



REPRESENTATION DES SOLS ARCHEOLOGIQUES

CALAIS Etienne

Stage de Master IAD 2^{ième} année. Université Pierre et Marie Curie 2005 4 avril – 30 septembre 2005

GET / Télécom Paris - CNRS UMR 5141

Encadrants : SCHMITT Francis, SUBSOL Gérard Archéologue : MAFART Bertrand



A gauche :Fouille de la grotte par carre de 1m sur 1m. A droite :Représentation des sols et des frontières d'un carré.

Résumé

Le logiciel Archeosol3D a pour but de modéliser les objets 3D ainsi que de représenter les sols présents dans la base et de délimiter leurs frontières.

La création du logiciel a été encadrée par Francis SCHMITT, Bertrand MAFART, Gérard SUBSOL et Véronique POIS.

Ce compte rendu est réalisé comme un manuel d'utilisation. Il a pour but de prendre en main le logiciel rapidement et de faire découvrir l'ensemble de ses fonctionnalités.

I. Introduction

Ce travail c'est déroulé dans le cadre d'un stage de master informatique. Je me suis rendu à Tautavel pour avoir une expérience du terrain et me rendre compte du travail effectué sur place. J'ai rencontré Véronique POIS, la responsable informatique de Tautavel, qui m'a expliqué comment été stockée les données dans la base. J'ai aussi pris connaissance du travail effectué par un précédent stagiaire sur la modélisation de la grotte^[11].

Lors d'une fouille archéologique les objets trouvés sont répertoriés dans des carnets. Ces carnets sont attachés à un carré de fouille. Dans ces carnets on note pour chaque objet ses coordonnées

relatives par rapport à l'origine du carré, sa profondeur ainsi que d'autres éléments comme la nature de l'objet ou encore sa taille.

Lors de la fouille on définit des couches auxquelles appartiennent ces objets. Le changement de couche se fait selon l'appréciation du responsable de la fouille (changement de couleur des sédiments, plus grosse densité de galets...).

Après analyse des données on attribue des sols aux objets. Ces sols correspondent à une période archéologique. Pour les définir les archéologues utilisent les projections suivant les axes X et Y pour essayer de trouver les frontières de ces sols.

La méthode est assez coûteuse et il est très difficile de se rendre compte sur des projections si la séparation entre les deux sols est convenable ou pas.

Le but de ce stage était donc de modéliser les sols ainsi que les frontières afin de pouvoir se rendre compte d'éventuelles erreurs d'attribution et ainsi d'obtenir une bonne répartition des sols.

Ses sols une fois trouvés servent à interpréter ce qu'il s'est passé dans une période archéologique. Il est donc important que des objets provenant d'autres sols ne soient pas mélangés car ils pourraient fausser l'interprétation des archéologues.

II. Etude du problème

Tout d'abord on a procédé à une étude du problème dans le domaine archéologique. Dans la modélisation de sols archéologiques on n'a rien trouvé. L'article de D.Green^[1] est une modélisation des couches sédimentaires et ne s'appuie pas sur un ensemble de points étiquetés. L'article de Daniel Asevedo^[2] et celui de Stefan Hynst^[3] explique des méthodes de modélisation de site archéologique mais pas de sols.

Les recherches dans les autres domaines n'ont pas été plus fructueuses. L'article de Sabine Schmidt^[4] décrit une méthode de séparation des couches en reliant des points frontières.



Cette méthode ne peut être utilisée ici pour deux raisons. La première est que nous ne possédons pas de points frontières et la deuxième étant que les frontières peuvent avoir des formes très spéciales au sain même d'un carré.

Les autres articles trouvés dans ce domaine John Wilford^[7],William R. Peretti^[8],n'étaient pas adaptés soit au niveau de la densité de points (En effet ici nous avons ici des points qui n'ont pas une densité uniforme) soit au niveau de la frontière qui peut avoir des formes très particulières.

Nous avons du nous résoudre à chercher une méthode qui permettrait de répondre à ce problème.

III. Présentation du logiciel Archéosol3D

Cette partie sera divisée en deux, une partie descriptive qui montrera les différentes fonctionnalités du logiciel et une partie explicative qui montrera comment ont été résolu les problèmes. La partie descriptive sera conçue comme une notice d'explication pour permettre à tout utilisateur familiarisé avec l'archéologie de prendre en main facilement le logiciel.

La partie technique expliquera les principaux algorithmes implémentés.

1. Structure des fichiers

Les fichiers de données sont des fichiers textes représentant une liste d'objets avec leurs caractéristiques précisés dans les colonnes de gauche à droite :

1. nom du carré

- 2. le numéro de l'objet
- 3. le Bis de l'objet
- 4. son sol
- 5. sa couche
- 6. sa nature
- 7. ses coordonnées relatives en x
- 8. ses coordonnées relatives en y
- 9. sa profondeur absolue
- 10. sa longueur
- 11. sa largeur
- 12. son épaisseur
- $13. \ \text{son orientation}$
- 14. son inclinaison
- 15. la direction de son inclinaison

