

N° d'ordre : 3837

THÈSE

PRÉSENTÉE À

L'UNIVERSITÉ BORDEAUX I

ÉCOLE DOCTORALE DE MATHÉMATIQUES ET
D'INFORMATIQUE

Par **Guillaume RIVIÈRE**

POUR OBTENIR LE GRADE DE

DOCTEUR

SPÉCIALITÉ : INFORMATIQUE

Interaction Tangible sur Table Interactive : application aux géosciences

SUPPLEMENT

Soutenue le : 9 Septembre 2009

Après avis des rapporteurs :

Laurence NIGAY .. Professeur
Pierre LECLERCQ Professeur

Devant la commission d'examen composée de :

Pascal WEIL	Directeur de Recherche	Président
Laurence NIGAY ..	Professeur	Rapporteur
Pierre LECLERCQ	Professeur	Rapporteur
Nadine COUTURE	Enseignant-Chercheur .	Directrice
Maylis DELEST ...	Professeur	Directrice
Patrick REUTER .	Maître de Conférences	Examinateur
Jacques JACOBS .	Directeur IFP - Pau ...	Examinateur

Table des matières

ANNEXES	3
F Étude pilote	3
F.1 Lignes de coupe effectuées	3
G Étude formelle	11
G.1 Lignes de coupe effectuées	11
H Programme de calcul de l’entrelacement de deux actions	31
H.1 Fonctions du programme	31
H.2 Appel du programme	32
H.3 Code source	32
H.4 Exemple de résultats obtenus	38
H.5 Diffusion	41
I Logiciel de visualisateur de traces	43
I.1 Présentation du logiciel	43
I.1.1 Format des traces	43
I.1.2 Présentation de l’interface graphique	44
I.1.3 Le mode cumul	46
I.1.4 Illustrations de l’utilisation du logiciel	48
I.1.5 Diffusion	48
J La boucle principale de GeoTUI	49
K Produits commercialisés	59
Bibliographie	61

ANNEXES

Annexe F

Étude pilote

F.1 Lignes de coupe effectuées

À l'aide du logiciel de visualisation de traces (voir annexe I page 43) les lignes coupe qui ont été réalisées par les sujets sur la carte géographique et enregistrées dans les fichiers de log, lors des deux exercices, sont redessinées sur des images miniatures.

Légende pour les figures des tableaux 1-5. La carte géographique est symbolisée par un rectangle de couleur verte. Les lignes de coupe effectuées par les sujets sont reproduites par un trait de couleur bleue. Pour les dessins appartenant au premier exercice, la ligne de coupe attendue apparaît sur le dessin par un trait de couleur rouge. Pour le deuxième exercice, l'ensemble des lignes de coupes est cumulé, pour chaque sujet, sur la même image miniature.

Les lignes de coupes réalisées avec la TUI sont reproduites :

- dans le tableau 1 page suivante pour les sujets ayant commencé les tests sur GUI.
- dans le tableau 2 page 5 pour les sujets ayant commencé les tests sur TUI.
- dans le tableau 3 page 6 qui présente, pour les deux groupes GUI/TUI et TUI/GUI, ainsi que pour l'ensemble des sujets, le cumul des lignes de coupes par exercice.

Celles réalisées avec la GUI sont reproduites :

- dans le tableau 4 page 7 pour les sujets ayant commencé les tests sur GUI,
- dans le tableau 5 page 8 pour les sujets ayant commencé les tests sur TUI.

Tableau 1 : Visualisations des lignes de coupe réalisées sur *TUI* par les sujets *GUI/TUI*.
 Pour chaque sujet, les cinq lignes de coupe du premier exercice (avec distance mesurée et classification), et la cumulation des lignes de coupe effectuées durant le deuxième exercice. (légende page 3)

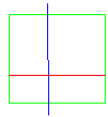
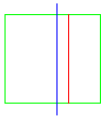
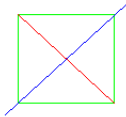
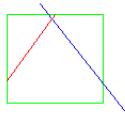
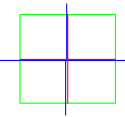
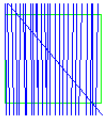

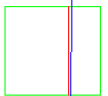
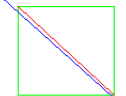
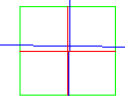
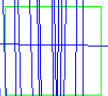
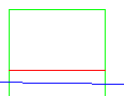
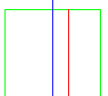
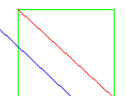
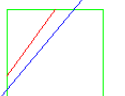
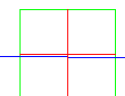
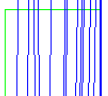
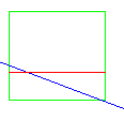
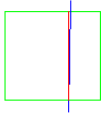
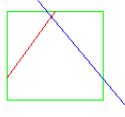
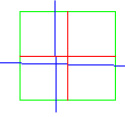
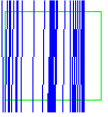
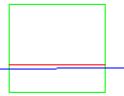
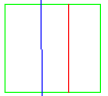
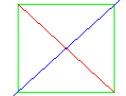
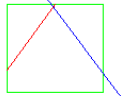
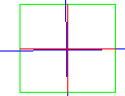
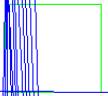
	Exercice 1					Exercice 2
	(No 1) Y = 3 km	(No 2) X = 7 km	(No 3) NO - SE	(No 4) $\frac{1}{2}$ N - $\frac{1}{4}$ O	(No 5) 2 ortho- centrées	Trouver impacts
Sujet 1	 257.1 Ab	 52.7 El	 284.1 Ab	 311.2 Ab	 5.7 et 7.0 PEX et PEX	 28 coupes 2 impacts
Sujet 3	 20.0 Pr	 16.3 Pr	 21.2 El	<i>Pas de coupe</i>	 12.3 et 24.3 Pr et El	 16 coupes 2 impacts
Sujet 5	 59.5 El	 73.5 El	 169.5 Ab	 83.2 El	 100.0 et 11.4 Ab et Pr	 15 coupes 1 impact
Sujet 7	 100.3 Ab	 7.3 PEX	<i>Pas de coupe</i>	 311.1 Ab	 56.7 et 37.2 El et El	 34 coupes 2 impacts
Sujet 9	 17.5 Pr	 127.3 Ab	 281.1 Ab	 311.1 Ab	 5.2 et 7.3 PEX et PEX	 13 coupes 2 impacts

Tableau 2 : Visualisations des lignes de coupe réalisées sur *TUI* par les sujets *TUI/GUI*.
 Pour chaque sujet, les cinq lignes de coupe du premier exercice (avec distance mesurée et classification), et la cumulation des lignes de coupe effectuées durant le deuxième exercice. (légende page 3)

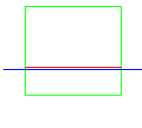
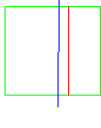
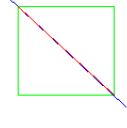
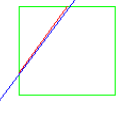
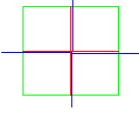
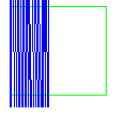
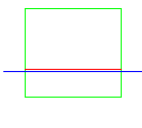
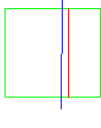
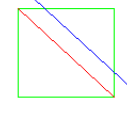
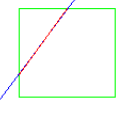
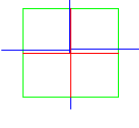
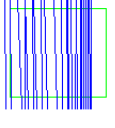
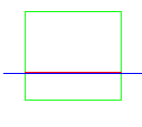
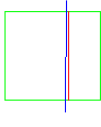
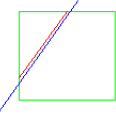
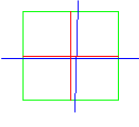
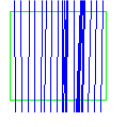
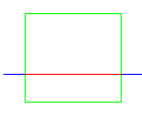
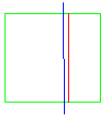
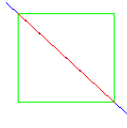
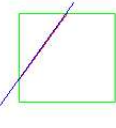
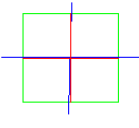
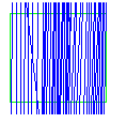
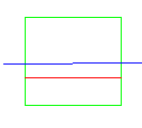
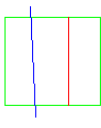
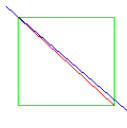
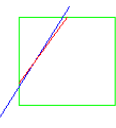
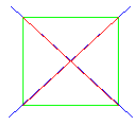
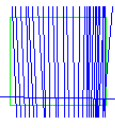
	Exercice 1					Exercice 2
	(No 1) Y = 3 km	(No 2) X = 7 km	(No 3) NO - SE	(No 4) $\frac{1}{2} N - \frac{1}{4} O$	(No 5) 2 ortho-centrées	Trouver impacts
Sujet 2	 13.0 Pr	 46.3 El	 2.7 Ex	 12.5 Pr	 9.7 et 9.5 PEx et PEx	 25 coupes 3 impacts
Sujet 4	 9.0 PEx	 30.5 El	 114.2 Ab	 4.4 PEx	 1.5 et 17.0 Ex et Pr	 30 coupes 0 impact
Sujet 6	 8.0 PEx	 10.7 Pr	<i>Pas de coupe</i>	 28.1 El	 34.2 et 10.0 El et PEx	 30 coupes 2 impacts
Sujet 8	 4.0 PEx	 19.4 Pr	 2.4 Ex	 3.7 PEx	 5.4 et 3.0 PEx et Ex	 42 coupes 5 impacts
Sujet 10	 63.5 El	 173.1 Ab	 23.1 El	 13.2 Pr	 1.0 et 4.0 Ex et PEx	 29 coupes 4 impacts

Tableau 3 : Visualisations du cumul des lignes de coupe réalisées sur **TUI** par tous les sujets.
 Pour les cinq lignes de coupe du premier exercice, et pour le deuxième exercice,
 les lignes de coupes de tous les sujets sont cumulées. (légende page 3)

Sujets	Exercice 1					Exercice 2
	(No 1) Y = 3 km	(No 2) X = 7 km	(No 3) NO - SE	(No 4) $\frac{1}{2}$ N - $\frac{1}{4}$ O	(No 5) 2 ortho- centrées	Trouver impacts
GUI/TUI						
TUI/GUI						
Tous						

Tableau 4 : Visualisations des lignes de coupe réalisées sur *GUI* par les sujets *GUI/TUI*.
 Pour chaque sujet, les cinq lignes de coupe du premier exercice (avec distance mesurée et classification), et la cumulation des lignes de coupe effectuées durant le deuxième exercice. (légende page 3)

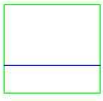
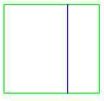

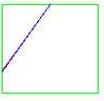
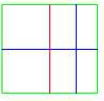
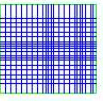
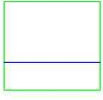
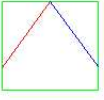
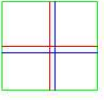
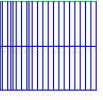
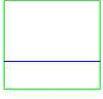
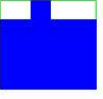
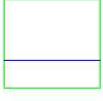
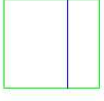

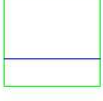
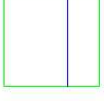
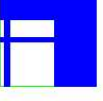
	Exercice 1					Exercice 2
	(No 1) Y = 3 km	(No 2) X = 7 km	(No 3) NO - SE	(No 4) $\frac{1}{2}$ N - $\frac{1}{4}$ O	(No 5) 2 ortho- centrées	Trouver impacts
Sujet 1	 0.0 Ex	 0.0 Ex	 91.2 El	 1.5 Ex	 125.0 et 0.0 Ab et Ex	 40 coupes 10 impacts
Sujet 3	 0.0 Ex	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>	 311.1 Ab	 25.0 et 29.0 El et El	 30 coupes 10 impacts
Sujet 5	 0.0 Ex	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>	 157 coupes 10 impacts
Sujet 7	 0.0 Ex	 0.0 Ex	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>	 15 coupes 10 impacts
Sujet 9	 0.0 Ex	 0.0 Ex	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>	 126 coupes 2 impacts

Tableau 5 : Visualisations des lignes de coupe réalisées sur *GUI* par les sujets *TUI/GUI*.
 Pour chaque sujet, les cinq lignes de coupe du premier exercice (avec distance mesurée et classification), et la cumulation des lignes de coupe effectuées durant le deuxième exercice. (légende page 3)

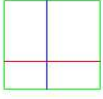
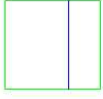

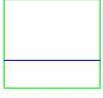
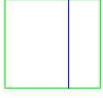
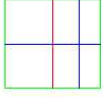
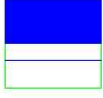
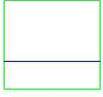
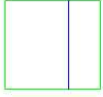

