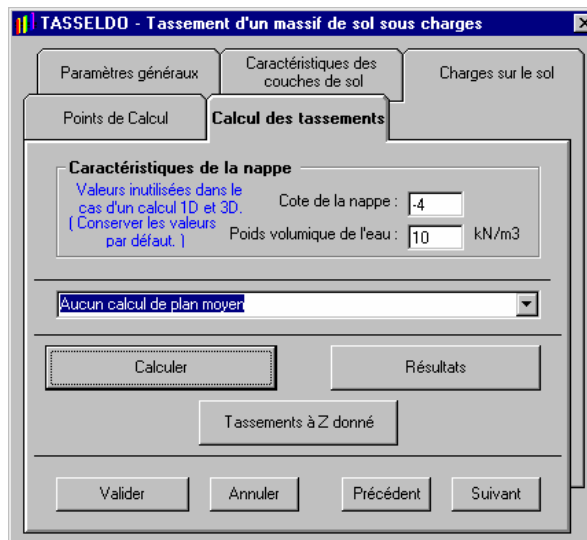


Figure D.35 : Calcul des tassements

14°) Toutes les données étant saisies, il est conseillé alors de réaliser une sauvegarde en cliquant sur "Enregistrer" dans le menu "Fichier" ou en cliquant sur le bouton correspondant dans la barre des boutons.

15°) L'onglet "Calcul des tassements" est également destiné à lancer les calculs. Cliquer sur le bouton [Calculer].

16°) Cet onglet permet enfin de visualiser les résultats sous forme de tableaux et de graphiques (Bouton [Résultats]).