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
/ carr	eB16nendag	ie.txt - Bloc	-notes											
Fichier	Edition Form	nat ?												
B16 B16 B16 B16 B16 B16 B16 B16 B16 B16	1 1 2 3 4 5 6 7 8 9 11 12 14 15 6 7 8 9 11 12 14 15 6 7 8 9 11 12 34 5 6 7 8 9 11 12 34 5 6 7 8 9 11 12 34 5 6 7 8 9 11 12 34 5 6 7 8 9 11 12 34 5 6 7 8 9 11 12 34 5 6 7 8 9 11 12 34 5 6 7 8 9 11 12 34 5 6 7 8 9 11 12 34 5 6 7 8 9 11 12 34 5 6 7 8 9 11 12 34 5 6 7 8 9 11 12 34 5 6 7 8 9 0 11 2 34 5 6 7 8 9 0 11 2 34 5 6 7 8 9 0 11 2 34 5 6 7 8 9 0 11 2 34 5 6 7 8 9 0 11 2 34 5 6 7 8 9 0 11 2 3 4 5 6 7 8 9 0 12 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 2 8 9 0 12 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3 3	B	3	BHP1 BHQ2 BHQ3 BHQ8 BHQ8 BHQ8 BHQ8 BHQ8 BHQ9 BHQ9 BHQ9 BHQ9 BHQ9 BHQ9 BHQ9 BHQ9	OSD OSD OSD OSD OSD OSD OSD OSD OSD OSD	62 43 58 70 82 42 42 42 42 42 42 42 42 42 42 42 42 42	11 11 11 21 19 23 25 24 36 22 29 23 33 21 22 23 33 24 22 29 23 33 21 22 23 24 36 23 24 29 23 21 29 23 21 20 21 23 25 14 12 23 27 23 24 25 29 29 23 21 21 21 22 29 29 23 21 29 29 23 21 21 22 29 29 23 21 21 22 29 29 23 21 29 29 29 29 23 21 11 12 20 7 2 23 29 29 29 23 21 11 12 20 7 2 23 29 29 29 29 23 21 11 12 20 7 2 29 29 29 23 21 11 11 11 19 20 7 20 20 29 29 20 21 11 11 11 19 20 20 20 20 20 21 11 11 19 20 20 20 20 21 11 11 19 20 20 20 20 20 21 11 11 19 20 20 20 20 21 21 11 11 19 20 20 7 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20	686.0 836.0 847.5 847.5 847.5 847.5 847.5 858.0 848.5 858.0 861.5 859.0 861.5 859.0 861.5 859.0 861.5 859.0 861.5 849.0 851.5 852.5 851.5 851.5 851.5 851.5 851.5 851.5 851.5 851.5 852.5 851.5 852.5 851.5 852.5 851.5 852.5 851.5 852.5 851.5 852.5 851.5 851.5 852.5 851.5 852.5 851.5 852.5 851.5 852.5 851.5 852.5 851.5 852.5 851.5 852.5 857.5	25 4 5 54 24 18 52 4 26 131 36 0 110 90 46 32 328 43 90 44 107 180 32 7 28 43 90 44 38 95 29 44 20 32 29 24 29 24 20 32 55 20 24 20 20 24 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20	10 1 9 7 5 9 20 8 92 12 69 66 12 66 67 110 8 14 18 55 19 68 19 68 12 66 67 110 8 14 18 55 19 60 64 55 10 60 64 55 10 60 64 55 19 60 64 55 10 60 64 55 10 60 64 55 10 60 64 55 10 60 64 55 10 60 64 55 10 60 64 55 10 60 64 55 10 60 64 55 10 60 64 55 10 60 64 55 10 60 64 55 10 60 64 55 10 60 64 55 10 60 64 55 19 20 64 55 19 20 64 25 20 16 25 20 20 20 25 20 20 25 20 20 25 20 20 25 20 25 20 25 20 25 20 20 25 20 25 20 25 20 20 25 20 25 20 25 20 25 20 20 25 20 20 25 20 20 20 20 20 20 20 20 20 20	5 1 1 6 3 2 6 7 5 6 7 6 7 6 7 6 7 6 7 6 7 6 7 6 7 6	NESW NWSE NESW NWSE EW NWSE EW NWSE EW NWSE NESW NWSE NESW NWSE EW NESW EW NESW EW NESW EW NESW EW NESW EW NESW EW NWSE EW EW	орроррооороооройррооройрйуйррйурруосоррузс	E SE EWEE NSSV EN ENENN E N S NVVVV

2. Description générale du logiciel et son utilisation

En lançant le programme Archesol3D, la fenêtre d'accueil suivante s'affiche :



Figure 2 : Fenêtre d'accueil

3. Choix de la taille de la fenêtre

Vous pouvez redimensionner la fenêtre d'accueil en fonction de la taille de votre écran (1 à la figure 2)

640*480	800*600	1024*768	C 1280*1024	1600*1200
---------	---------	----------	-------------	-----------

4. Ouverture du fichier

On sélectionne le fichier dans la liste 2 (voir à la figure 3) puis on clique sur ouvrir.

Le mode semi-plein écran sera détaillé dans la dernière section



Figure3 : Ouverture du fichier



5. Représentation de la grotte

Le quadrillage représente les différents carrés de la grotte. Lorsque l'on passe avec la souris dessus leur nom s'affiche en bleu dans la vignette située audessus du quadrillage. Les carrés présents dans la base de donnée sont affichés en couleur.

6. Sélection du carré à afficher



Pour sélectionner le carré à afficher on clique dessus avec le bouton gauche. Le carré devient vert.

La croix bleue représente le point visé. L'extrémité du trait bleu indique la position de l'observateur.

7. Fenêtre de visualisation

Des que vous avez sélectionné le carré les objets apparaissent dans la fenêtre de visualisation 3D (voir 2 à la figure 2)



La fenêtre de visualisation se compose d'une colonne verticale représentant les limites du carré les séparations horizontales étant échelonnées tous les mètres.

8. Sélection d'un autre carré

Pour sélectionner un autre carré en plus de celui sélectionner, on maintient la touche shift appuyée et on click gauche avec la souris sur le carré désiré. Le carré devient rouge. Résultat obtenu :



Figure 4 : sélection de plusieurs carrés.

9. Déplacement

Le mode de déplacement retenu à été celui de la rotation verticale et horizontale autour d'un point, ainsi que le zoom sur ce point. Par défaut le point se situe au centre du carré. Pour tourner autour du point il faut utiliser la souris :

- on clique sur le bouton gauche et on bouge la souris vers la gauche pour aller à gauche,
- vers la droite pour aller à droite,
- vers l'avent pour monter,
- vers l'arrière pour descendre.

Pour zoomer il faut appuyer sur le bouton du milieu de la souris et :

- avancer pour zoomer,
- reculer pour dézoomer.

10. Sélection du mode de visualisation

A l'ouverture d'un fichier le mode de visualisation par défaut est le mode perspective

Les différents boutons :



permettent de choisir soit la projection perspective 3D interactive, soit une des trois projections orthographiques sur les axes XZ, YZ et XY respectivement (voir 3 à la figure 2).

Un menu déroulant apparaît à coté de X-Y



Il permet de choisir le nombre de centimètres représenté à l'écran (par défaut 100, ici 300).

En mode projection X-Z, Y-Z et X-Y les différents symboles représentent les différents **types** d'objets qui peuvent être sélectionnés ou non pour l'affichage (voit section 25 : Sélection des types d'objets et des sols à visualiser)

Exemple de projection sur XZ :



Exemple de projection sur YZ :



Exemple de projection sur XY :



11. Sélection des types d'objets et des sols à visualiser



On peut sélectionner les types d'objets ainsi que les sols auxquels ils appartiennent et modifier leurs aspects. La fenêtre (voir 4 à la figure 2) permet d'afficher la liste des différentes natures d'objets. Ils peuvent être rendus invisibles en les décochant. Il y a un type de graphique par type d'objet (carre, croix, rond plain, rond vide). Si vous coché (ou décoché) un

type d'objet, vous voyez apparaître (ou disparaître) les points 3D associés à ce type d'objet avec le caractère graphique associé.



Pour les sols (voir 5 à la figure 2) on peut, en plus de les sélectionner et de les désélectionner, changer leur couleur en sélectionnant le sol à modifier puis sur la couleur désirée dans la palette. Pour faciliter la sélection un bouton « Inverse » permet d'inverser la sélection et par exemple de ne sélectionner rapidement que deux couches.

Exemple : On désélectionne le sol F2 et le sol F3 puis on inverse la sélection ce qui fait que seul le sol F2 et le sol F3 sont sélectionnés. Ici les sols F2 et F3 sont proches, pour modifier la couleur on sélectionne F3 et on choisit par exemple du vert.





Un bouton tout supprimer ou tout afficher à été ajouté pour la même raison.

12. Sélection de la région d'intérêt à visualiser

La **région d'intérêt** permet de réduire la sélection faite avec les carrés. Elle perme par exemple de ne sélectionner qu'une tranche de 10 cm. Tout ce qui n'est pas sélectionné par la région d'intérêt et par les carrés et caché à la visualisation.

Ces six champs (voir Figure 2, N°6) définissent la zone de sélection (par défaut toute la grotte).