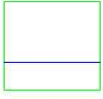
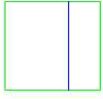
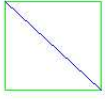
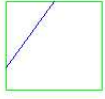
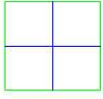
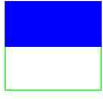
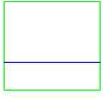
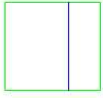
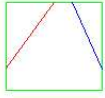
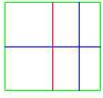
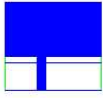
	Exercice 1					Exercice 2
	(No 1) Y = 3 km	(No 2) X = 7 km	(No 3) NO - SE	(No 4) $\frac{1}{2}$ N - $\frac{1}{4}$ O	(No 5) 2 ortho-centrées	Trouver impacts
Sujet 2	 291.3 Ab	 0.0 Ex	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>	 91 coupes 2 impacts
Sujet 4	 0.0 Ex	 0.0 Ex	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>	 125.0 et 0.0 Ab et Ex	 51 coupes 5 impacts
Sujet 6	 0.0 Ex	 0.0 Ex	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>	 80 coupes 5 impacts
Sujet 8	 0.0 Ex	 0.0 Ex	 0.0 Ex	 0.0 Ex	 0.0 et 0.0 Ex et Ex	 52 coupes 10 impacts
Sujet 10	 0.0 Ex	 0.0 Ex	<i>Pas de coupe</i>	 317.3 Ab	 125.0 et 0.0 Ab et Ex	 84 coupes 0 impact

Tableau 6 : *Analyse des résultats du premier exercice : nombre de coupes réalisées, confusion entre Est et Ouest, décalages de ligne de coupe dus à la confusion entre le bord actif et le bord gradué.*

		GUI	TUI
Nombre de coupes	No 1	10	10
	No 2	8	10
	No 3	2	8
	No 4	4	9
	No 5-1	5	10
	No 5-2	5	10
	Total sur 60	34	57
Confusion Est/Ouest	No 3	0% (0/2)	25% (2/8)
	No 4	50% (2/4)	33% (3/9)
Décalage règle	No 1		2
	No 2		3
	No 3		2
	No 4		1

Tableau 7 : *Analyse des résultats du premier exercice : justesse des lignes de coupes réalisées pour le premier exercice. Résultats ignorant les coupes aberrantes, sur GUI et TUI, dues à l'erreur dans l'énoncé ainsi qu'aux problèmes de décalage du bord de la règle sur TUI. Résultats prenant en compte, sur GUI et TUI, une correction par symétrie horizontale de la confusion entre Est et Ouest.*

		GUI	TUI	
Justesse coupe No 1	Exacte	100% (9/9)	43% (3/7)	
	Presque exacte			
	Proche			43% (3/7)
	Éloignée			
	Aberrante			14% (1/7)
Justesse coupe No 2	Exacte	100% (8/8)	14% (1/7)	
	Presque exacte			
	Proche			43% (3/7)
	Éloignée			43% (3/7)
	Aberrante			
Justesse coupe No 3	Exacte	50% (1/2)	67% (4/6)	
	Presque exacte			
	Proche			
	Éloignée	50% (1/2)	33% (2/6)	
	Aberrante			
Justesse coupe No 4	Exacte	75% (3/4)	22% (2/9)	
	Presque exacte			
	Proche			44% (4/9)
	Éloignée			25% (1/4)
	Aberrante			33% (3/9)
Justesse coupe No 5-1	Exacte	20% (1/5)	20% (2/10)	
	Presque exacte	20% (1/5)	40% (4/10)	
	Proche		10% (1/10)	
	Éloignée		30% (3/10)	
	Aberrante	60% (3/5)		
Justesse coupe No 5-2	Exacte	80% (4/5)	10% (1/10)	
	Presque exacte			
	Proche			50% (5/10)
	Éloignée			20% (2/10)
	Aberrante			20% (1/5)
Total	Exacte	79% (26/33)	14% (7/49)	
	Presque exacte	3% (1/33)	31% (15/49)	
	Proche		27% (13/49)	
	Éloignée	9% (3/33)	27% (13/49)	
	Aberrante	9% (3/33)	2% (1/49)	

Annexe G

Étude formelle

G.1 Lignes de coupe effectuées

Les lignes de coupe qui ont été réalisées, par les sujets, sur la carte géographique, ont été enregistrées dans un fichier de log, lors de l'expérimentation. Avec le logiciel de visualisation de traces (voir annexe I page 43), ces lignes de coupes sont redessinées schématiquement sur des images miniatures.

Légende pour les figures des tableaux 8-15. La carte géographique est symbolisée par un rectangle de couleur verte. Les lignes de coupe effectuées par les sujets sont reproduites par un trait de couleur bleue. Pour les dessins appartenant au premier exercice, la ligne de coupe attendue apparaît sur le dessin par un trait de couleur rouge. Pour le deuxième exercice, l'ensemble des lignes de coupes est cumulé, pour chaque sujet, sur la même image miniature.

Les lignes de coupes réalisées, lors du premier exercice sont reproduites :

- pour la souris (*S*) dans les tableaux 8 et 9 (pages 12 et 13),
- pour *1-Palet* (*1P*) dans les tableaux 10 et 11 (pages 14 et 15),
- pour *2-Palet* (*2P*) dans les tableaux 12 et 13 (pages 16 et 17),
- pour *Règle* (*R*) dans les tableaux 14 et 15 (pages 18 et 19).

Les lignes de coupes, réalisées lors du deuxième exercice, sont reproduites dans les tableaux 16 et 17 (pages 20 et 21).

Le tableau 18 page 28 présente les nombres de coupes réalisées et l'analyse des lignes de coupes réalisées.

Tableau 8 : Reproduction des lignes de coupe réalisées lors du premier exercice, avec S , par les sujets GUI/TUI, avec distance mesurée et classification. (légende page 11)

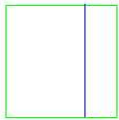
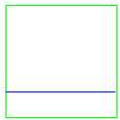

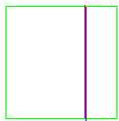
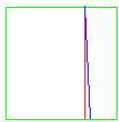
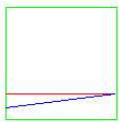
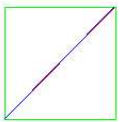


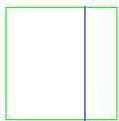
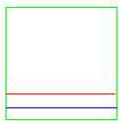
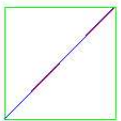
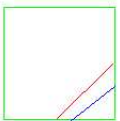
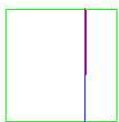


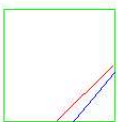
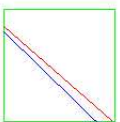
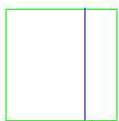
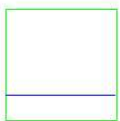
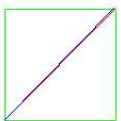
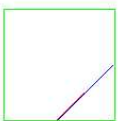
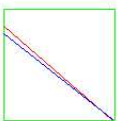
Exercice 1 avec S par les sujets GUI/TUI						
	(No 1) X = 8 km	(No 2) Y = 2 km	(No 3) NE - SO	(No 4) // No 3 - intersection No 1 et 2	(No 5) - - No 3 - intersection No 1 et 2	(No 6) $\frac{1}{2}$ S - intersection No 1 et 2
Sujet 1	 0.0 Ex	 2.0 Ex	 5.4 PEX	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>
Sujet 3	 2,0 Ex	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>
Sujet 5	 14.1 Pr	 39.0 El	 4.3 PEX	 23.0 El	 7.3 PEX	<i>Pas de coupe</i>
Sujet 7	 1.0 Ex	 39.0 El	 3.3 PEX	 65.1 El	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>
Sujet 9	 2.4 Ex	 41.5 El	 5.5 PEX	 46.1 El	 45.1 El	<i>Pas de coupe</i>
Sujet 11	 0.0 Ex	 1.0 Ex	 5.2 PEX	 2.7 Ex	 20.1 El	<i>Pas de coupe</i>

Tableau 9 : Reproduction des lignes de coupe réalisées lors du premier exercice, avec S , par les sujets TUI/GUI, avec distance mesurée et classification. (légende page 11)

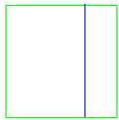

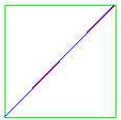
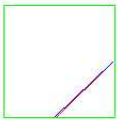

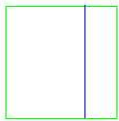
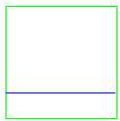
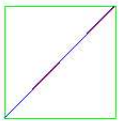
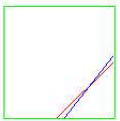
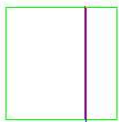
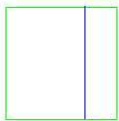
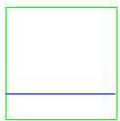
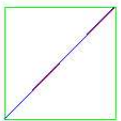
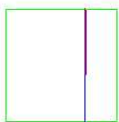

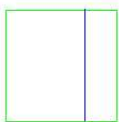
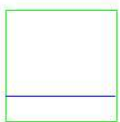
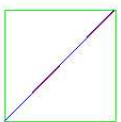
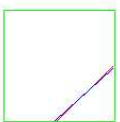

Exercice 1 avec S par les sujets TUI/GUI						
	(No 1) X = 8 km	(No 2) Y = 2 km	(No 3) NE - SO	(No 4) // No 3 - intersection No 1 et 2	(No 5) - - No 3 - intersection No 1 et 2	(No 6) $\frac{1}{2}$ S - intersection No 1 et 2
Sujet 2	 1.0 Ex	 3.4 PEX	 3.5 PEX	 6.2 PEX	 23.2 El	<i>Pas de coupe</i>
Sujet 4	 0.0 Ex	 2.0 Ex	 3.5 PEX	 19.0 Pr	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>
Sujet 6	 3.0 Ex	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>
Sujet 8	 1.0 Ex	 2.0 Ex	 4.3 PEX	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>
Sujet 10	 2.5 Ex	 40.0 El	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>
Sujet 12	 1.0 Ex	 1.0 Ex	 3.5 PEX	 5.7 PEX	 8.4 PEX	<i>Pas de coupe</i>

Tableau 10 : *Reproduction des lignes de coupe réalisées lors du premier exercice, avec 1P, par les sujets GUI/TUI, avec distance mesurée et classification. (légende page 11)*

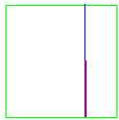
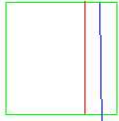

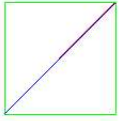
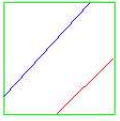
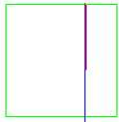
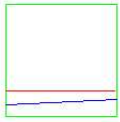
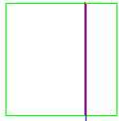
Exercice 1 avec 1P par les sujets GUI/TUI						
	(No 1) X = 8 km	(No 2) Y = 2 km	(No 3) NE - SO	(No 4) // No 3 - intersection No 1 et 2	(No 5) ⊥ No 3 - intersection No 1 et 2	(No 6) $\frac{1}{2}$ S - intersection No 1 et 2
Sujet 1	 1.7 Ex	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>
Sujet 3	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>
Sujet 5	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>
Sujet 7	 47.2 El	 28.2 El	 1.5 Ex	 172.9 Ab	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>
Sujet 9	 2.4 Ex	 40.1 El	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>
Sujet 11	 3.7 PEX	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>

Tableau 11 : *Reproduction des lignes de coupe réalisées lors du premier exercice, avec 1P, par les sujets TUI/GUI, avec distance mesurée et classification. (légende page 11)*

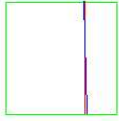
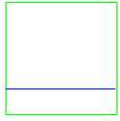
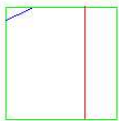
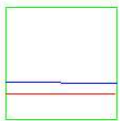
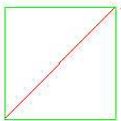
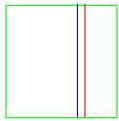
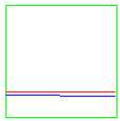

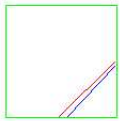
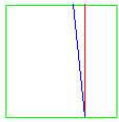

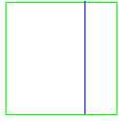
Exercice 1 avec 1P par les sujets TUI/GUI						
	(No 1) X = 8 km	(No 2) Y = 2 km	(No 3) NE - SO	(No 4) // No 3 - intersection No 1 et 2	(No 5) - - No 3 - intersection No 1 et 2	(No 6) $\frac{1}{2}$ S - intersection No 1 et 2
Sujet 2	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>
Sujet 4	 4.5 PEX	 1.7 Ex	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>
Sujet 6	 356.2 Ab	 30.4 El	 327.0 Ab	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>
Sujet 8	 21.7 El	 11.4 Pr	 14.2 Pr	 21.2 El	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>
Sujet 10	 33.1 El	 1.7 Ex	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>
Sujet 12	 0.7 Ex	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>