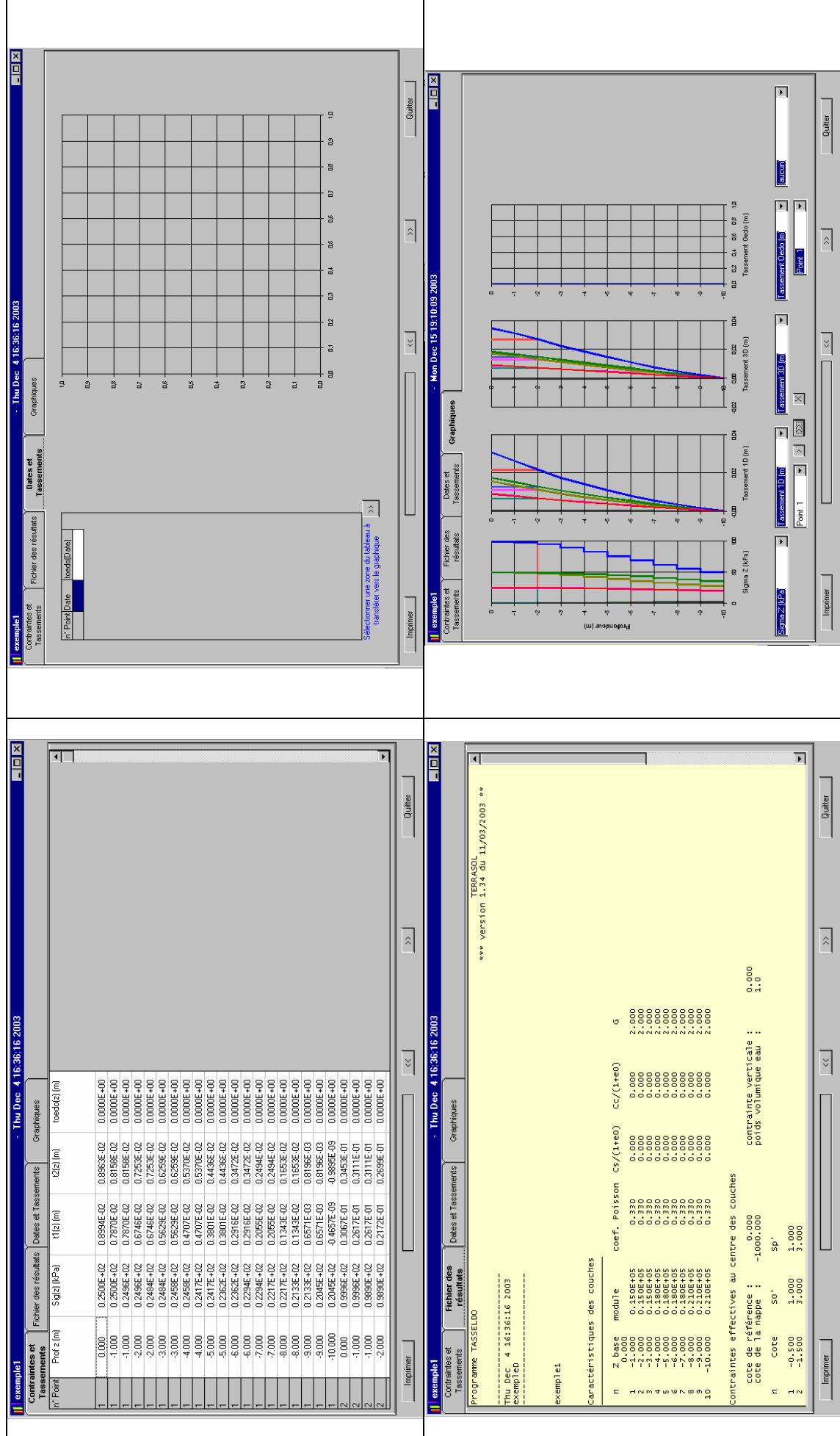


Figure D.36 : Exploitation des Tableaux et des graphiques de résultats

17°) Tout en restant, dans le même fichier, il est possible de modifier les données saisies et de recalculer en réitérant les mêmes commandes que précédemment. Par exemple, pour calculer le tassement oedométrique, il est nécessaire de revenir dans l'onglet "Caractéristiques des couches de sols" et de cocher l'option "Elastique 3D, 1D et oedométrique". De nouvelles colonnes apparaissent alors dans le tableau des caractéristiques de sols.

18°) Afin de pouvoir réutiliser les données entrées, la base de données doit être complétée. Ouvrir la fenêtre de la base de données en cliquant dans le menu "Données générales" puis "Données dans la base des caractéristiques des couches de sols". Cocher l'option "Tasseldo avec calcul oedométrique". Les données saisies précédemment sont toujours présentes. Compléter les autres colonnes en vous référant à la figure ci-dessous.

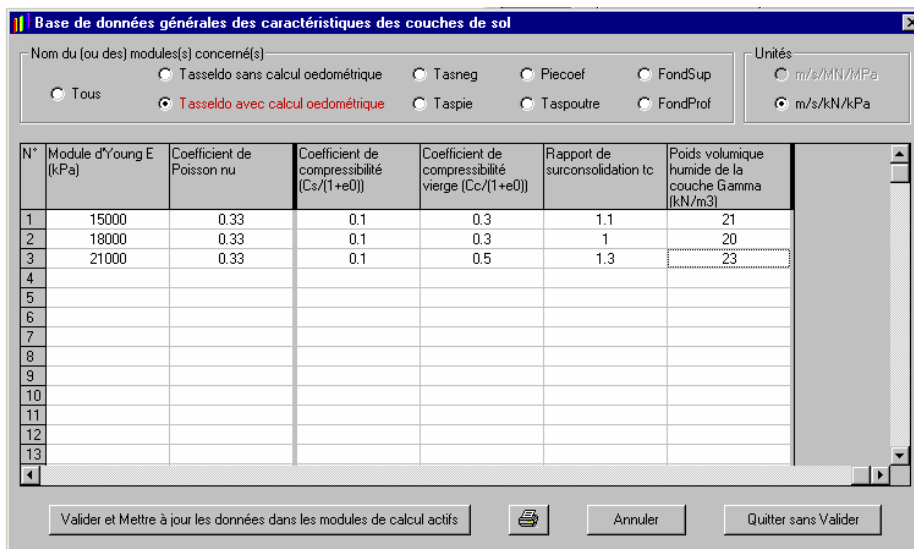


Figure D.37 : Base de données générales pour un calcul TASSELDO avec calcul oedométrique

19°) Valider la base de données et Valider également les données situées dans l'onglet "Caractéristiques des couches de sol".

20°) Enregistrer le projet sous un autre nom (Exemple1bis par exemple) et Calculer à nouveau. Pour exploiter les résultats, utiliser la même méthode que précédemment. (Voir également la partie C de la notice).