<u>8</u>	•	1	•	
E		•		•
1400		▼ 3000		•

Origine en X-Y de la région d'intérêt (coin à gauche en bas) exprimé dans le code du carré correspondant.

Décalage (exprimé en cm) de la région d'intérêt par rapport à l'origine du carré (son coin à gauche en bas)

Amplitudes en X et en Y de la région d'intérêt (exprimées en cm)

On peut sélectionner directement la zone en X et Y en cliquant sur le quadrillage de la grotte avec le bouton droit de la souris en bas à gauche de la zone d'intérêt et en relâchant la souris en haut à droite de la zone d'intérêt.

Exemple : nous voulons que l'affichage inclue le carré I17 et la moitié du carré J17 On choisi donc I 17 comme origine.

Le décalage et de 0 des deux cotés car on veut tout I17.

La largeur de sélection est de 150cm (1 carré et demi).

La profondeur de sélection est de 100cm (largeur d'un carré).



Sur la première figure on voit que le nombre de points est moins important car tronqué à droite. Sur la deuxième figure détail des modifications.



Le **plafond** et le **sol** (ou plancher) permettent de sélectionner les limites verticales en Z de la région d'intérêt (voir 7 à la figure 2).

Deux manières d'interagir : cliquer sur les flèches a ou b pour définir la hauteur finement ou directement dans le carré c au-dessus ou en dessous de l'ascenseur pour définir la hauteur plus rapidement.



Définition du **point cible** : Le point cible correspond au point 3D sur lequel est centrée la vue de l'observateur. Le point cible est donc toujours au centre de la fenêtre de visualisation (Figure 2, N° 8).

Pour sélectionner le point cible deux possibilités :

- par sélection d'un objet directement dans la fenêtre d'affichage (voir section suivante Déplacement sur un point)
- par modification des coordonnées dans les champs associés (voir 8 à la figure 2) :

Pour le champ Z on peut utiliser l'ascenseur e en cliquant sur f pour ce déplacer finement et g pour se déplacer rapidement



Affichage du nombre de points sélectionnés dans la région d'intérêt. Ils seront tous visibles dans la fenêtre d'affichage si la position et la direction de vue de l'observateur le permettent (par exemple si l'observateur est trop proche des qui ont été sélectionné peuvent être en debors de cette fenêtre)

données, des objets qui ont été sélectionné peuvent être en dehors de cette fenêtre)

13. Déplacement sur un point

Pour se centrer sur un objet il suffit de cliquer avec le bouton droit de la souris dans la fenêtre de visualisation 3D sur le point d'affichage correspondant à cet objet. Le point devient alors le centre de la visée et les informations relatives à ce point s'inscrivent en dessous de la fenêtre de visualisation. (voir 1 à la Figure 5).



Figure 5 :Sélection d'un point

14. Visualisation des sols et des frontières



Pour visualiser les sols et leurs frontières il faut d'abord sélectionner les sols (voir section 11, Sélection des types d'objets et de sols à visualiser) que l'on veut afficher, puis cliquer sur le bouton « Delaunay » pour lancer le calcul la triangulation de Delaunay sur les points des objets sélectionnés. Le temps de calcul

dépendant du nombre de points sélectionnés, il peut devenir assez long à partir de 20 000 points.

Ensuite pour visualiser les frontières les sols ou les deux on coche ce que l'on désire.

Г	Frontière
	sols

Il est important de cocher et de décocher les sols pour mieux se rendre compte de leur forme dans l'espace. Exemple :



Dans cet exemple les deux sols ont été représentés sans frontière et avec frontière. Mais on peut très bien enlever l'affichage d'un des deux sols en le décochant dans la liste des sols



Ici seul la frontière a été représentée dans deux vues différentes

Le calcul peut se faire sur un nombre de sol plus important voir le graphique de la première page.

15. Mode semi-plein écran et sauvegarde

Voir (9 figure 2)

🔲 Semi plein ecran	
Sauve écran	
Sauve image	

Le mode semi-plein écran ^CSemi plein ecran</sup> permet d'afficher la fenêtre de visualisation en plus grand en occultant temporairement certaines informations.



Dans le mode semi-plein écran on peut toujours se déplacer et se centrer sur un point bien que ses caractéristiques ne soit plus affichées.

Le mode sauvegarde permet de sauver l'image en format bitmap. On peut soit Copier l'écran, soit faire une copie de la fenêtre 3D.



16. Transparence



Le cadre 10 à la figure 2 permet de régler la transparence. Pour cela il faut entrer le nom du sol dans le cadre a et ajuster la transparence avec l'ascenseur b.

Explication des méthodes utilisées

1. Représentation en mémoire

Le stockage en mémoire se fait en plusieurs listes.

Une liste pour le carré. Une liste pour le numéro. Une liste pour le bis. Une liste pour chaque caractéristique. Une liste pour savoir s'il faut afficher la couche. Une liste pour savoir s'il faut afficher le carré. Une liste pour chaque couleur (rouge, vert, et bleu)

2. Création d'un graphe de proximité

La première analyse faite sur les données a été de faire un graphe de proximité. Il fallait donc relier tous les points qui se trouvaient éloignés d'une distance inférieure à seuil fixé. Vu le nombre important de points il était nécessaire de trouver une structure de donnée adaptée. L'espace a été divisé en cube de 10cm de coté. La recherche ne s'effectuant plus que sur 8 carrés. En effet si on parcourt l'espace en partant d'un coin il suffit de regarder les points qui sont supérieurs en X en Y et en Z, les points inférieurs étant déjà traités. Le graphe a donc été calculé et affiché. Lorsque l'on passé sur un point le graphe associé à ce point s'affichait.

Conclusion : Le résultat n'était pas très satisfaisant car la densité des points est variable.

3. Calcul de Delaunay

Pour la représentation des sols le choix c'est porté sur Delaunay.

En effet Delaunay crée une partition de l'espace en tétraèdres dont le centre circonscrit ne contient aucun autre point que les points du tétraèdre.

Cette représentation s'adaptait bien au problème. En effet la densité non uniforme des points est très bien gérée avec Delaunay.

Le calcul de la triangulation 3d de Delaunay a été récupéré sur Internet^[5]

Une adaptation a été nécessaire pour deux raisons. La première était que les données n'étaient pas sous la même forme.

La deuxième est due au fait que l'algorithme ne prenait pas en compte les cas de points coplanaires d'où l'ajout d'une très faible randomisation sur les coordonnées des points pour éviter que les points qui sont dans un espace discret ne soient coplanaires.

La structure de donnée de sortie est une liste de faces avec, des pour chaque face un ou deux points supplémentaires représentant le ou les sommets des tétraèdres issus de cette face.

4. Création des sols et des frontières

Pour représenter les sols, l'idée a été de représenter les tétraèdres ayant des sommets appartenant aux mêmes sols.

Pour cela un compte a été effectué sur chaque tétraèdre pour savoir le nombre d'arrêtes reliant deux sommets de même sols.

Si le nombre d'arêtes est égal à 6 alors le tétraèdre fait partie du sol.

Pour la création des frontières il fallait déjà trouver tous les tétraèdres qui étaient composés de deux sols différents.

Pour cela le décompte des arêtes reliant deux sols identiques a était utilisé.