Tableau 12 : Reproduction des lignes de coupe réalisées lors du premier exercice, avec 2P, par les sujets GUI/TUI, avec distance mesurée et classification. (légende page 11)

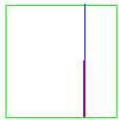

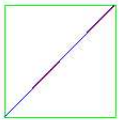
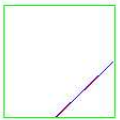
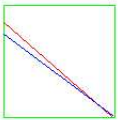
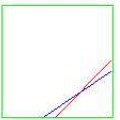
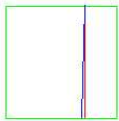
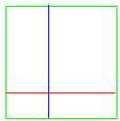

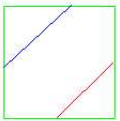
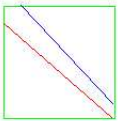
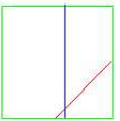
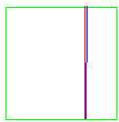

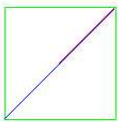
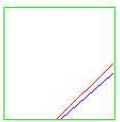

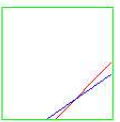
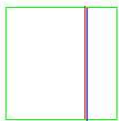
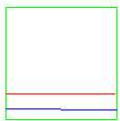

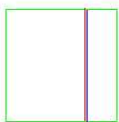

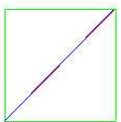
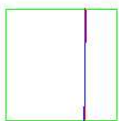
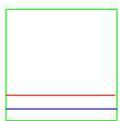
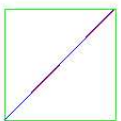
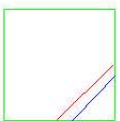
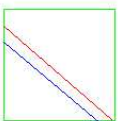
Exercice 1 avec 2P par les sujets GUI/TUI						
	(No 1) X = 8 km	(No 2) Y = 2 km	(No 3) NE - SO	(No 4) // No 3 - intersection No 1 et 2	(No 5) ⊥ No 3 - intersection No 1 et 2	(No 6) $\frac{1}{2}$ S - intersection No 1 et 2
Sujet 1	 2.5 Ex	 3.4 PEX	 2.7 Ex	 3.4 PEX	 33.1 El	 32.7 El
Sujet 3	 7.2 PEX	 271.8 Ab	 30.1 El	 207.9 Ab	 69.1 El	 203.0 Ab
Sujet 5	 4.4 PEX	 5.4 PEX	 2.0 Ex	 25.1 El	 6.5 PEX	 34.2 El
Sujet 7	 5.7 PEX	 46.4 El	 10.2 Pr	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>
Sujet 9	 5.7 PEX	 40.5 El	 3.4 PEX	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>
Sujet 11	 1.7 Ex	 39.7 El	 2.4 Ex	 42.2 El	 44.5 El	<i>Pas de coupe</i>

Tableau 13 : Reproduction des lignes de coupe réalisées lors du premier exercice, avec 2P, par les sujets TUI/GUI, avec distance mesurée et classification. (légende page 11)

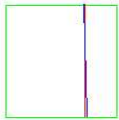




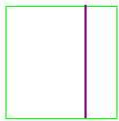
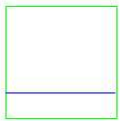
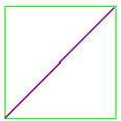

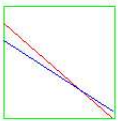
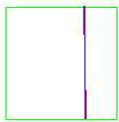

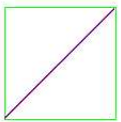
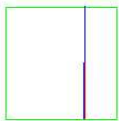

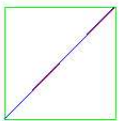

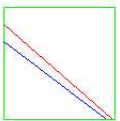

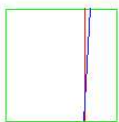


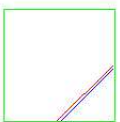
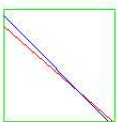

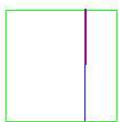
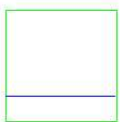
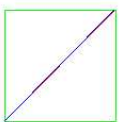

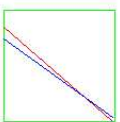
Exercice 1 avec 2P par les sujets TUI/GUI						
	(No 1) X = 8 km	(No 2) Y = 2 km	(No 3) NE - SO	(No 4) // No 3 - intersection No 1 et 2	(No 5) ⊥ No 3 - intersection No 1 et 2	(No 6) $\frac{1}{2}$ S - intersection No 1 et 2
Sujet 2	 4.4 PEX	 5.4 PEX	 11.2 Pr	 9.3 PEX	 7.2 PEX	<i>Pas de coupe</i>
Sujet 4	 2.7 Ex	 1.7 Ex	 2.7 Ex	 4.3 PEX	 48.1 El	<i>Pas de coupe</i>
Sujet 6	 3.0 Ex	 3.4 PEX	 3.5 PEX	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>
Sujet 8	 2.5 Ex	 15.4 Pr	 2.4 Ex	 25.3 El	 46.1 El	 16.1 Pr
Sujet 10	 14.2 Pr	 7.7 PEX	 13.2 Pr	 10.7 Pr	 28.1 El	 22.1 El
Sujet 12	 3.4 PEX	 0.7 Ex	 4.3 PEX	 9.3 PEX	 32.1 El	<i>Pas de coupe</i>

Tableau 14 : *Reproduction des lignes de coupe réalisées lors du premier exercice, avec R, par les sujets GUI/TUI, avec distance mesurée et classification. (légende page 11)*

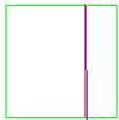
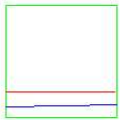
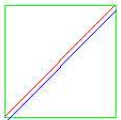
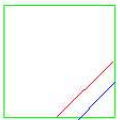
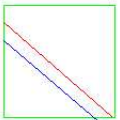
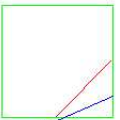
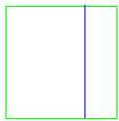
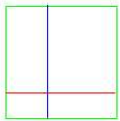

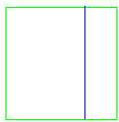


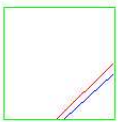

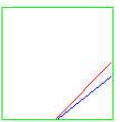
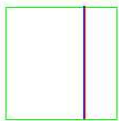
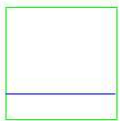

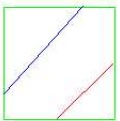
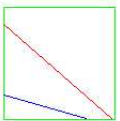
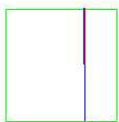
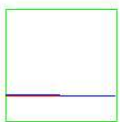
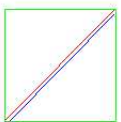
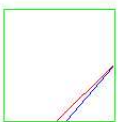
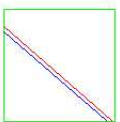
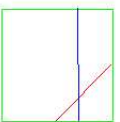
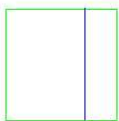
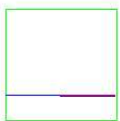
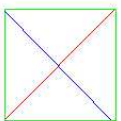
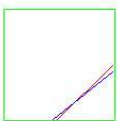

Exercice 1 avec R par les sujets GUI/TUI						
	(No 1) X = 8 km	(No 2) Y = 2 km	(No 3) NE - SO	(No 4) // No 3 - intersection No 1 et 2	(No 5) - - No 3 - intersection No 1 et 2	(No 6) $\frac{1}{2}$ S - intersection No 1 et 2
Sujet 1	 5.3 PE _x	 41.3 El	 16.7 Pr	 65.4 El	 50.5 El	 100.0 Ab
Sujet 3	 0.0 Ex	 270.5 Ab	 9.5 PE _x	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>
Sujet 5	 1.0 Ex	 2.7 Ex	 12.7 Pr	 28.2 El	 23.1 El	 38.1 El
Sujet 7	 3.5 PE _x	 1.7 Ex	 6.0 PE _x	 182.5 Ab	 197.0 Ab	<i>Pas de coupe</i>
Sujet 9	 2.5 Ex	 0.7 Ex	 15.2 Pr	 24.1 El	 15.0 Pr	 182.4 Ab
Sujet 11	 1.0 Ex	 2.4 Ex	 307.2 Ab	 16.4 Pr	 24.7 El	<i>Pas de coupe</i>

Tableau 15 : *Reproduction des lignes de coupe réalisées lors du premier exercice, avec R, par les sujets TUI/GUI, avec distance mesurée et classification. (légende page 11)*

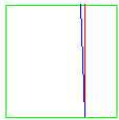

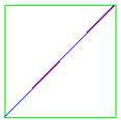
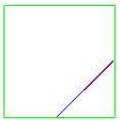
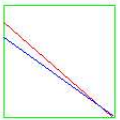
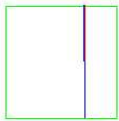
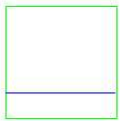
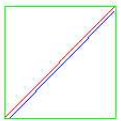
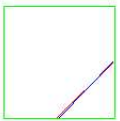

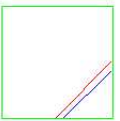
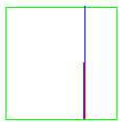
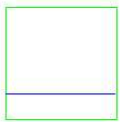
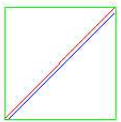
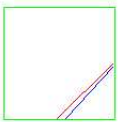
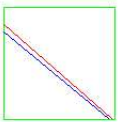
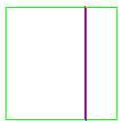
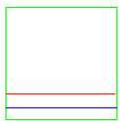
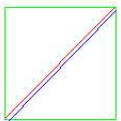
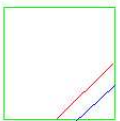
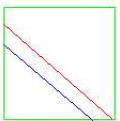
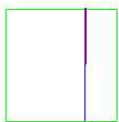
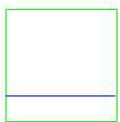
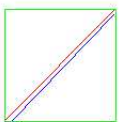
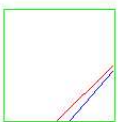
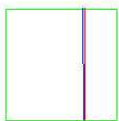
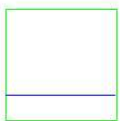
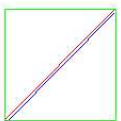
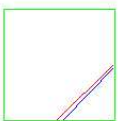
Exercice 1 avec R par les sujets TUI/GUI						
	(No 1) X = 8 km	(No 2) Y = 2 km	(No 3) NE - SO	(No 4) // No 3 - intersection No 1 et 2	(No 5) - - No 3 - intersection No 1 et 2	(No 6) $\frac{1}{2}$ S - intersection No 1 et 2
Sujet 2	 10.2 Pr	 3.3 PEX	 2.7 Ex	 3.3 PEX	 40.1 El	<i>Pas de coupe</i>
Sujet 4	 1.5 Ex	 0.7 Ex	 14.3 Pr	 5.5 PEX	 10.2 Pr	 26.3 El
Sujet 6	 1.5 Ex	 1.7 Ex	 13.7 Pr	 22.1 El	 21.1 El	<i>Pas de coupe</i>
Sujet 8	 3.5 PEX	 39.7 El	 17.2 Pr	 64.3 El	 59.4 El	<i>Pas de coupe</i>
Sujet 10	 1.7 Ex	 1.7 Ex	 22.1 El	 34.1 El	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>
Sujet 12	 6.3 PEX	 1.7 Ex	 13.2 Pr	 16.2 Pr	<i>Pas de coupe</i>	<i>Pas de coupe</i>

Tableau 16 : Reproduction des lignes de coupe réalisées, lors du deuxième exercice, par les sujets GUI/TUI, avec lettre cachée > lettre trouvée. (légende page 11)

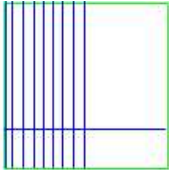
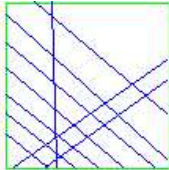

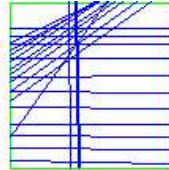
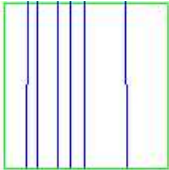
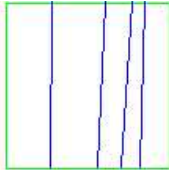
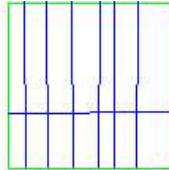
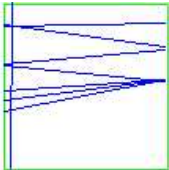
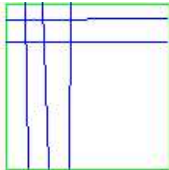
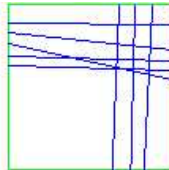