D.3.2. Exemple 2

D.3.2.1. Présentation du problème

Cet exemple reprend le même profil de sols que le précédent. Cependant la charge est ici de forme annulaire et les points de calculs seront choisis de manière à ce qu'ils soient répartis sur un disque de rayon supérieur à celui de la charge.

En outre, cet exemple utilise un calcul de plan moyen du tassement 1D et le tassement oedométrique du sol est observé en fonction du temps.

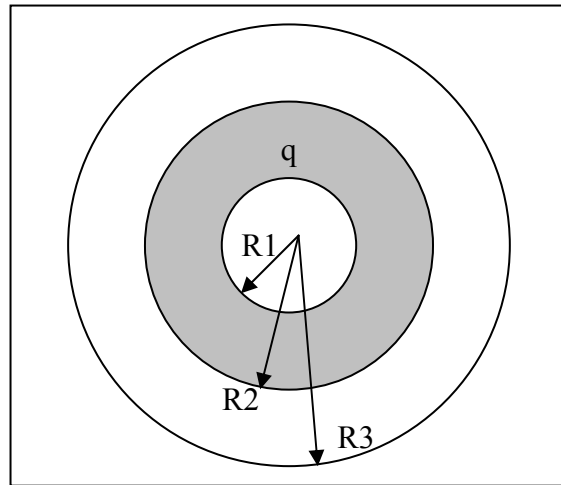


Figure D.38 : Chargement annulaire q

Données numériques supplémentaires :

Charge : densité : $q = 100\text{kPa}$

Rayon intérieur : $R_1 = 5.5\text{m}$

Rayon extérieur : $R_2 = 6.5\text{m}$

Points de calculs :

Sur un disque centré sur l'anneau et de rayon $R_3 = 10\text{ m}$

Dates et taux de consolidation :

Date (jours)		1	2	5
Taux de consolidation (%)	Sol 1	40	70	100
	Sol 2	50	80	100
	Sol 3	70	95	100

D.3.2.2. Saisie des données

1°) Créer un nouveau projet dans le menu "Fichier" en cliquant sur "Nouveau projet"

2°) Après avoir complété et validé les fenêtres "Enregistrer sous" et "Titre – n° Affaire – Commentaires", la fenêtre de base de données apparaît.

Figure D.39 : Titre - n° Affaire et Commentaires

3°) Les données de sols étant les mêmes que dans le projet précédent, il est possible d'importer les valeurs de la base de données de l'exemple 1. Pour cela, lorsque la fenêtre "Base de données générales des caractéristiques des couches de sols" est active, il suffit de cliquer dans la partie supérieure sur le menu "Base de données" et sélectionner "Importer une base de données". Une fenêtre "Ouvrir" est affichée avec toutes les bases de données disponibles (fichiers *.bxt). Après avoir choisi le fichier "exemple1.bxt" et validé, le tableau se remplit automatiquement et la base de données de "Exemple 2" est alors complétée.

4°) Créer un nouveau module Tasseldo. La fenêtre Tasseldo s'affiche. Les onglets doivent être complétés.

5°) Excepté le titre du projet, le premier onglet est rempli de la même manière que pour l'exemple 1 (étape 6).

6°) Le second onglet contient les caractéristiques des couches de sols. Ici également, les données sont similaires à celles de l'exemple 1. Toutefois, afin de pouvoir faire un calcul de tassement en fonction du temps, l'option "Elastique 3D, 1D et oedométrique" doit être sélectionnée et la case "Pas de calcul de consolidation" doit être décochée. En décochant cette case un sixième onglet apparaît. Il est nommé "Dates pour les consolidations"

7°) Pour l'onglet "Charges sur le sol", Utiliser le bouton "Chargements courants automatiques" (dans la partie inférieure de l'onglet) pour créer un chargement annulaire. Sélectionner le chargement correspondant.