Si le nombre d'arêtes est égal à deux alors c'est qu'il y a deux sommets appartenant à un sol a et deux autres appartenant à un sol b.

Si le nombre d'arêtes est égal à trois alors c'est qu'il y a un sommet appartenant à un sol est les trois autres appartenant à un autre.

Une fois la liste des tétraèdres frontières crée il faut tracer le plan médian

Lorsqu'il y a deux sommets d'un même sol et deux sommets d'un autre sol l'intersection est un quadrilatère.

Lorsqu'il y a un sommet d'un sol a et trois autres d'un même autre sol l'intersection est un triangle.

5. Affichage

Les points visibles, les faces des tétraèdres ainsi que les intersections sont stockés dans des listes graphiques pour optimiser l'affichage.

IV. Critiques et évolution

Ce logiciel se veut être une aide pour les archéologues.

Son principal objectif et qu'il soit bien accepté et rapidement pris en main par ces utilisateurs. Pour qu'il réponde à leurs attentes je me suis rendu sur place pour voir comment et dans quel conditions les objets étaient collectés. J'ai aussi discuté avec des archéologues pour comprendre ce dont ils avaient besoin et quels outils leur permettraient de mieux s'approprier le logiciel. Pour mieux comprendre le domaine j'ai lu le livre de Henri de Lumley^[6] les articles de Bertrand Mafart^[9], et de Véronique Pois^[10] ainsi que le rapport de stage de Jean-Claude Thomas^[11] Une fois que les archéologues se seront appropriés le logiciel ils auront sûrement d'autres envies et

d'autres besoins.

- Les évolutions possibles sont par exemple :
 Exploiter le "pendage" et le "vers" pour orienter les représentations des objets. Important car pour les objets allongés, cela donne une idée de la pente de la couche et permet de voir si cela
- correspond bien à la représentation 3D.
 Utiliser des modèles polyédriques simplifiés des objets. On peut alors utiliser les paramètres de longueur, largeur, pendage, etc. pour avoir une représentation plus "réaliste" de l'objet avec ses dimensions réelles.
- Griser les carreaux non présents dans la BDD pour ne pas les sélectionner.
- Superposer un plan de la grotte pour que l'utilisateur puisse repérer plus facilement ses carreaux préférés.
- Placer des graduations dans la boîte du carreau (- 1 m, -2 m, etc.)
- Gérer un autre type de déplacement que celui centré sur l'objet : un déplacement libre par exemple pour appréhender la BDD dans son ensemble.

v. Bibliographie

- [1] D.Green, J.Cosmas, T.Itagaki, M.Waelkens, R.Degeest, E.Grabczewski *A real time 3D Stratigraphic visual simulation system for Archeological analysis and hypothesis testing*
- [2] Daniel Asevedo, Eileen Vote, David H. Laidlaw, Martha S. Joukowsky *Archaeological Data Visualization in VR: Analysis of Lamp Finds at the Great Temple of Petra, a Case Study*
- [3] Stefan Hynst, Michael Gervautz, Markus Grabner, Konrad Schindler *A work-flow and data model for reconstruction, management, and visualization of archeological sites.*
- [4] Sabine Schmidt 3D modeling of geoid and gravity using GIS-functions
- [5] F Languasco http://www.flanguasco.org/VisualBasic/VisualBasic.html
- [6] Henri de Lumley et ses collaborateurs La grotte du LAZARET (Le sol d'occupation acheuléen de l'unité archéostratigraphique UA 25
- [7] John Wilford Scientific visualisation and 3D modelling applications for mineral exploration and environmental management
- [8] William R. Peretti, Michael D.Knoll, Williamp P.Clement, Waren Barrash
 3D GPR imaging of complex fluvial stratigrapy at the boise hydrographysical research site.
- [9] Bertrand Mafart, Hérvé Delingette, Gérard Subsol
 3D imaging in Paleoanthropologie and Prehistoric Archaeology
- [10] Véronique Pois
 Traitement informatique en archéologie.
 Mise en évidence du niveau archéologique I/J de la caune de l'arago à Tautavel
- [11] Jean-Claude Thomas Environnements virtuels pour l'interaction avec de grands ensembles de données