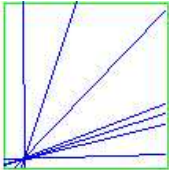
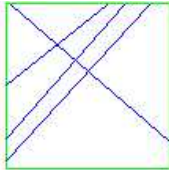
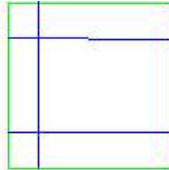

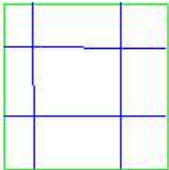
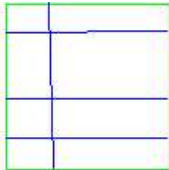
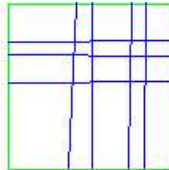
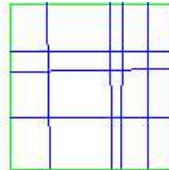
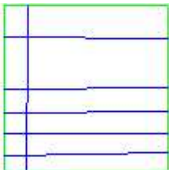
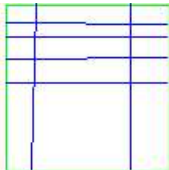
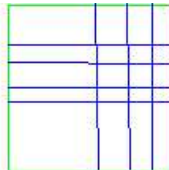
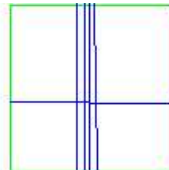
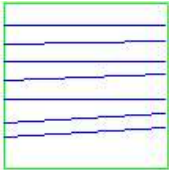
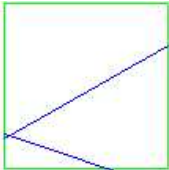
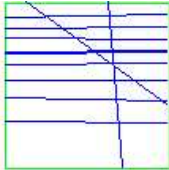
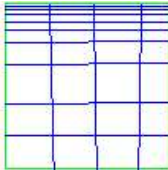
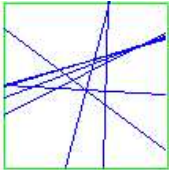
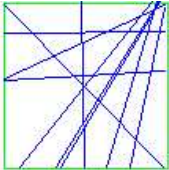
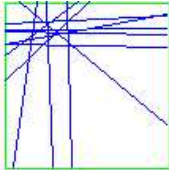
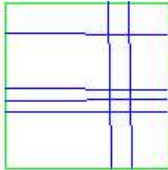
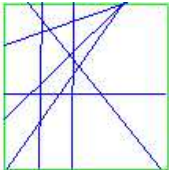
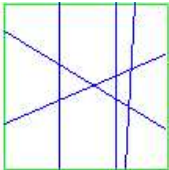
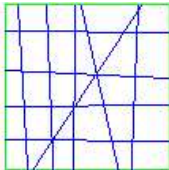
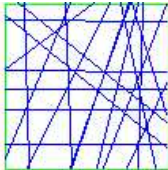
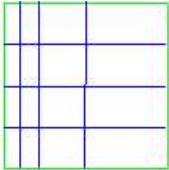
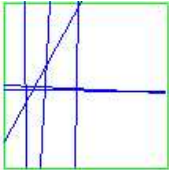
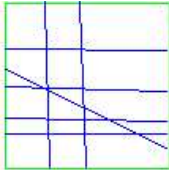
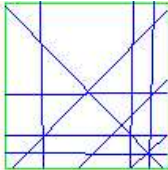
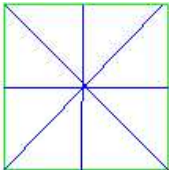
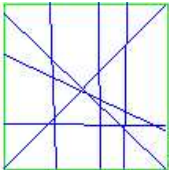
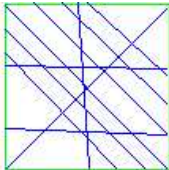
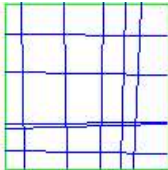
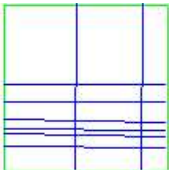
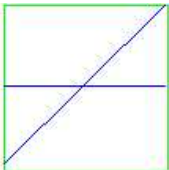
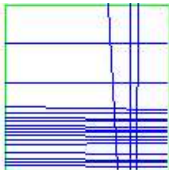
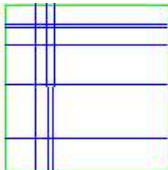
	S	1P	2P	R
Sujet 1	 <p>H > ? 10 coupes</p>	 <p>X > X 10 coupes</p>	 <p>K > K 19 coupes</p>	 <p>R > F 24 coupes</p>
Sujet 3	 <p>K > V 6 coupes</p>	 <p>F > ? 4 coupes</p>	 <p>H > ? 7 coupes</p>	<p><i>Pas de données (Incident technique)</i></p>
Sujet 5	 <p>X > ? 8 coupes</p>	 <p>K > X 5 coupes</p>	 <p>F > F 8 coupes</p>	 <p>H > H 4 coupes</p>
Sujet 7	 <p>F > F 7 coupes</p>	 <p>H > T 4 coupes</p>	 <p>X > X 3 coupes</p>	 <p>K > K 9 coupes</p>
Sujet 9	 <p>X > X 4 coupes</p>	 <p>K > ? 4 coupes</p>	 <p>F > ? 10 coupes</p>	 <p>H > H 7 coupes</p>
Sujet 11	 <p>X > X 6 coupes</p>	 <p>K > ? 6 coupes</p>	 <p>F > ? 19 coupes</p>	 <p>H > ? 5 coupes</p>

Tableau 17 : *Reproduction des lignes de coupe réalisées, lors du deuxième exercice, par les sujets TUI/GUI, avec lettre cachée > lettre trouvée. (légende page 11)*

	S	1P	2P	R
Sujet 2	 F > F 7 coupes	 H > ? 3 coupes	 T > ? 11 coupes	 K > K 12 coupes
Sujet 4	 H > H 8 coupes	 X > ? 10 coupes	 K > ? 11 coupes	 F > F 6 coupes
Sujet 6	 H > A 7 coupes	 X > A 7 coupes	 K > ? 10 coupes	 F > F 20 coupes
Sujet 8	 K > ? 8 coupes	 F > ? 6 coupes	 H > ? 7 coupes	 X > ? 10 coupes
Sujet 10	 H > ? 4 coupes	 X > K 7 coupes	 K > ? 7 coupes	 F > ? 10 coupes
Sujet 12	 F > F 8 coupes	 H > ? 3 coupes	 X > ? 7 coupes	 K > K 8 coupes

QUESTIONNAIRE

Prénom : _____

S'il vous plaît, cochez, entourez, ou écrivez vos réponses aux questions suivantes.

Informations biographiques

- **Votre âge :** _____
- **Vous êtes plutôt :** Gaucher – Droitier – Ambidextre
- **Quelle est votre activité ?** _____
- **Vous estimez vos compétences en géophysique :** [novice] 1 2 3 4 5 6 [expert]
- **Vous estimez vos compétences en informatique :** [novice] 1 2 3 4 5 6 [expert]
- **Vous avez déjà utilisé le logiciel JOHN auparavant :** Oui – Non
- **Vous avez déjà utilisé l'interface GeoTUI auparavant :** Oui – Non

tsvp ->

Figure 1 : Questionnaire écrit (Page 1 sur 6).

A propos de l'interface "graphique" avec la souris (sur l'écran)

- **Sélectionner une ligne de coupe avec la souris était de manière générale facile/difficile :**
[très difficile] 1 2 3 4 5 6 [très facile]

- **J'ai ressenti que l'interaction avec l'interface graphique était d'une manière générale...**
 - facile à apprendre : [pas du tout d'accord] 1 2 3 4 5 6 [tout à fait d'accord]
 - facile à utiliser : [pas du tout d'accord] 1 2 3 4 5 6 [tout à fait d'accord]

- **J'ai ressenti que ce genre d'interface m'aiderait efficacement à résoudre de vrais problèmes de géophysiques :**
[pas du tout d'accord] 1 2 3 4 5 6 [tout à fait d'accord]

A propos de l'interface "tangible" (sur la table)

- **Sélectionner une ligne de coupe 1 palet était de manière générale facile/difficile :**
[très difficile] 1 2 3 4 5 6 [très facile]

- **Sélectionner une ligne de coupe 2 palets était de manière générale facile/difficile :**
[très difficile] 1 2 3 4 5 6 [très facile]

- **Sélectionner une ligne de coupe la règle était de manière générale facile/difficile :**
[très difficile] 1 2 3 4 5 6 [très facile]

- **J'ai ressenti que l'interaction avec l'interface tangible était d'une manière générale...**
 - facile à apprendre : [pas du tout d'accord] 1 2 3 4 5 6 [tout à fait d'accord]
 - facile à utiliser : [pas du tout d'accord] 1 2 3 4 5 6 [tout à fait d'accord]

- **J'ai ressenti que ce genre d'interface m'aiderait efficacement à résoudre de vrais problèmes de géophysiques :**
[pas du tout d'accord] 1 2 3 4 5 6 [tout à fait d'accord]

Figure 2 : Questionnaire écrit (Page 2 sur 6).

Bilan de vos essais

- Comparant les performances de l'interface graphique et les performances de l'interface tangible, j'ai eu l'impression que :
 [l'interface graphique est plus rapide] 1 2 3 4 5 6 [l'interface tangible est plus rapide]

- D'une manière générale, j'ai préféré utiliser :
 [largement préféré l'interface graphique] 1 2 3 4 5 6 [largement préféré l'interface tangible]

- D'une manière générale, j'ai préféré utiliser cette interaction :

- Souris [le moins préféré] 1 2 3 4 5 6 [le plus préféré]
- 1 Palet [le moins préféré] 1 2 3 4 5 6 [le plus préféré]
- 2 Palets [le moins préféré] 1 2 3 4 5 6 [le plus préféré]
- Règle [le moins préféré] 1 2 3 4 5 6 [le plus préféré]

- J'ai ressenti que l'interaction qui m'a le plus/moins aidé à sélectionner les coupes...
 de manière précise était :

- Souris : [le moins aidé] 1 2 3 4 5 6 [le plus aidé]
- 1 Palet : [le moins aidé] 1 2 3 4 5 6 [le plus aidé]
- 2 Palets : [le moins aidé] 1 2 3 4 5 6 [le plus aidé]
- Règle : [le moins aidé] 1 2 3 4 5 6 [le plus aidé]

de manière rapide était :

- Souris : [le moins aidé] 1 2 3 4 5 6 [le plus aidé]
- 1 Palet : [le moins aidé] 1 2 3 4 5 6 [le plus aidé]
- 2 Palets : [le moins aidé] 1 2 3 4 5 6 [le plus aidé]
- Règle : [le moins aidé] 1 2 3 4 5 6 [le plus aidé]

de manière simple était :

- Souris : [le moins aidé] 1 2 3 4 5 6 [le plus aidé]
- 1 Palet : [le moins aidé] 1 2 3 4 5 6 [le plus aidé]
- 2 Palets : [le moins aidé] 1 2 3 4 5 6 [le plus aidé]
- Règle : [le moins aidé] 1 2 3 4 5 6 [le plus aidé]

- J'ai ressenti que l'interface qui m'a le plus aidé à me concentrer sur la reconnaissance des lettres était :

- Souris : [le moins aidé] 1 2 3 4 5 6 [le plus aidé]
- 1 Palet : [le moins aidé] 1 2 3 4 5 6 [le plus aidé]
- 2 Palets : [le moins aidé] 1 2 3 4 5 6 [le plus aidé]
- Règle : [le moins aidé] 1 2 3 4 5 6 [le plus aidé]

tsvp ->

Figure 3 : Questionnaire écrit (Page 3 sur 6).

- Si je devais explorer et comprendre la composition d'un immense modèle de sous-sol. Je choisirai comme interaction par ordre de préférence :
(1 la plus préférée, 4 la moins préférée)

- Souris : []
- 1 Palet : []
- 2 Palets : []
- Règle : []

- Si je devais collaborer avec plusieurs collègues pour résoudre un problème de géophysique. Je choisirai comme interface par ordre de préférence :
(1 la plus préférée, 2 la moins préférée)

- Interface graphique avec la souris : []
- Interface tangible avec un des interacteurs : []

- Si je devais travailler avec l'interface "tangible" (sur la table). Je choisirai comme interaction par ordre de préférence :
(1 la plus préférée, 3 la moins préférée)

- 1 Palet : []
- 2 Palets : []
- Règle : []

- D'une manière générale, quels sont les points forts de l'interface graphique avec la souris (sur l'écran) ?

- D'une manière générale, quels sont les points faibles de l'interface graphique avec la souris (sur l'écran) ?

Figure 4 : Questionnaire écrit (Page 4 sur 6).

- D'une manière générale, quels sont les points forts de l'interface tangible avec 1 palet (sur la table) ?

- D'une manière générale, quels sont les points faibles de l'interface tangible avec 1 palet (sur la table) ?

- D'une manière générale, quels sont les points forts de l'interface tangible avec 2 palets (sur la table) ?