8°) La fenêtre "Chargement annulaire type couronne" apparaît alors à l'écran. Les données à introduire sont :

- les coordonnées du centre de la couronne : (0, 0, 0)
- le rayon du cercle de base de la couronne : $\frac{5.5 + 6.5}{2} = 6 \text{ m}$
- le nombre de parallélépipèdes permettant de créer la couronne : 50
- l'épaisseur de la couronne : $6.5 - 5.5 = 1 \text{ m}$
- la densité de charge : $q = 100 \text{ kPa}$

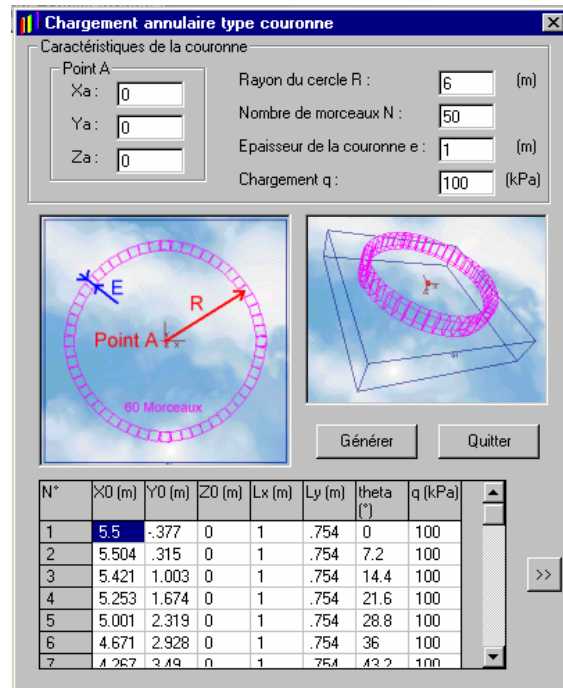



Figure D.40 : Chargement annulaire

Une fois ces données entrées, appuyer sur le bouton "Générer" pour calculer les rectangles correspondants. Pour transférer les données dans la feuille Tasseldo du projet, il suffit de faire un "Copier-Coller" d'une sélection FOXTA" grâce au clic droit de la souris, ou d'utiliser le bouton  de transfert automatique.

Appuyer sur "Quitter" pour fermer la fenêtre des chargements annulaires.

9°) L'onglet concernant les dates de consolidation doit être complété conformément à la figure suivante. La ligne supérieure contient les dates et les trois lignes inférieures correspondent aux trois couches de sols et à leur degré de consolidation respectif, exprimé en pourcentage, en fonction des dates.

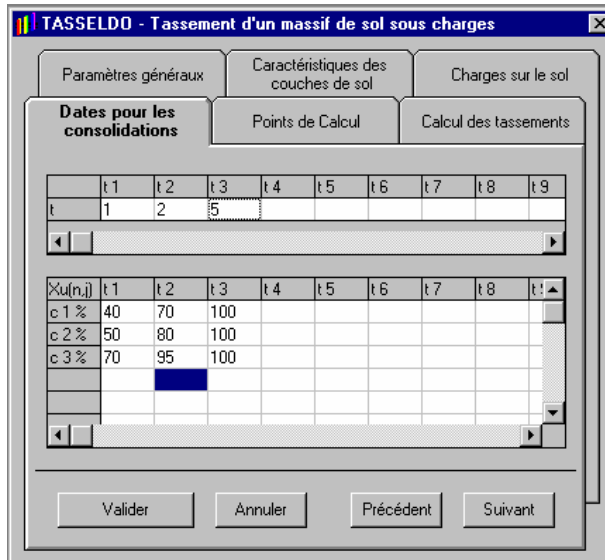


Figure D.41 : Dates pour les consolidations

10°) Dans l'onglet "Points de calcul", il est possible de générer les points sur la surface d'un disque. Pour cela cliquer sur le bouton "Points sur un disque" et compléter la fenêtre suivante :