VI. Annexes

Calcul du sol et de la frontière avec l'aide de Delaunay

```
If IERR = 0 Then
  NT = 0
  NTf = 0
  FRO = 0
  FR = 0
  For I = 1 To Nfc
    If ((FC(1, I) > 0) And (FC(2, I) > 0)) Then
       'FC(*, I) punta ai vertici di una triangolazione:
       NT = NT + 1
       NTf = NTf + 1
       ReDim Preserve Triang(1 To 8, 1 To NT)
       ReDim Preserve Triangf(1 To 8, 1 To NTf)
       'recuperation des points des faces et du premier tetraedre pour les sols
       Triang(1, NT) = VM(FC(1, I))
       Triang(2, NT) = VM(FC(2, I))
       Triang(3, NT) = VM(FC(3, I))
       Triang(4, NT) = VM(FC(4, I))
       'recuperation des points des faces et du premier tetraedre pour la frontiere
       Triangf(1, NTf) = VM(FC(1, I))
       Triangf(2, NTf) = VM(FC(2, I))
       Triangf(3, NTf) = VM(FC(3, I))
       Triangf(4, NTf) = VM(FC(4, I))
       'récupération du deuxième tetraedre s'il existe
       If FC(5, I) \ge 0 Then
         Triang(5, NT) = VM(FC(5, I))
         Triangf(5, NTf) = VM(FC(5, I))
       Else
         Triang(5, NT) = -1
         Triangf(5, NTf) = -1
       End If
       aa = coordx(ptsdela(Triang(1, NT))) / 10
       Bb = coordy(ptsdela(Triang(1, NT))) / 10
       cc = coordz(ptsdela(Triang(1, NT))) / 10
       Dist = 625
       a = 0
       b = 0
       'calcul du nombre d'arrete ayant des sommets de meme sols pour les deux tetraedre
       If champ4(ptsdela(Triang(4, NT))) = champ4(ptsdela(Triang(1, NT))) Then
         a = a + 1
       End If
       If champ4(ptsdela(Triang(4, NT))) = champ4(ptsdela(Triang(2, NT))) Then
         a = a + 1
       End If
       If champ4(ptsdela(Triang(4, NT))) = champ4(ptsdela(Triang(3, NT))) Then
         a = a + 1
       End If
       If champ4(ptsdela(Triang(3, NT))) = champ4(ptsdela(Triang(2, NT))) Then
         a = a + 1
         b = b + 1
       End If
       If champ4(ptsdela(Triang(2, NT))) = champ4(ptsdela(Triang(1, NT))) Then
         a = a + 1
         b = b + 1
       End If
       If champ4(ptsdela(Triang(3, NT))) = champ4(ptsdela(Triang(1, NT))) Then
         a = a + 1
         b = b + 1
       End If
       If Triang(5, NT) \geq 0 Then
         If champ4(ptsdela(Triang(5, NT))) = champ4(ptsdela(Triang(1, NT))) Then
           b = b + 1
         End If
         If champ4(ptsdela(Triang(5, NT))) = champ4(ptsdela(Triang(2, NT))) Then
```

```
b = b + 1
            End If
            If champ4(ptsdela(Triang(5, NT))) = champ4(ptsdela(Triang(3, NT))) Then
              b = b + 1
            End If
         Else
            b = 0
         End If
         If b < 6 Then
          Triang(5, NT) = -1
            If a < 6 Then
            NT = NT - 1
            Else
            'calcul de la normale de la face du triangle
            X1 = coordx(ptsdela(Triang(2, NT))) - coordx(ptsdela(Triang(1, NT)))
            Y1 = coordy(ptsdela(Triang(2, NT))) - coordy(ptsdela(Triang(1, NT)))
            Z1 = coordz(ptsdela(Triang(2, NT))) - coordz(ptsdela(Triang(1, NT)))
            X2 = coordx(ptsdela(Triang(3, NT))) - coordx(ptsdela(Triang(1, NT)))
            Y2 = coordy(ptsdela(Triang(3, NT))) - coordy(ptsdela(Triang(1, NT)))
            Z2 = coordz(ptsdela(Triang(3, NT))) - coordz(ptsdela(Triang(1, NT)))
            X3 = (Y1 * Z2) - (Y2 * Z1)
            Y3 = -(X1 * Z2) + (X2 * Z1)
            Z3 = (X1 * Y2) - (X2 * Y1)
            norme = Sqr(X3 * X3 + Y3 * Y3 + Z3 * Z3)
            Triang(6, NT) = X3 / norme
            Triang(7, NT) = Y3 / norme
            Triang(8, NT) = Z3 / norme
            End If
         Else
          'calcul de la normale de la face du triangle
         X1 = coordx(ptsdela(Triang(2, NT))) - coordx(ptsdela(Triang(1, NT)))
         Y1 = coordy(ptsdela(Triang(2, NT))) - coordy(ptsdela(Triang(1, NT)))
         Z1 = coordz(ptsdela(Triang(2, NT))) - coordz(ptsdela(Triang(1, NT)))
         X2 = coordx(ptsdela(Triang(3, NT))) - coordx(ptsdela(Triang(1, NT)))
          Y2 = coordy(ptsdela(Triang(3, NT))) - coordy(ptsdela(Triang(1, NT)))
         Z2 = coordz(ptsdela(Triang(3, NT))) - coordz(ptsdela(Triang(1, NT)))
         X3 = (Y1 * Z2) - (Y2 * Z1)
         Y3 = -(X1 * Z2) + (X2 * Z1)
         Z3 = (X1 * Y2) - (X2 * Y1)
         norme = Sqr(X3 * X3 + Y3 * Y3 + Z3 * Z3)
         Triang(6, NT) = X3 / norme
          Triang(7, NT) = Y3 / norme
          Triang(8, NT) = Z3 / norme
         If a < 6 Then
         Triang(4, NT) = Triang(5, NT)
         Triang(5, NT) = -1
         b = 0
         End If
         End If
         If b \diamond 2 And b \diamond 3 Then
         Triangf(5, NTf) = -1
         b = 0
            If a > 2 And a > 3 Then
            NTf = NTf - 1
            End If
          Else
         If a > 2 And a > 3 Then
         Triangf(4, NTf) = Triangf(5, NTf)
         Triangf(5, NTf) = -1
         a = b
         b = 0
         End If
         End If
         If a = 3 Then
         If champ4(ptsdela(Triangf(4, NTf))) <> champ4(ptsdela(Triangf(1, NTf))) And champ4(ptsdela(Triangf(2, NTf)))
= champ4(ptsdela(Triangf(1, NTf))) Then
            FR = FR + 1
```

ReDim Preserve frontri(1 To 4, 1 To 3, 1 To FR) 'Calcul du triangle séparateur frontri(1, 1, FR) = (coordx(ptsdela(Triangf(4, NTf))) + coordx(ptsdela(Triangf(1, NTf)))) / 2 frontri(2, 1, FR) = (coordx(ptsdela(Triangf(4, NTf))) + coordx(ptsdela(Triangf(2, NTf)))) / 2 frontri(3, 1, FR) = (coordx(ptsdela(Triangf(4, NTf))) + coordx(ptsdela(Triangf(3, NTf)))) / 2 frontri(1, 2, FR) = (coordy(ptsdela(Triangf(4, NTf))) + coordy(ptsdela(Triangf(1, NTf)))) / 2 frontri(2, 2, FR) = (coordy(ptsdela(Triangf(4, NTf))) + coordy(ptsdela(Triangf(2, NTf)))) / 2 frontri(3, 2, FR) = (coordy(ptsdela(Triangf(4, NTf))) + coordy(ptsdela(Triangf(3, NTf)))) / 2 frontri(1, 3, FR) = (coordz(ptsdela(Triangf(4, NTf))) + coordz(ptsdela(Triangf(1, NTf)))) / 2 frontri(2, 3, FR) = (coordz(ptsdela(Triangf(4, NTf))) + coordz(ptsdela(Triangf(2, NTf)))) / 2 frontri(3, 3, FR) = (coordz(ptsdela(Triangf(4, NTf))) + coordz(ptsdela(Triangf(3, NTf)))) / 2 'calcul de la normale de la face du triangle X1 = frontri(2, 1, FR) - frontri(1, 1, FR)Y1 = frontri(2, 2, FR) - frontri(1, 2, FR)Z1 = frontri(2, 3, FR) - frontri(1, 3, FR)X2 = frontri(3, 1, FR) - frontri(1, 1, FR)Y2 = frontri(3, 2, FR) - frontri(1, 2, FR)Z2 = frontri(3, 3, FR) - frontri(1, 3, FR)X3 = (Y1 * Z2) - (Y2 * Z1)Y3 = -(X1 * Z2) + (X2 * Z1)Z3 = (X1 * Y2) - (X2 * Y1)norme = Sqr(X3 * X3 + Y3 * Y3 + Z3 * Z3)frontri(4, 1, FR) = X3 / normefrontri(4, 2, FR) = Y3 / normefrontri(4, 3, FR) = Z3 / normeEnd If End If If b = 3 Then If champ4(ptsdela(Triangf(5, NTf))) <> champ4(ptsdela(Triangf(1, NTf))) And champ4(ptsdela(Triangf(2, NTf))) = champ4(ptsdela(Triangf(1, NTf))) Then FR = FR + 1ReDim Preserve frontri(1 To 4, 1 To 3, 1 To FR) 'calcul du triangle séparateur frontri(1, 1, FR) = (coordx(ptsdela(Triangf(5, NTf))) + coordx(ptsdela(Triangf(1, NTf)))) / 2 frontri(2, 1, FR) = (coordx(ptsdela(Triangf(5, NTf))) + coordx(ptsdela(Triangf(2, NTf)))) / 2 frontri(3, 1, FR) = (coordx(ptsdela(Triangf(5, NTf))) + coordx(ptsdela(Triangf(3, NTf)))) / 2 frontri(1, 2, FR) = (coordy(ptsdela(Triangf(5, NTf))) + coordy(ptsdela(Triangf(1, NTf)))) / 2 frontri(2, 2, FR) = (coordy(ptsdela(Triangf(5, NTf))) + coordy(ptsdela(Triangf(2, NTf)))) / 2 frontri(3, 2, FR) = (coordy(ptsdela(Triangf(5, NTf))) + coordy(ptsdela(Triangf(3, NTf)))) / 2 frontri(1, 3, FR) = (coordz(ptsdela(Triangf(5, NTf))) + coordz(ptsdela(Triangf(1, NTf)))) / 2 frontri(2, 3, FR) = (coordz(ptsdela(Triangf(5, NTf))) + coordz(ptsdela(Triangf(2, NTf)))) / 2 frontri(3, 3, FR) = (coordz(ptsdela(Triangf(5, NTf))) + coordz(ptsdela(Triangf(3, NTf)))) / 2 'Calcul de la normale X1 = frontri(2, 1, FR) - frontri(1, 1, FR)Y1 = frontri(2, 2, FR) - frontri(1, 2, FR)Z1 = frontri(2, 3, FR) - frontri(1, 3, FR)X2 = frontri(3, 1, FR) - frontri(1, 1, FR)Y2 = frontri(3, 2, FR) - frontri(1, 2, FR) Z2 = frontri(3, 3, FR) - frontri(1, 3, FR)X3 = (Y1 * Z2) - (Y2 * Z1)Y3 = -(X1 * Z2) + (X2 * Z1)Z3 = (X1 * Y2) - (X2 * Y1)norme = Sqr(X3 * X3 + Y3 * Y3 + Z3 * Z3)frontri(4, 1, FR) = X3 / normefrontri(4, 2, FR) = Y3 / normefrontri(4, 3, FR) = Z3 / normeEnd If End If If a = 2 Then If ptsdela(Triangf(4, NTf)) > ptsdela(Triangf(1, NTf)) And ptsdela(Triangf(4, NTf)) > ptsdela(Triangf(3, NTf)) And ptsdela(Triangf(4, NTf)) > ptsdela(Triangf(2, NTf)) Then FRO = FRO + 1ReDim Preserve fronquad(1 To 5, 1 To 3, 1 To FRQ) If champ4(ptsdela(Triangf(4, NTf))) = champ4(ptsdela(Triangf(1, NTf))) Then 'calcul du quadrilatère de séparation fronquad(1, 1, FRQ) = (coordx(ptsdela(Triangf(4, NTf))) + coordx(ptsdela(Triangf(2, NTf)))) / 2 fronquad(1, 2, FRQ) = (coordy(ptsdela(Triangf(4, NTf))) + coordy(ptsdela(Triangf(2, NTf)))) / 2