- D'une manière générale, quels sont les points faibles de l'interface tangible avec 2 palets (sur la table) ?

tsvp ->

Figure 5 : Questionnaire écrit (Page 5 sur 6).

- D'une manière générale, quels sont les points forts de l'interface tangible avec la règle (sur la table) ?

- D'une manière générale, quels sont les points faibles de l'interface tangible avec la règle (sur la table) ?

- S'il vous plait, vous pouvez formuler tout commentaire ou suggestion que vous désirez à propos de ces essais.

Merci à vous !

Merci pour votre participation à ces essais. Elle nous sera d'une très grande utilité.

Pour la validité des résultats, merci de ne pas parler de ce que vous venez de faire avant demain. C'est très important.

Figure 6 : Questionnaire écrit (Page 6 sur 6).

Tableau 18 : *Analyse des résultats du premier exercice : nombre de coupes réalisées et justesse des lignes de coupes.*

		S	1P	2P	R
Nombre de coupes	No 1	12	9	12	12
	No 2	10	6	12	12
	No 3	9	3	12	12
	No 4	7	2	9	11
	No 5	5	0	9	9
	No 6	0	0	5	4
	Total sur 72	43	20	59	60
Justesse coupe No 1	Exacte	92% (11/12)	33% (3/9)	42% (5/12)	58% (7/12)
	Presque exacte		22% (2/9)	50% (6/12)	33% (4/12)
	Proche	8% (1/12)		8% (1/12)	8% (1/12)
	Éloignée		33% (3/9)		
	Aberrante		11% (1/9)		
Justesse coupe No 2	Exacte	50% (5/10)	33% (2/6)	17% (2/12)	67% (8/12)
	Presque exacte	10% (1/10)		42% (5/12)	8% (1/12)
	Proche		17% (1/6)	8% (1/12)	
	Éloignée	40% (4/10)	50% (3/6)	25% (3/12)	17% (2/12)
	Aberrante			8% (1/12)	8% (1/12)
Justesse coupe No 3	Exacte		33% (1/3)	42% (5/12)	8% (1/12)
	Presque exacte	100% (9/9)		25% (3/12)	17% (2/12)
	Proche		33% (1/3)	25% (3/12)	58% (7/12)
	Éloignée			8% (1/12)	8% (1/12)
	Aberrante		33% (1/3)		8% (1/12)
Justesse coupe No 4	Exacte	14% (1/7)			
	Presque exacte	29% (2/7)		44% (4/9)	18% (2/11)
	Proche	14% (1/7)		11% (1/9)	18% (2/11)
	Éloignée	43% (3/7)	50% (1/2)	33% (3/9)	55% (6/11)
	Aberrante		50% (1/2)	11% (1/9)	9% (1/11)
Justesse coupe No 5	Exacte				
	Presque exacte	40% (2/5)		22% (2/9)	
	Proche				22% (2/9)
	Éloignée	60% (3/5)		78% (7/9)	67% (6/9)
	Aberrante				11% (1/9)
Justesse coupe No 6	Exacte				
	Presque exacte				
	Proche			20% (1/5)	
	Éloignée			60% (3/5)	50% (2/4)
	Aberrante			20% (1/5)	50% (2/4)
Total	Exacte	40% (17/43)	30% (6/20)	20% (12/59)	27% (16/60)
	Presque exacte	33% (14/43)	10% (2/20)	34% (20/59)	15% (9/60)
	Proche	5% (2/43)	10% (2/20)	12% (7/59)	20% (12/60)
	Éloignée	23% (10/43)	35% (7/20)	29% (17/59)	28% (17/60)
	Aberrante		15% (3/20)	5% (3/59)	10% (6/60)

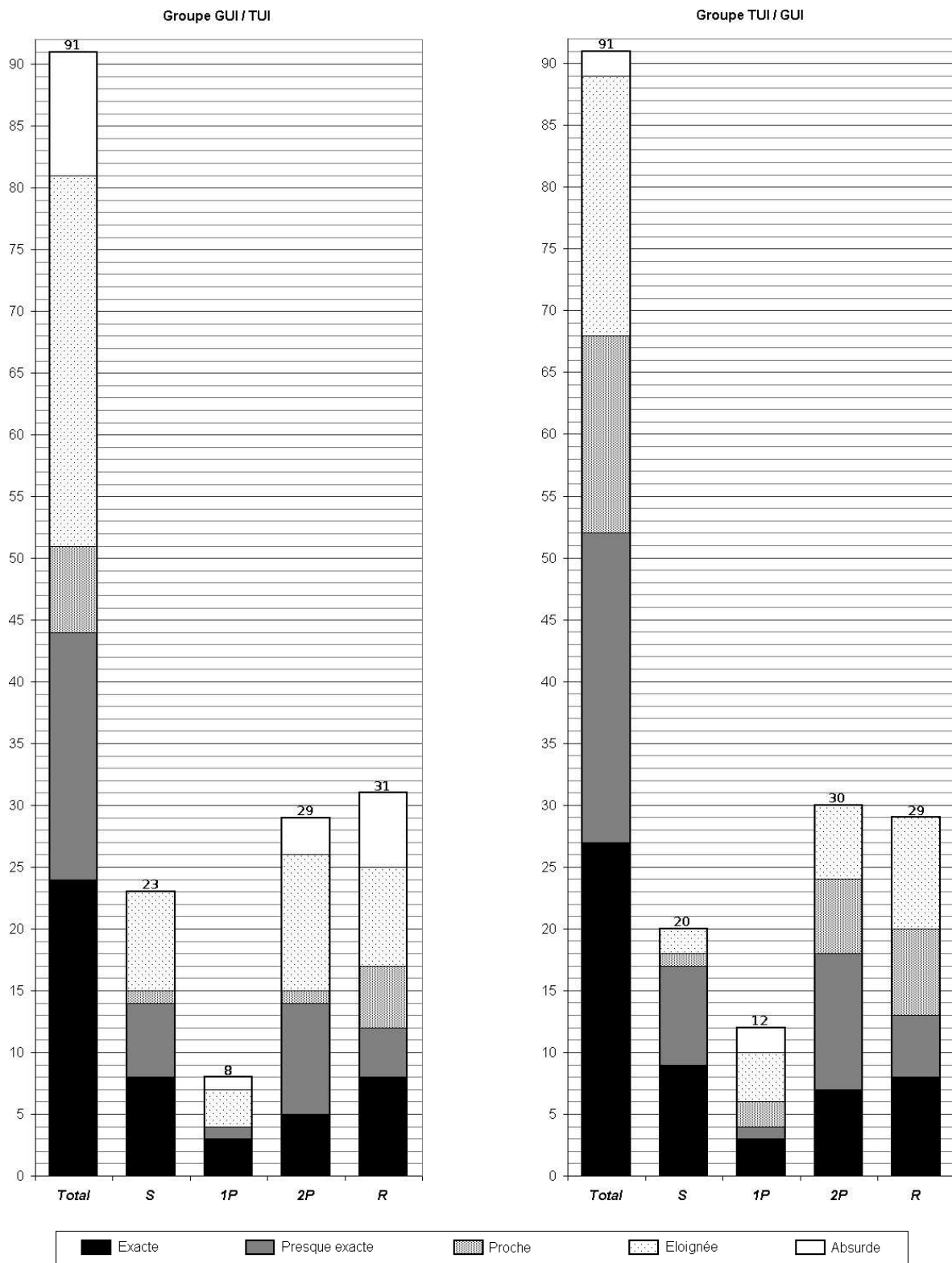


Figure 7 : Justesse des lignes de coupes réalisées avec la souris (S), 1-Palet (1P), 2-Palet (2P) et Règle (R), lors du premier exercice de l'étude formelle, selon l'ordre de passage sur GUI ou TUI des sujets.

Annexe H

Programme de calcul de l'entrelacement de deux actions de l'utilisateur

Nous détaillons dans cette annexe, le programme qui a été décrit dans le cadre de l'étude de l'entrelacement de deux actions bi-manuelles (voir sous-chapitre 6.3.2.2 page 116). Nous établissons des mesures pour analyser deux actions bi-manuelles.

Ce programme a été utilisé lors des deux études utilisateur menées sur ArcheoTUI [Reuter 07; Reuter 08] pour analyser la manipulation bi-manuelle symétrique avec deux interacteurs tangibles. Les mesures effectuées à l'aide de ce programme ont permis d'établir une comparaison quantitative entre l'usage d'un pédalier et l'usage de boutons pour associer des pièces numériques 3D à des interacteurs tangibles.

H.1 Fonctions du programme

Le but du programme est de calculer des mesures afin d'analyser l'entrelacement entre deux actions distinctes répétées par l'utilisateur. Les deux actions sont des actions continues, et sont circonscrites par un évènement de début de l'action et un évènement de fin de l'action. Le programme lit les traces des évènements de début et de fin des actions dans le fichier journal (*logfile*), généré lors des expérimentations utilisateurs, au format décrit dans le sous-chapitre ?? page ?. Les résultats des mesures effectuées sont mis en forme selon la norme CSV¹ et sont produits sur la sortie standard (stdout) afin de les rediriger dans un fichier au format CSV.

Pour un utilisateur et pour un exercice, les mesures d'analyse de deux actions bi-manuelles sont les suivantes (les temps sont exprimés en secondes) :

- D : La durée écoulée entre le début de la première action et la fin de la dernière action,
- $T1$: Le cumul du temps où l'action 1 est en cours,

¹CSV : Comma-Separated Values [tools.ietf.org/html/rfc4180]. Les fichiers CSV sont des fichiers ASCII représentant des données tabulaires sous forme de « valeurs séparées par des virgules ». Chaque ligne correspond à une rangée du tableau et les cellules d'une même rangée sont séparées par une virgule [fr.wikipedia.org/wiki/Comma-separated_values].

- $T2$: Le cumul du temps où l'action 2 est en cours,
- $T12$: Le cumul du temps où l'action 1 et l'action 2 sont en cours en parallèle,
- $T1s$: Le cumul du temps où seule l'action 1 est en cours,
- $T2s$: Le cumul du temps où seule l'action 2 est en cours,
- $n1$: Le nombre d'occurrences de l'action 1,
- $n2$: Le nombre d'occurrences de l'action 2.

Des nouvelles mesures peuvent être calculées à partir des mesures précédentes :

- $T = T1s + T2s + T12$: Le cumul du temps où une action est en cours,
- $Tm1 = T1/n1$: La durée moyenne d'une occurrence de l'action 1,
- $Tm2 = T2/n2$: La durée moyenne d'une occurrence de l'action 2,
- $Tnul = D - T$: Le cumul du temps où aucune action n'est en cours.

Propriétés :

- $T \leq T1 + T2 \leq 2 \times T$
- $T \leq D$
- $T1 = T1s + T12$
- $T2 = T2s + T12$
- $T1 + T2 - T = T12$

Le programme, appelé *measurebim*, est écrit en langage C. Il a été compilé sur le système d'exploitation *GNU/Linux* (Fedora Core 3, noyau 2.6.9) avec le compilateur *gcc* (v 3.4.2).

H.2 Appel du programme

Soient `evt1_start` et `evt1_end` les deux évènements indiquant respectivement le début et la fin de la première action, et soient `evt2_start` et `evt2_end` les deux évènements indiquant respectivement le début et la fin de la deuxième action. Ces quatre évènements doivent être marqués dans le fichier journal avec quatre mots-clés distincts.

Le programme est appelé, avec en argument, le nom du fichier journal, et les quatre mots-clés qui marquent les évènements de début et de fin des deux actions dans le fichier journal. La sortie standard du fichier journal est redirigée dans un fichier portant l'extension CSV :

```
$ ./measurebim <log_file> <evt1_start> <evt1_end> \
                <evt2_start> <evt2_end> > <output_file(csv)>
```

H.3 Code source

Le programme réalise les mesures au cours d'une lecture ligne par ligne du fichier journal. Il calcule D , $T1$, $T2$, $T12$, $T1s$, $T2s$, $n1$ et $n2$ en fonction des mots-clés passés en argument du programme et trouvés au cours du parcours du fichier.