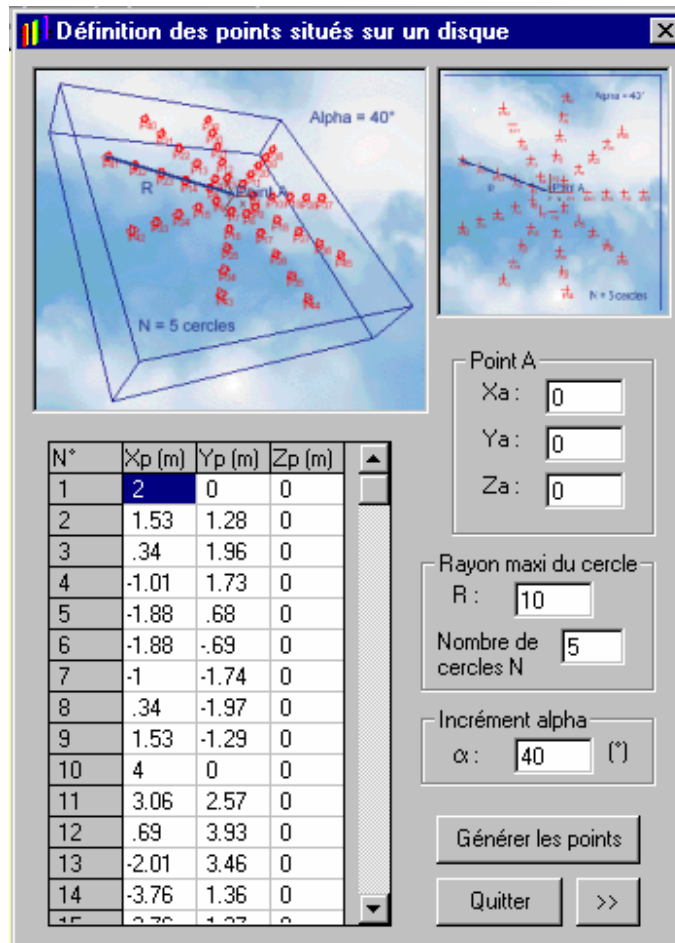



Figure D.42 : Points de calcul situés sur un disque

En cliquant sur générer, les points sont calculés. Grâce à un "Copier-Coller" d'une sélection FOXTA, ou encore en cliquant sur le bouton , il est possible d'importer ces données dans le tableau de l'onglet "Points de calcul".

11°) Dans l'onglet "Calcul des tassements", avant de lancer le calcul, sélectionner dans le menu déroulant l'option "Calcul du plan moyen t1D".

12°) Le fichier de résultats contient alors les tassements aux différentes dates définies pour tous les points de calcul et aussi l'équation d'un plan moyen décrivant la déformée du sol sous la charge.

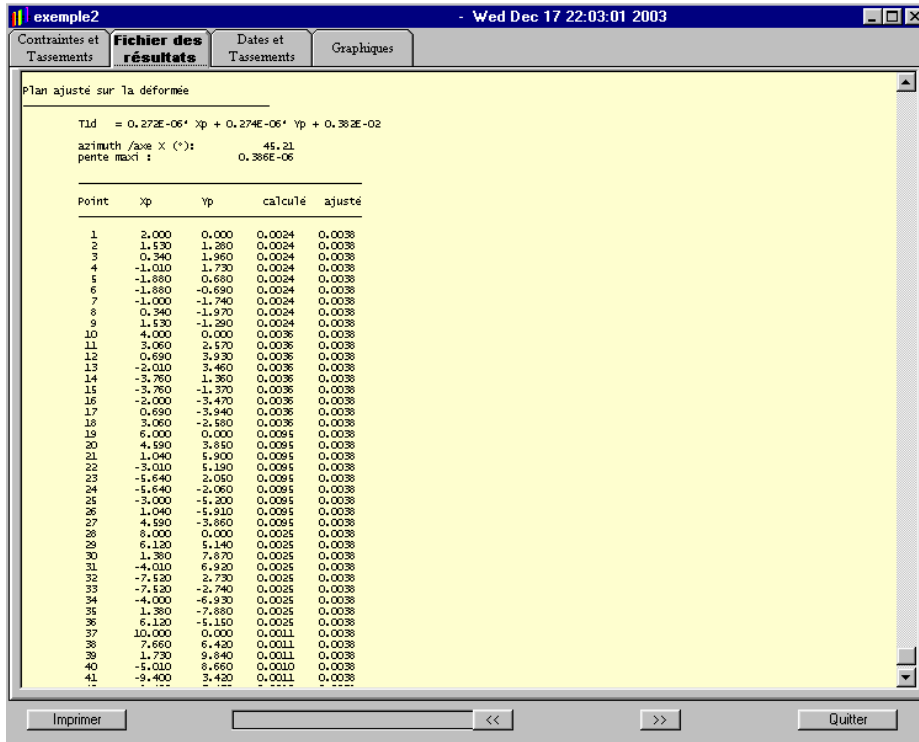


Figure D.43 : Exploitation des Résultats - Equation du plan moyen

D.4. CONSTITUTION DU FICHIER TASSELDO

Le fichier de données doit porter le nom "nomdefichier.tso". Les paramètres à introduire sont présentés ci-après. Ils doivent être entrés par ordre.