fronquad(1, 3, FRO) = (coordz(ptsdela(Triangf(4, NTf))) + coordz(ptsdela(Triangf(2, NTf)))) / 2 fronquad(2, 1, FRQ) = (coordx(ptsdela(Triangf(4, NTf))) + coordx(ptsdela(Triangf(3, NTf)))) / 2 fronquad(2, 2, FRQ) = (coordy(ptsdela(Triangf(4, NTf))) + coordy(ptsdela(Triangf(3, NTf)))) / 2 fronquad(2, 3, FRQ) = (coordz(ptsdela(Triangf(4, NTf))) + coordz(ptsdela(Triangf(3, NTf)))) / 2 fronquad(3, 1, FRQ) = (coordx(ptsdela(Triangf(1, NTf))) + coordx(ptsdela(Triangf(3, NTf)))) / 2 fronquad(3, 2, FRQ) = (coordy(ptsdela(Triangf(1, NTf))) + coordy(ptsdela(Triangf(3, NTf)))) / 2 fronquad(3, 3, FRQ) = (coordz(ptsdela(Triangf(1, NTf))) + coordz(ptsdela(Triangf(3, NTf)))) / 2 fronquad(4, 1, FRQ) = (coordx(ptsdela(Triangf(1, NTf))) + coordx(ptsdela(Triangf(2, NTf)))) / 2 fronquad(4, 2, FRQ) = (coordy(ptsdela(Triangf(1, NTf))) + coordy(ptsdela(Triangf(2, NTf)))) / 2 fronquad(4, 3, FRQ) = (coordz(ptsdela(Triangf(1, NTf))) + coordz(ptsdela(Triangf(2, NTf)))) / 2 'calcul de la normale X1 = fronquad(2, 1, FRQ) - fronquad(1, 1, FRQ)Y1 = fronquad(2, 2, FRQ) - fronquad(1, 2, FRQ)Z1 = fronguad(2, 3, FRQ) - fronguad(1, 3, FRQ)X2 = fronquad(3, 1, FRQ) - fronquad(1, 1, FRQ)Y2 = fronquad(3, 2, FRQ) - fronquad(1, 2, FRQ)Z2 =fronquad(3, 3, FRQ) - fronquad(1, 3, FRQ) X3 = (Y1 * Z2) - (Y2 * Z1)Y3 = -(X1 * Z2) + (X2 * Z1)Z3 = (X1 * Y2) - (X2 * Y1)norme = Sqr(X3 * X3 + Y3 * Y3 + Z3 * Z3)fronquad(5, 1, FRQ) = X3 / normefronquad(5, 2, FRQ) = Y3 / normefronquad(5, 3, FRQ) = Z3 / normeEnd If If champ4(ptsdela(Triangf(4, NTf))) = champ4(ptsdela(Triangf(2, NTf))) Then 'calcul du quadrilatère de séparation fronquad(1, 1, FRQ) = (coordx(ptsdela(Triangf(4, NTf))) + coordx(ptsdela(Triangf(1, NTf)))) / 2 fronquad(1, 2, FRQ) = (coordy(ptsdela(Triangf(4, NTf))) + coordy(ptsdela(Triangf(1, NTf)))) / 2 fronquad(1, 3, FRQ) = (coordz(ptsdela(Triangf(4, NTf))) + coordz(ptsdela(Triangf(1, NTf)))) / 2 fronquad(2, 1, FRQ) = (coordx(ptsdela(Triangf(4, NTf))) + coordx(ptsdela(Triangf(3, NTf)))) / 2 fronquad(2, 2, FRQ) = (coordy(ptsdela(Triangf(4, NTf))) + coordy(ptsdela(Triangf(3, NTf)))) / 2 fronquad(2, 3, FRQ) = (coordz(ptsdela(Triangf(4, NTf))) + coordz(ptsdela(Triangf(3, NTf)))) / 2 fronquad(3, 1, FRQ) = (coordx(ptsdela(Triangf(2, NTf))) + coordx(ptsdela(Triangf(3, NTf)))) / 2 fronquad(3, 2, FRQ) = (coordy(ptsdela(Triangf(2, NTf))) + coordy(ptsdela(Triangf(3, NTf)))) / 2 fronquad(3, 3, FRQ) = (coordz(ptsdela(Triangf(2, NTf))) + coordz(ptsdela(Triangf(3, NTf)))) / 2 fronquad(4, 1, FRQ) = (coordx(ptsdela(Triangf(2, NTf))) + coordx(ptsdela(Triangf(1, NTf)))) / 2 fronquad(4, 2, FRQ) = (coordy(ptsdela(Triangf(2, NTf))) + coordy(ptsdela(Triangf(1, NTf)))) / 2 fronquad(4, 3, FRQ) = (coordz(ptsdela(Triangf(2, NTf))) + coordz(ptsdela(Triangf(1, NTf)))) / 2 X1 = fronquad(2, 1, FRQ) - fronquad(1, 1, FRQ)Y1 = fronquad(2, 2, FRQ) - fronquad(1, 2, FRQ)Z1 = fronquad(2, 3, FRQ) - fronquad(1, 3, FRQ)X2 = fronguad(3, 1, FRQ) - fronguad(1, 1, FRQ)Y2 = fronguad(3, 2, FRQ) - fronguad(1, 2, FRQ)Z2 = fronquad(3, 3, FRQ) - fronquad(1, 3, FRQ)X3 = (Y1 * Z2) - (Y2 * Z1)Y3 = -(X1 * Z2) + (X2 * Z1)Z3 = (X1 * Y2) - (X2 * Y1)norme = Sqr(X3 * X3 + Y3 * Y3 + Z3 * Z3)fronquad(5, 1, FRQ) = X3 / normefronquad(5, 2, FRQ) = Y3 / normefronquad(5, 3, FRQ) = Z3 / normeEnd If If champ4(ptsdela(Triangf(4, NTf))) = champ4(ptsdela(Triangf(3, NTf))) Then 'calcul du quadrilatère de séparation fronquad(1, 1, FRQ) = (coordx(ptsdela(Triangf(4, NTf))) + coordx(ptsdela(Triangf(1, NTf)))) / 2 fronquad(1, 2, FRQ) = (coordy(ptsdela(Triangf(4, NTf))) + coordy(ptsdela(Triangf(1, NTf)))) / 2 fronquad(1, 3, FRQ) = (coordz(ptsdela(Triangf(4, NTf))) + coordz(ptsdela(Triangf(1, NTf)))) / 2 fronquad(2, 1, FRQ) = (coordx(ptsdela(Triangf(4, NTf))) + coordx(ptsdela(Triangf(2, NTf)))) / 2 fronquad(2, 2, FRQ) = (coordy(ptsdela(Triangf(4, NTf))) + coordy(ptsdela(Triangf(2, NTf)))) / 2 fronquad(2, 3, FRQ) = (coordz(ptsdela(Triangf(4, NTf))) + coordz(ptsdela(Triangf(2, NTf)))) / 2 fronquad(3, 1, FRO) = (coordx(ptsdela(Triangf(3, NTf))) + coordx(ptsdela(Triangf(2, NTf)))) / 2 fronquad(3, 2, FRQ) = (coordy(ptsdela(Triangf(3, NTf))) + coordy(ptsdela(Triangf(2, NTf)))) / 2 fronquad(3, 3, FRQ) = (coordz(ptsdela(Triangf(3, NTf))) + coordz(ptsdela(Triangf(2, NTf)))) / 2 fronquad(4, 1, FRQ) = (coordx(ptsdela(Triangf(3, NTf))) + coordx(ptsdela(Triangf(1, NTf)))) / 2 fronquad(4, 2, FRQ) = (coordy(ptsdela(Triangf(3, NTf))) + coordy(ptsdela(Triangf(1, NTf)))) / 2 fronquad(4, 3, FRQ) = (coordz(ptsdela(Triangf(3, NTf))) + coordz(ptsdela(Triangf(1, NTf)))) / 2