La valeur de D est la différence entre le temps du dernier évènement survenu (`last_evt`) et du premier évènement survenu (`first_evt`). La valeur de $T1$ ($T2$) est calculée avec la variable `evt1_time` (`evt2_time`). La valeur de $n1$ ($n2$) est calculée avec la variable `evt1_count`

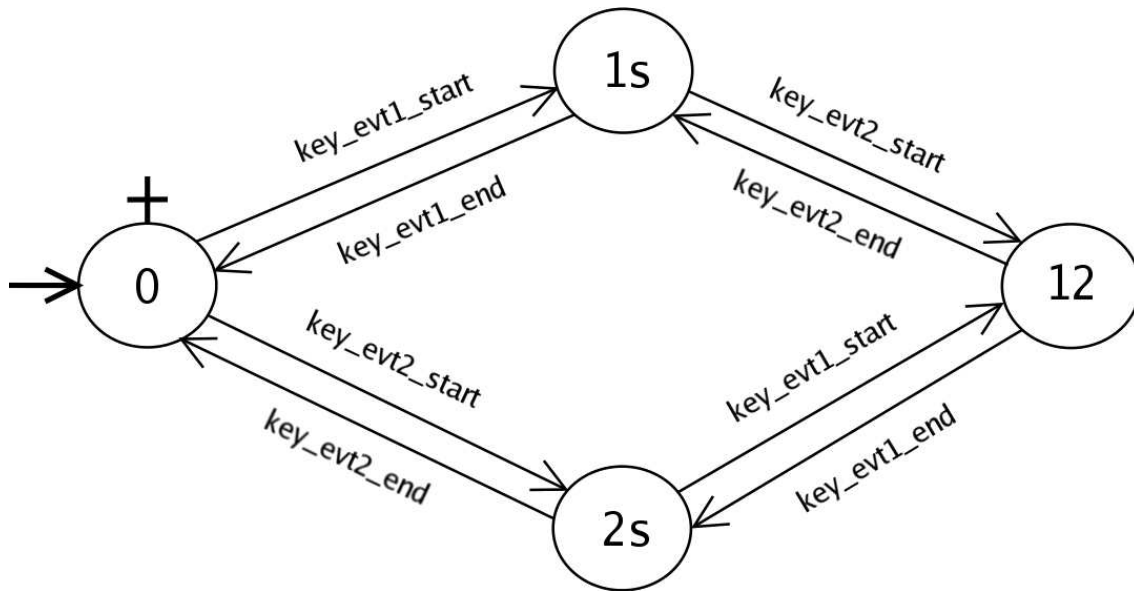


Figure 8 : Automate de la machine à état pour le calcul des mesures T_{12} , T_{1s} et T_{2s} .

(`evt2_count`). Lorsque le mot-clé `key_evt1_start` (`key_evt2_start`) est trouvé, le temps associé à l'évènement est enregistré dans la variable `evt1_start` (`evt2_start`). Ensuite, lorsque le mot-clé `key_evt1_end` (`key_evt2_end`) est trouvé, le temps écoulé depuis `evt1_start` (`evt2_start`) est ajouté à `evt1_time` (`evt2_time`), et le compteur `evt1_count` (`evt2_count`) est incrémenté.

Pour le calcul des mesures T_{12} , T_{1s} et T_{2s} , le programme fonctionne comme une machine à état, qui incrémente des compteurs lors des changements d'état. Les états sont définis par les trois variables `in_evt1only`, `in_evt2only` et `in_evt1and2` pouvant prendre les valeurs 0 ou 1. Les quatre états possibles sont :

- 0 : Aucune action en cours (`in_evt1only=0`, `in_evt2only=0` et `in_evt1and2=0`),
- 1s : Action 1 seule en cours (`in_evt1only=1`, `in_evt2only=0` et `in_evt1and2=0`),
- 2s : Action 2 seule en cours (`in_evt1only=0`, `in_evt2only=1` et `in_evt1and2=0`),
- 12 : Action 1 et 2 en cours (`in_evt1only=0`, `in_evt2only=0` et `in_evt1and2=1`).

Les changements d'états sont opérés par la lecture des mots-clés `key_evt1_start`, `key_evt1_end`, `key_evt2_start` et `key_evt2_end`. Le fonctionnement de la machine à état est représenté dans la figure 8. Si le fichier journal est mal formé, et que les changements d'états ne sont pas opérés correctement, un message d'erreur est affiché et l'exécution du programme est interrompue.

Lorsqu'un nouveau sujet (ligne commençant par `*_`) ou un nouvel exercice (ligne commençant par `#_`) est trouvé au cours du parcours du fichier, les valeurs de D , T_1 , T_2 , T_{12} , T_{1s} , T_{2s} , n_1 et n_2 sont affichées pour l'utilisateur courant, avant de réinitialiser les variables afin de continuer les mesures pour le nouveau sujet ou le nouvel exercice.

Script 1 : Le code source du programme MeasureBiM.

```

1 // File: measurebim-2.2.c
2 // Version: 2.2
3 #include <stdio.h>
4 #include <stdlib.h>
5 #include <string.h>
6
7 typedef long unsigned int luint ;
8
9 luint time_to_seconds (const char* t) {
10     luint h, m, s ;
11     sscanf (t, "%*s %lu:%lu:%lu %*s", &h, &m, &s) ;
12     return s + m*60 + h*3600 ;
13 }
14
15 // Time values and counters to compute measures
16 luint evt1only_start=0, evt1only_time=0, // for T1s
17     evt2only_start=0, evt2only_time=0, // for T2s
18     evt1and2_start=0, evt1and2_time=0 ; // for T12
19 luint evt1_start=0, evt1_time=0, evt1_count=0, // for T1 and n1
20     evt2_start=0, evt2_time=0, evt2_count=0 ; // for T2 and n2
21 luint first_evt=0, last_evt=0 ; // for D
22
23 void print (char *user, char *ex) {
24     double avg_evt1 = (double)evt1_time / (double)evt1_count ; // Tm1
25     double avg_evt2 = (double)evt2_time / (double)evt2_count ; // Tm2
26     luint time = last_evt - first_evt ; // D
27
28     /* Print measures in CSV format for a subject and an exercise */
29     printf (";\\"%s\\";;\\"%s\\";;%lu;%lu;%lu;%lu;%lu;;%lu;%lu;%.1f;%;lu;%lu;%.1f;\n",
30         user, ex, time, // D
31         evt1only_time + evt2only_time + evt1and2_time, // T
32         evt1only_time, evt2only_time, evt1and2_time, // T1s, T2s, T12
33         evt1_time, evt1_count, avg_evt1, // T1, n1, Tm1
34         evt2_time, evt2_count, avg_evt2) ; // T2, n2, Tm2
35 }
36
37 void check_states_off (char *user, char *ex,
38     char in_evt1only, char in_evt2only, char in_evt1and2) {
39     if (in_evt1only) {
40         printf ("Error: No evt1_end at the end of %s - %s.\nAborting.\n", user, ex) ;
41         exit(1) ;
42     }
43     else if (in_evt2only) {
44         printf ("Error: No evt2_end at the end of %s - %s.\nAborting.\n", user, ex) ;
45         exit(1) ;
46     }
47     else if (in_evt1and2) {
48         printf ("Error: No evt1_end and evt2_end at the end of %s - %s.\nAborting.\n",
49             user, ex) ;
50         exit(1) ;
51     }
52 }

```

```

51 }
52
53 int main (int argc, char* argv[]) {
54     char in_evt1only=0, in_evt2only=0, in_evt1and2=0, do_print=0 ; // States
55     FILE *desc ;
56     char buf[1024], ex[1024], user[1024], ex_print[1024], user_print[1024] ;
57
58     ex[0] = user[0] = '\0' ;
59
60     /* Check number of arguments */
61     if (argc != 6) {
62         fprintf(stderr, "%s <log> <evt1_start> <evt1_end> <evt2_start> <evt2_end>\n",
63             argv[0]) ;
64         exit(1) ;
65     }
66     char *log = argv[1] ;
67     char *key_evt1_start = argv[2] ;
68     char *key_evt1_end = argv[3] ;
69     char *key_evt2_start = argv[4] ;
70     char *key_evt2_end = argv[5] ;
71     int len_evt1_start = strlen(argv[2]) ;
72     int len_evt1_end = strlen(argv[3]) ;
73     int len_evt2_start = strlen(argv[4]) ;
74     int len_evt2_end = strlen(argv[5]) ;
75
76     /* Open the log file in read mode */
77     if ((desc=fopen (log, "r")) == NULL) {
78         fprintf(stderr, "Error: open file %s in read mode", log); perror(""); exit(1);
79     }
80
81     /* Print header in CSV format */
82     printf (" ;Sujet;;Exercice;;D;T;T1s;T2s;T12;;T1;n1;Tm1;;T2;n2;Tm2;\n\n") ;
83
84     while (!feof(desc)) {
85         fgets (buf, 1024, desc) ;
86         int len = strlen(buf) ;
87
88         if (len>0 && buf[len-1]=='\n')
89             buf[len-1] = '\0' ;
90
91         if (buf[0] == '*' && buf[1] == ' ') { /* NEW USER */
92             check_states_off (user, ex, in_evt1only, in_evt2only, in_evt1and2) ;
93             if (ex[0] != '\0') {
94                 do_print = 1 ;
95                 strcpy(user_print, user) ;
96                 strcpy(ex_print, ex) ;
97                 ex[0] = '\0' ;
98             }
99             strcpy (user, buf+2) ;
100
101         if (buf[0] == '#' && buf[1] == ' ') { /* NEW EXERCISE */
102             check_states_off (user, ex, in_evt1only, in_evt2only, in_evt1and2) ;

```

```

103     if (ex[0] != '\0') {
104         do_print = 1 ;
105         strcpy(user_print, user) ;
106         strcpy(ex_print, ex) ;
107     }
108     strcpy (ex, buf+2) ;
109 }
110
111 if (do_print) {
112     /* Print last exercise */
113     print(user_print, ex_print);
114
115     if (strcmp(user, user_print))
116         printf ("\n") ;
117
118     /* Reset values for the new exercise */
119     first_evt = last_evt = 0 ;
120     evt1only_time = evt2only_time = evt1and2_time = 0 ;
121     in_evt1only = in_evt2only = in_evt1and2 = 0 ;
122     evt1_time = evt2_time = 0 ;
123     evt1_count = evt2_count = 0 ;
124     do_print = 0 ;
125 }
126
127 if (buf[0] == '=') {
128     luint time = time_to_seconds (buf) ;
129
130     if (!strncmp(buf+13, key_evt2_start, len_evt2_start)) { /* EVT2 START */
131         evt2_start = time ;
132         if (first_evt == 0)
133             first_evt = time ;
134         if (in_evt2only || in_evt1and2) { /* Error */
135             fprintf (stderr, "Error: Second consecutive evt2_start, at \"%s\" (%s - %s)
136                 .\nAborting.\n", buf, user, ex) ; exit(1) ;
137         }
138         else if (in_evt1only) {
139             /* Enter in evt1and2 state */
140             in_evt1and2 = 1 ;
141             evt1and2_start = time ;
142             /* Go out of evt1only state */
143             in_evt1only = 0 ;
144             evt1only_time += time - evt1only_start ;
145         }
146         else {
147             /* Enter in evt2only state */
148             in_evt2only = 1 ;
149             evt2only_start = time ;
150         }
151     }
152     else if (!strncmp(buf+13, key_evt2_end, len_evt2_end)) { /* EVT2 END */
153         evt2_count++ ;
154         evt2_time += time - evt2_start ;
155         last_evt = time ;

```



```
155     if (in_evtland2) {
156         /* Go out of evtland2 state */
157         in_evtland2 = 0 ;
158         evtland2_time += time - evtland2_start ;
159         /* Enter in evt1only state */
160         in_evt1only = 1 ;
161         evt1only_start = time ;
162     }
163     else if (in_evt2only) {
164         /* Go out of evt2only state */
165         in_evt2only = 0 ;
166         evt2only_time += time - evt2only_start ;
167     }
168     else { /* Error */
169         fprintf (stderr, "Error: Reading evt2_end without one evt2_start before, at
170             \"%s\" (%s - %s).\nAborting.\n", buf, user, ex) ; exit(1) ;
171     }
172     else if (!strcmp(buf+13, key_evt1_start, len_evt1_start)) { /* EVT1 START */
173         evt1_start = time ;
174         if (first_evt == 0)
175             first_evt = time ;
176         if (in_evt1only || in_evtland2) { /* Error */
177             fprintf (stderr, "Error: Second consecutive evt1_start, at \"%s\" (%s - %s)
178                 .\nAborting.\n", buf, user, ex) ; exit(1) ;
179         }
180         else if (in_evt2only) {
181             /* Enter in evtland2 state */
182             in_evtland2 = 1 ;
183             evtland2_start = time ;
184             /* Go out of evt2only state */
185             in_evt2only = 0 ;
186             evt2only_time += time - evt2only_start ;
187         }
188         else {
189             /* Enter in evt1only state */
190             in_evt1only = 1 ;
191             evt1only_start = time ;
192         }
193     }
194     else if (!strcmp(buf+13, key_evt1_end, len_evt1_end)) { /* EVT1 END */
195         evt1_count++ ;
196         evt1_time += time - evt1_start ;
197         last_evt = time ;
198         if (in_evtland2) {
199             /* Go out of evtland2 state */
200             in_evtland2 = 0 ;
201             evtland2_time += time - evtland2_start ;
202             /* Enter in evt2only state */
203             in_evt2only = 1 ;
204             evt2only_start = time ;
205         }
206         else if (in_evt1only) {
```

```

206     /* Go out of evtionly state */
207     in_evtionly = 0 ;
208     evtionly_time += time - evtionly_start ;
209 }
210 else { /* Error */
211     fprintf (stderr, "Error: Reading evt1_end without one evt1_start before, at
        \"%s\" (%s - %s).\nAborting.\n", buf, user, ex) ; exit(1) ;
212 }
213 }
214 }
215 }
216
217 if (ex[0] != '\0')
218     /* Print last exercise */
219     print(user, ex);
220
221 fclose (desc) ;
222 return 0 ;
223 }

```

H.4 Exemple de résultats obtenus

Le programme *measurebim* a été utilisé pour extraire des mesures du fichier journal généré lors de la deuxième expérimentation utilisateur sur ArcheoTUI. Les deux actions sur lesquelles portent les mesures sont l'accrochage et le désaccrochage des deux pièces numériques 3D et des deux interacteurs tangibles. Les accrochages et les désaccrochages étant réalisés soit avec deux pédales, présentes sur un pédalier, soit avec deux boutons, présents sur les interacteurs tangibles. Les mesures portent sur les temps où une pièce numérique 3D est accrochées à un interacteur tangible, le gauche ou le droit. Dans cette optique, le programme *measurebim* a été exécuté sur le fichier journal avec les arguments suivants : **FreezeLeft0**, **FreezeLeft1**, **FreezeRight0**, **FreezeRight1**.