- **TITRE** (80 caractères au maximum)
- **ITRAC** Code pour les sorties (prend les valeurs 0, 1, 2, 3 avec un détail croissant).

Pour un calcul élastique tridimensionnel 3D et unidimensionnel 1D uniquement

- **ZTOP** (/)

OU

Pour un calcul élastique tridimensionnel 3D, unidimensionnel 1D et œdométrique

- **ZTOP ZNAPPE GAMMAW**

ZTOP : Cote de référence correspondant au sommet de la première couche
 ZNAPPE : Cote du toit de la nappe (par défaut ZNAPPE = -1000)
 GAMMAW : Poids volumique de l'eau de la nappe (par défaut GAMMAW = 1)

- **NC SVTOP**

NC : Nombre de couches (50 au maximum)
 SVTOP : Saisie facultative : contrainte verticale effective au toit de la couche supérieure (par défaut : (/) et SVTOP=0,0001).

Pour chaque couche de sol $i = 1, \dots, NC$

Pour un calcul élastique tridimensionnel 3D et unidimensionnel 1D uniquement

- **ZC(i) EC(i) NU(i) (/)**

OU

Pour un calcul élastique tridimensionnel 3D, unidimensionnel 1D et œdométrique

- **ZC(i) EC(i) NU(i) CS(i)/(1+e0(i)) TC(i) CC(i)/(1+e0(i)) G(i)**

ZC(i) : Cote de la base de la couche i
 EC(i) : Module de Young
 NU(i) : Coefficient de Poisson
 CS(i)/(1+e0(i)) : avec CS : coefficient de compressibilité en recompression
 et e0 : indice des vides initial
 TC(i) : coefficient de surconsolidation : si $TC > 0$: $TC = \sigma'_p / \sigma'_{v0}$
 si $TC < 0$: $TC = -(\sigma'_p - \sigma'_{v0})$
 CC(i)/(1+e0(i)) : avec CC : coefficient de compressibilité vierge.
 et e0 : indice des vides initial
 G(i) : Poids volumique γ de la couche que la couche soit immergée ou hors nappe

- **NRECT** : Nombre de rectangles utilisés (250 au maximum) pour définir la surcharge (voir méthode de superposition)

Pour chaque rectangle $j = 1, \dots, NRECT$

- **X0(j) Y0(j) Z0(j) LX(j) LY(j) TETA(j) q(j)**

X0, Y0, Z0 : Coordonnées d'un coin du rectangle avec Z0 la cote de ce point

LX, LY : Dimensions du rectangle

TETA : Angle que fait le côté de longueur L_x avec l'axe Ox exprimé en degrés (positif dans le sens trigonométrique)

q : Densité de charge uniforme.

- **NDATE** : Nombre de dates pour le calcul de consolidation (NDATE < 20)

Si NDATE = 0 \Rightarrow Calcul de consolidation pour t_∞ (aller à NPOINT)

Si NDATE \neq 0 \Rightarrow

- { ■ **T1, , Tj, , TNDATE**:
Tj : Date considérée

Pour chaque date $T_j = T1, \dots, TNDATE$

- **$X_u(1, j), \dots, X_u(i, j), \dots, X_u(NC, j)$**

$X_u(i, j)$: Pourcentage de consolidation de la couche i (i allant de 1 à NC) à la date T_j (j allant de 1 à NDATE)

Par exemple : $X_u = 100$ correspond à une consolidation complète de la couche considérée.

}

- **NPOINT NAJUST**

NPOINT : Nombre de points de calculs (NPOINT < 51)

NAJUST : Indice de calcul d'ajustement de plan moyen

Si NAJUST = 0, pas d'ajustement de plan

Si NAJUST = 1, ajustement de plan sur le calcul de tassement 1D

Si NAJUST = 2, ajustement de plan sur le calcul de tassement 3D

Si NAJUST = 3, ajustement de plan sur le calcul de tassement oedométrique

Pour chaque point $p = 1, \dots, NPOINT$

- **XP(p) YP(p) ZP(p)** Coordonnées du point de calcul avec ZP la cote de ce point

Nota : Il est recommandé de choisir une cote égale à une limite de couche