'Calcul de la normale X1 = fronguad(2, 1, FRQ) - fronguad(1, 1, FRQ)Y1 = fronquad(2, 2, FRQ) - fronquad(1, 2, FRQ)Z1 = fronquad(2, 3, FRQ) - fronquad(1, 3, FRQ)X2 = fronquad(3, 1, FRQ) - fronquad(1, 1, FRQ)Y2 = fronquad(3, 2, FRQ) - fronquad(1, 2, FRQ)Z2 = fronquad(3, 3, FRQ) - fronquad(1, 3, FRQ)X3 = (Y1 * Z2) - (Y2 * Z1)Y3 = -(X1 * Z2) + (X2 * Z1)Z3 = (X1 * Y2) - (X2 * Y1)norme = Sqr(X3 * X3 + Y3 * Y3 + Z3 * Z3)fronquad(5, 1, FRQ) = X3 / normefronquad(5, 2, FRQ) = Y3 / normefronquad(5, 3, FRQ) = Z3 / normeEnd If End If End If If b = 2 Then If ptsdela(Triangf(5, NTf)) > ptsdela(Triangf(1, NTf)) And ptsdela(Triangf(5, NTf)) > ptsdela(Triangf(3, NTf)) And ptsdela(Triangf(5, NTf)) > ptsdela(Triangf(2, NTf)) Then FRO = FRO + 1ReDim Preserve fronquad(1 To 5, 1 To 3, 1 To FRQ) If champ4(ptsdela(Triangf(5, NTf))) = champ4(ptsdela(Triangf(1, NTf))) Then 'calcul du quadrilatère de séparation fronquad(1, 1, FRQ) = (coordx(ptsdela(Triangf(5, NTf))) + coordx(ptsdela(Triangf(2, NTf)))) / 2 fronquad(1, 2, FRQ) = (coordy(ptsdela(Triangf(5, NTf))) + coordy(ptsdela(Triangf(2, NTf)))) / 2 fronquad(1, 3, FRQ) = (coordz(ptsdela(Triangf(5, NTf))) + coordz(ptsdela(Triangf(2, NTf)))) / 2 fronquad(2, 1, FRQ) = (coordx(ptsdela(Triangf(5, NTf))) + coordx(ptsdela(Triangf(3, NTf)))) / 2 fronquad(2, 2, FRQ) = (coordy(ptsdela(Triangf(5, NTf))) + coordy(ptsdela(Triangf(3, NTf)))) / 2 fronquad(2, 3, FRQ) = (coordz(ptsdela(Triangf(5, NTf))) + coordz(ptsdela(Triangf(3, NTf)))) / 2 fronquad(3, 1, FRQ) = (coordx(ptsdela(Triangf(1, NTf))) + coordx(ptsdela(Triangf(3, NTf)))) / 2 fronquad(3, 2, FRQ) = (coordy(ptsdela(Triangf(1, NTf))) + coordy(ptsdela(Triangf(3, NTf)))) / 2 fronquad(3, 3, FRQ) = (coordz(ptsdela(Triangf(1, NTf))) + coordz(ptsdela(Triangf(3, NTf)))) / 2 fronquad(4, 1, FRQ) = (coordx(ptsdela(Triangf(1, NTf))) + coordx(ptsdela(Triangf(2, NTf)))) / 2 fronquad(4, 2, FRQ) = (coordy(ptsdela(Triangf(1, NTf))) + coordy(ptsdela(Triangf(2, NTf)))) / 2 fronquad(4, 3, FRQ) = (coordz(ptsdela(Triangf(1, NTf))) + coordz(ptsdela(Triangf(2, NTf)))) / 2 X1 = fronquad(2, 1, FRQ) - fronquad(1, 1, FRQ)Y1 = fronquad(2, 2, FRQ) - fronquad(1, 2, FRQ)Z1 =fronquad(2, 3, FRQ) - fronquad(1, 3, FRQ) X2 = fronquad(3, 1, FRQ) - fronquad(1, 1, FRQ)Y2 = fronquad(3, 2, FRQ) - fronquad(1, 2, FRQ)Z2 = fronguad(3, 3, FRO) - fronguad(1, 3, FRO)X3 = (Y1 * Z2) - (Y2 * Z1)Y3 = -(X1 * Z2) + (X2 * Z1)Z3 = (X1 * Y2) - (X2 * Y1)norme = Sqr(X3 * X3 + Y3 * Y3 + Z3 * Z3)fronquad(5, 1, FRQ) = X3 / normefronquad(5, 2, FRQ) = Y3 / normefronquad(5, 3, FRQ) = Z3 / normeEnd If If champ4(ptsdela(Triangf(5, NTf))) = champ4(ptsdela(Triangf(2, NTf))) Then 'calcul du quadrilatère de séparation fronquad(1, 1, FRQ) = (coordx(ptsdela(Triangf(5, NTf))) + coordx(ptsdela(Triangf(1, NTf)))) / 2 fronquad(1, 2, FRQ) = (coordy(ptsdela(Triangf(5, NTf))) + coordy(ptsdela(Triangf(1, NTf)))) / 2 fronquad(1, 3, FRQ) = (coordz(ptsdela(Triangf(5, NTf))) + coordz(ptsdela(Triangf(1, NTf)))) / 2 fronquad(2, 1, FRQ) = (coordx(ptsdela(Triangf(5, NTf))) + coordx(ptsdela(Triangf(3, NTf)))) / 2 fronquad(2, 2, FRQ) = (coordy(ptsdela(Triangf(5, NTf))) + coordy(ptsdela(Triangf(3, NTf)))) / 2 fronquad(2, 3, FRQ) = (coordz(ptsdela(Triangf(5, NTf))) + coordz(ptsdela(Triangf(3, NTf)))) / 2 fronquad(3, 1, FRQ) = (coordx(ptsdela(Triangf(2, NTf))) + coordx(ptsdela(Triangf(3, NTf)))) / 2 fronquad(3, 2, FRQ) = (coordy(ptsdela(Triangf(2, NTf))) + coordy(ptsdela(Triangf(3, NTf)))) / 2 fronquad(3, 3, FRQ) = (coordz(ptsdela(Triangf(2, NTf))) + coordz(ptsdela(Triangf(3, NTf)))) / 2 fronquad(4, 1, FRO) = (coordx(ptsdela(Triangf(2, NTf))) + coordx(ptsdela(Triangf(1, NTf)))) / 2 fronquad(4, 2, FRQ) = (coordy(ptsdela(Triangf(2, NTf))) + coordy(ptsdela(Triangf(1, NTf)))) / 2 fronquad(4, 3, FRQ) = (coordz(ptsdela(Triangf(2, NTf))) + coordz(ptsdela(Triangf(1, NTf)))) / 2 'Calcul de la normale X1 = fronquad(2, 1, FRQ) - fronquad(1, 1, FRQ)Y1 = fronquad(2, 2, FRQ) - fronquad(1, 2, FRQ)