Le fichier CVS créé par l'exécution du programme a ensuite été chargé dans un logiciel de type tableur. Cela permet d'analyser les mesures par sujet, par exercice, par interaction, et de calculer des moyennes.

Par exemple, les résultats des mesures ont été regroupées pour l'exercice 4. Les valeurs pour l'accomplissement de l'exercice 4 avec le pédalier et avec les boutons sont présentées dans le tableau 19 page ci-contre. Les valeurs des moyennes sont reportées graphiquement sur la figure 9 page 40. Les mesures $n1$, $T1$, $T1s$, et $Tm1$ concernent le nombre et les durées des accrochages avec l'interacteur tangible gauche, et les mesures $n2$, $T2$, $T2s$, et $Tm2$ avec l'interacteur tangible droit. Nous observons ainsi, au cours d'un exercice, le nombre d'accrochages, ou encore le cumul du temps où les deux pièces numériques 3D sont accrochées aux deux interacteurs tangibles.

Tableau 19 : Résultats des mesures obtenus pour l'exercice 4 sur ArcheoTUI, utilisé avec le pédalier et les boutons.

Pédales	D	T	T1	T2	T12	T1s	T2s	n1	n2	Tm1	Tm2
Sujet 2	33 s	32 s	19 s	13 s	0 s	19 s	13 s	1	2	19,0 s	6,5 s
Sujet 4	191 s	103 s	60 s	46 s	3 s	57 s	43 s	17	11	3,5 s	4,2 s
Sujet 6	134 s	94 s	19 s	75 s	0 s	19 s	75 s	9	8	2,1 s	9,4 s
Sujet 8	149 s	77 s	44 s	33 s	0 s	44 s	33 s	15	10	2,9 s	3,3 s
Sujet 10	123 s	99 s	62 s	48 s	11 s	51 s	37 s	8	6	7,8 s	8,0 s
Sujet 12	137 s	81 s	53 s	28 s	0 s	53 s	28 s	16	9	3,3 s	3,1 s
Sujet 13	50 s	35 s	18 s	17 s	0 s	18 s	17 s	5	5	3,6 s	3,4 s
Sujet 15	134 s	116 s	112 s	89 s	85 s	27 s	4 s	3	5	37,3 s	17,8 s
Sujet 17	95 s	78 s	38 s	40 s	0 s	38 s	40 s	7	5	5,4 s	8,0 s
Sujet 19	83 s	45 s	34 s	11 s	0 s	34 s	11 s	6	14	5,7 s	0,8 s
Sujet 21	99 s	64 s	33 s	31 s	0 s	33 s	31 s	7	9	4,7 s	3,4 s
Sujet 23	128 s	85 s	48 s	37 s	0 s	48 s	37 s	14	14	3,4 s	2,6 s
Sujet 25	102 s	61 s	40 s	21 s	0 s	40 s	21 s	18	9	2,2 s	2,3 s
Moyenne	112 s	75 s	45 s	38 s	8 s	37 s	30 s	10	8	8,0 s	6,0 s

Boutons	D	T	T1	T2	T12	T1s	T2s	n1	n2	Tm1	Tm2
Sujet 1	127 s	81 s	33 s	54 s	6 s	27 s	48 s	9	12	3,7 s	4,5 s
Sujet 3	49 s	23 s	7 s	16 s	0 s	7 s	16 s	10	6	0,7 s	2,7 s
Sujet 5	121 s	91 s	41 s	54 s	4 s	37 s	50 s	10	8	4,1 s	6,8 s
Sujet 7	117 s	89 s	57 s	32 s	0 s	57 s	32 s	7	2	8,1 s	16,0 s
Sujet 9	126 s	92 s	49 s	43 s	0 s	49 s	43 s	16	7	3,1 s	6,1 s
Sujet 11	75 s	51 s	32 s	19 s	0 s	32 s	19 s	14	7	2,3 s	2,7 s
Sujet 14	124 s	87 s	58 s	45 s	16 s	42 s	29 s	19	28	3,1 s	1,6 s
Sujet 16	69 s	49 s	25 s	24 s	0 s	25 s	24 s	7	2	3,6 s	12,0 s
Sujet 18	61 s	37 s	24 s	13 s	0 s	24 s	13 s	8	4	3,0 s	3,2 s
Sujet 20	124 s	66 s	24 s	42 s	0 s	24 s	42 s	10	16	2,4 s	2,6 s
Sujet 22	127 s	96 s	54 s	57 s	15 s	39 s	42 s	17	12	3,2 s	4,8 s
Sujet 24	121 s	107 s	29 s	78 s	0 s	29 s	78 s	4	5	7,2 s	15,6 s
Sujet 26	47 s	35 s	11 s	24 s	0 s	11 s	24 s	4	3	2,8 s	8,0 s
Moyenne	99 s	70 s	34 s	39 s	3 s	31 s	35 s	10	9	4,0 s	7,0 s

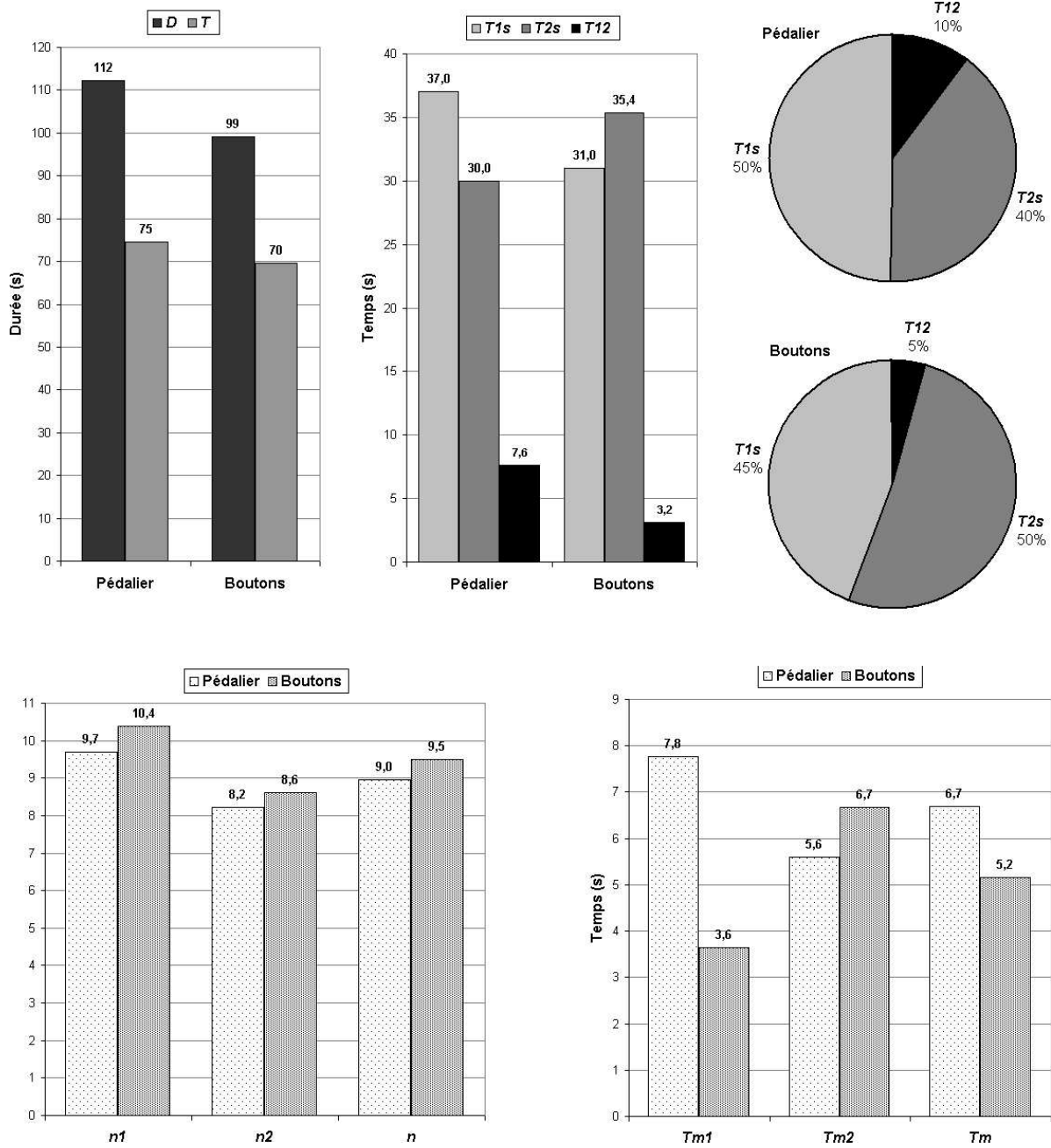


Figure 9 : Graphiques sur la manipulation de ArcheoTUI, utilisé avec le pédalier et les boutons, lors de l'exercice 4 des expérimentations utilisateurs.

H.5 Diffusion

Le programme *measurebim* est disponible sous licence GPL v3 à l'URL suivante :
<http://www.labri.fr/perso/riviere/pub/measurebim/>

Annexe I

Logiciel de visualisateur de traces avec des images miniatures

I.1 Présentation du logiciel

Ce logiciel est très spécifique à GeoTUI. Il permet d'analyser les résultats des expérimentations utilisateurs, en créant des images miniatures afin de visualiser des lignes de coupes réalisées par les utilisateurs. Les coordonnées des coupes sont extraites à partir des traces d'un fichier journal (*logfile*), au format décrit dans le sous-chapitre 6.3 page 112. Les traces d'importance sont celles qui sont marquées par le mot-clé *coupe*.

Pendant, nous pensons que sur le principe cet outil est intéressant dans le but d'analyser des situations d'interaction mettant en œuvre des TUIs. Il peut donc servir de guide à la conception d'un autre outil adapté à une autre situation d'interaction.

Ce logiciel, appelé *drawlines* est écrit en langage *C++*, il emploie la bibliothèque graphique *GTKmm (2.0)* [www.gtkmm.org] et a été compilé le système d'exploitation *GNU/Linux* (Fedora Core 3, noyau 2.6.9) avec le compilateur *g++* (v 3.4.2). Le squelette de l'interface graphique a été généré en partie avec l'application de développement de GUIs *Glade-2 (2.6.0)* [glade.gnome.org].

I.1.1 Format des traces

Les traces examinées par le logiciel sont celles marquées par le mot-clé *coupe*. Elles sont de la forme suivante :

```
===_<subj>_<int>_<ex>_<hh.mm.ss>_<coupe>_<attendue>_<X1>_<Y1>_<X2>_<Y2>
```

Où le nom de la trace est composé des champs suivants :

- **subj** : le nom du sujet,
- **int** : l'interacteur utilisé,
- **ex** : le nom de l'exercice réalisé,

Le paramètre *attendue* correspond à un numéro de coupe. Il s'agit d'un numéro qui identifie la coupe attendue pour l'exercice. Ce numéro est par la suite utilisé pour afficher,

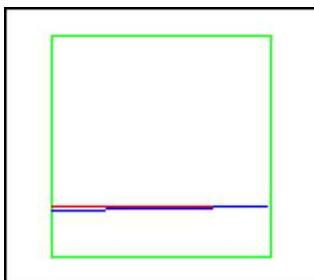


Figure 10 : *Exemple d'image miniature générée par le logiciel drawlines à partir de la trace
=== SUJ00-Fabr_1P_exo1_09.26.45 coupe 2 374 286 66 290.*

sur l'image miniature, la ligne de coupe attendue en plus de la ligne de coupe qui a été effectivement réalisée.

Les paramètres X1, Y1, X2 et Y2 correspondent aux coordonnées des deux points dans le plan représentant la ligne qui a été validée par l'utilisateur.

Voici un exemple de trace :

```
=== SUJ00-Fabr_1P_exo1_09.26.45 coupe 2 374 286 66 290
```

Et l'image miniature correspondante est celle de la figure 10.