Z1 =fronguad(2, 3, FRO) - fronguad(1, 3, FRO) X2 = fronquad(3, 1, FRQ) - fronquad(1, 1, FRQ)Y2 = fronquad(3, 2, FRQ) - fronquad(1, 2, FRQ)Z2 = fronguad(3, 3, FRQ) - fronguad(1, 3, FRQ)X3 = (Y1 * Z2) - (Y2 * Z1)Y3 = -(X1 * Z2) + (X2 * Z1)Z3 = (X1 * Y2) - (X2 * Y1)norme = Sqr(X3 * X3 + Y3 * Y3 + Z3 * Z3)fronquad(5, 1, FRQ) = X3 / normefronquad(5, 2, FRQ) = Y3 / normefronquad(5, 3, FRQ) = Z3 / norme End If If champ4(ptsdela(Triangf(5, NTf))) = champ4(ptsdela(Triangf(3, NTf))) Then 'calcul du quadrilatère de séparation fronquad(1, 1, FRQ) = (coordx(ptsdela(Triangf(5, NTf))) + coordx(ptsdela(Triangf(1, NTf)))) / 2 fronquad(1, 2, FRQ) = (coordy(ptsdela(Triangf(5, NTf))) + coordy(ptsdela(Triangf(1, NTf)))) / 2 fronquad(1, 3, FRQ) = (coordz(ptsdela(Triangf(5, NTf))) + coordz(ptsdela(Triangf(1, NTf)))) / 2fronquad(2, 1, FRQ) = (coordx(ptsdela(Triangf(5, NTf))) + coordx(ptsdela(Triangf(2, NTf)))) / 2 fronquad(2, 2, FRQ) = (coordy(ptsdela(Triangf(5, NTf))) + coordy(ptsdela(Triangf(2, NTf)))) / 2 fronguad(2, 3, FRO) = (coordz(ptsdela(Triangf(5, NTf))) + coordz(ptsdela(Triangf(2, NTf)))) / 2 fronquad(3, 1, FRQ) = (coordx(ptsdela(Triangf(3, NTf))) + coordx(ptsdela(Triangf(2, NTf)))) / 2 fronquad(3, 2, FRQ) = (coordy(ptsdela(Triangf(3, NTf))) + coordy(ptsdela(Triangf(2, NTf)))) / 2 fronquad(3, 3, FRQ) = (coordz(ptsdela(Triangf(3, NTf))) + coordz(ptsdela(Triangf(2, NTf)))) / 2 fronquad(4, 1, FRQ) = (coordx(ptsdela(Triangf(3, NTf))) + coordx(ptsdela(Triangf(1, NTf)))) / 2 fronquad(4, 2, FRQ) = (coordy(ptsdela(Triangf(3, NTf))) + coordy(ptsdela(Triangf(1, NTf)))) / 2 fronquad(4, 3, FRQ) = (coordz(ptsdela(Triangf(3, NTf))) + coordz(ptsdela(Triangf(1, NTf)))) / 2 'Calcul de la normale X1 = fronquad(2, 1, FRQ) - fronquad(1, 1, FRQ)Y1 = fronquad(2, 2, FRQ) - fronquad(1, 2, FRQ)Z1 = fronquad(2, 3, FRQ) - fronquad(1, 3, FRQ)X2 = fronquad(3, 1, FRQ) - fronquad(1, 1, FRQ)Y2 = fronquad(3, 2, FRQ) - fronquad(1, 2, FRQ)Z2 = fronguad(3, 3, FRQ) - fronguad(1, 3, FRQ)X3 = (Y1 * Z2) - (Y2 * Z1)Y3 = -(X1 * Z2) + (X2 * Z1)Z3 = (X1 * Y2) - (X2 * Y1)norme = Sqr(X3 * X3 + Y3 * Y3 + Z3 * Z3)fronquad(5, 1, FRQ) = X3 / normefronguad(5, 2, FRO) = Y3 / normefronquad(5, 3, FRQ) = Z3 / normeEnd If End If End If End If Next I ReDim afftriang(1 To 7, 1 To NT) ReDim afftriangf(1 To 7, 1 To NTf) mise a jourdela Else MsgBox "Errore di triangolazione IERR = " & IERR & vbNewLine & "(Vedere tabella degli errori)", vbCritical, " cmdDTRI 3D" End If

End Sub