I.1.2 Présentation de l'interface graphique

L'interface graphique, permettant de lire des traces de type coupe, est composée de six zones (voir figure 11 page ci-contre) :

1. L'image miniature,
2. Les dimensions de la carte géographique,
3. Les coordonnées de la ligne de coupe,
4. Le choix de la ligne de coupe attendue,
5. Le chargement en mémoire d'un fichier journal,
6. La navigation parmi les coupes chargées en mémoire,
7. Le calcul de la distance entre la ligne effectuée et la ligne attendue (seulement lorsqu'une ligne est attendue).

La carte géographique est représentée par un rectangle vert sur l'image miniature. Les coupes réalisées par l'utilisateur sont dessinées en bleu, et la coupe attendue est dessinée en rouge. La coupe attendue peut être choisie dans un groupe de boutons radio. Ce choix est pré-sélectionné par le paramètre `<attendue>` de la trace dans le fichier journal.

Le bouton **Charger coupes** (figure 11 (5)) déclenche la lecture du fichier journal dont le nom est inscrit dans la zone de texte voisine, et le chargement des informations des coupes en mémoire. Les traces qui sont des enregistrements de coupes sont chargées en mémoire dans une liste par ordre chronologique. La ligne de coupe qui correspond au premier élément de la liste est automatiquement visualisée. Le nom (`<subj>_<int>_<ex>_<hh.mm.ss>`) de la coupe en cours de visualisation est affiché dans un champ texte (figure 11 (6)). Pour naviguer séquentiellement dans la liste des coupes chargées en mémoire, deux boutons

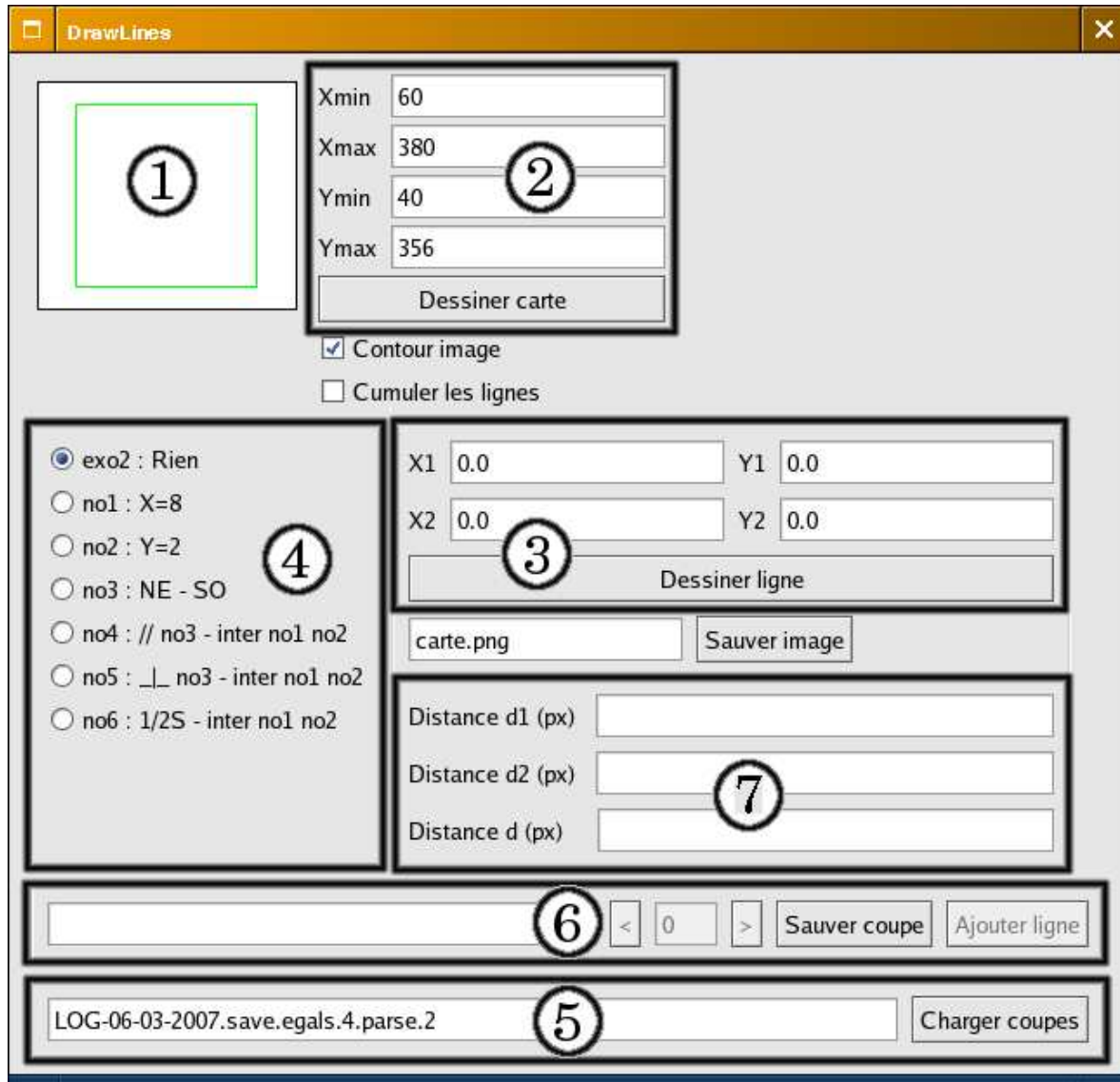


Figure 11 : La décomposition en six zones de l'interface graphique.

(< et >) permettent de changer la coupe en cours de visualisation (figure 11 (6)). La position de la coupe dans la liste est affichée, dans un champ texte, présent entre ces deux boutons. Le numéro d'ordre d'une coupe présente dans la liste peut aussi être saisi dans ce champ texte, afin d'accéder directement à une coupe. Le bouton **Sauver coupe** permet de sauvegarder l'image miniature dans un fichier au format PNG portant le nom `<subj>_<int>_<ex>_<hh.mm.ss>.png`, puis de sauter à la visualisation de la coupe suivante dans l'ordre de la liste.

Une forme d'exercice consiste à indiquer au sujet le résultat à obtenir. Par exemple, pour les premiers exercices de l'étude pilote et de l'étude formelle de GeoTUI, les sujets devaient effectuer des plans de coupes aux coordonnées précisées dans l'énoncé. Dans ce cas, le résultat à obtenir est affiché en rouge dans l'image miniature, afin de pouvoir comparer avec la coupe qui a été effectuée par l'utilisateur. Le numéro de la coupe attendue, qui est présent dans la trace, est utilisé pour pré-sélectionner un des boutons radio (figure 11 (4) page précédente). Sur la figure 11, chacun des boutons radios correspond au résultat attendu pour les six coupes du premier exercice de l'étude formelle :

- *no 1* : un plan de coupe (Y,Z) en $X = 8km$,
- *no 2* : un plan de coupe (X,Z) en $Y = 2km$,
- *no 3* : un plan de coupe Nord-Est / Sud-Ouest,
- *no 4* : un plan de coupe parallèle à la coupe *no 3*, passant par l'intersection des coupes *no 1* et *no 2*,
- *no 5* : un plan de coupe perpendiculaire à la coupe *no 3*, passant par l'intersection des coupes *no 1* et *no 2*,
- *no 6* : un plan de coupe passant par le milieu du segment Sud de la carte et par l'intersection des coupes *no 1* et *no 2*.

Le bouton radio *exo2* est utilisé pour les coupes effectuées lors du deuxième exercice. Aucune coupe précise n'est attendue pour la réalisation de cet exercice, et seules les lignes effectuées par l'utilisateur doivent être affichées.

Lorsqu'une coupe est attendue, la distance entre la ligne effectuée et la ligne attendue est mesurée, selon la distance décrite dans la définition ?? page ?. Les mesures d_1 , d_2 et d de la définition, exprimées en pixels, sont calculées (figure 11 (7) page précédente).

I.1.3 Le mode cumul

En mode cumul des images, c'est-à-dire lorsque la case à cocher **Cumuler les lignes** est activée (figure 11 en dessous de (2) page précédente), le bouton **Ajouter ligne** (figure 11 (6)) devient sensible. Il est alors possible de naviguer dans la liste des coupes, et de cumuler la visualisation de plusieurs coupes sur l'image miniature, en fusionnant la coupe courante à l'image miniature. Par exemple, sur la figure 12 page ci-contre, les lignes de coupes 115 à 138, effectuées avec l'interacteur tangible règle par le sujet 1, lors du deuxième exercice de l'étude formelle de GeoTUI, ont été cumulées sur la même image miniature.

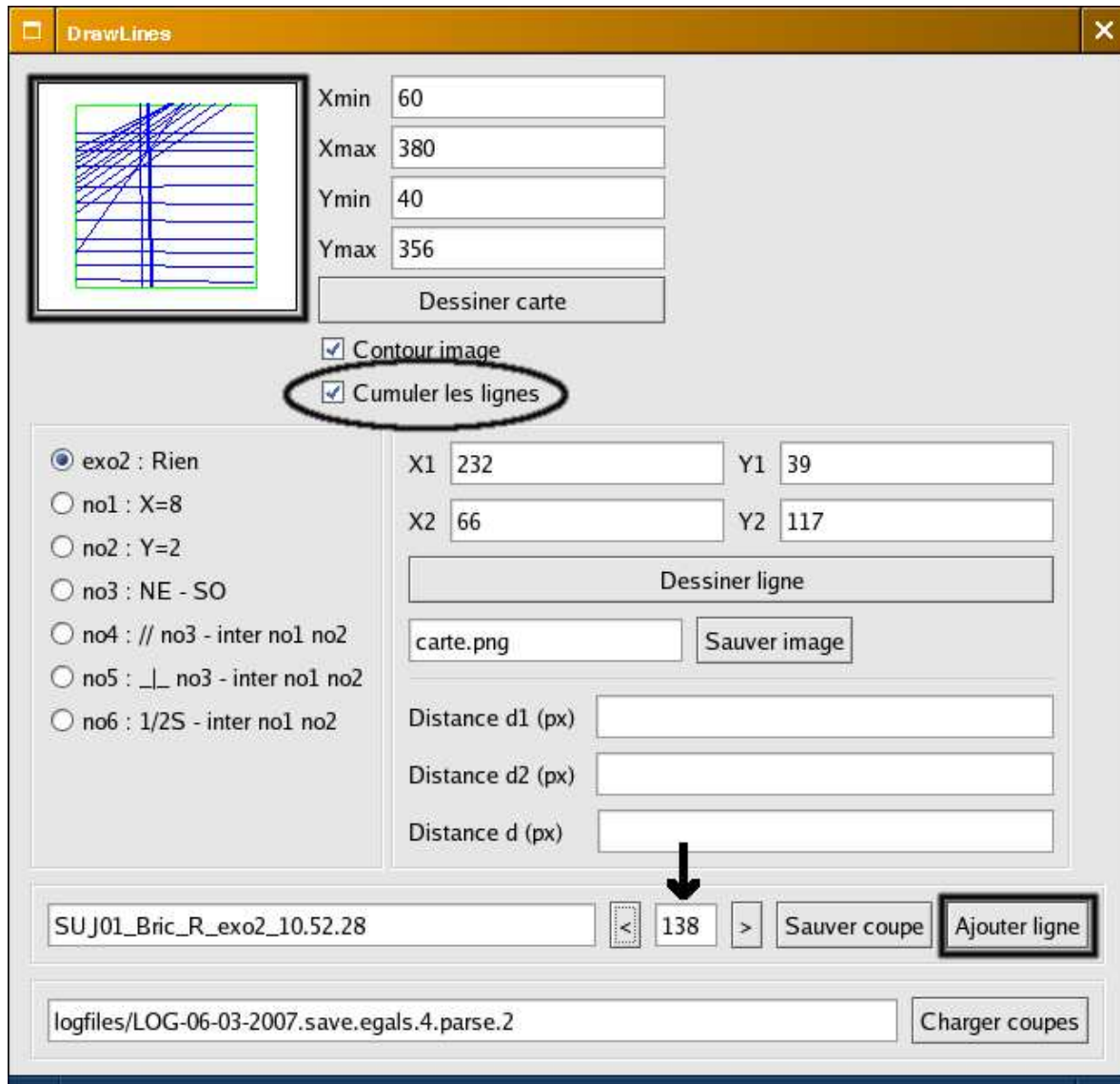


Figure 12 : Cumul des lignes de coupes. Les lignes de coupes numéro 115 à 138, dans le fichier journal, ont été cumulées sur la même image miniature.

I.1.4 Illustrations de l'utilisation du logiciel

Dans l'annexe F page 3, les lignes de coupes effectuées lors de l'étude pilote ont été reproduites sur des images miniatures. Par exemple, les lignes de coupes réalisées avec la TUI sont reproduites dans les tableaux suivants :

- dans le tableau 1 page 4 pour les sujets ayant commencé les tests sur GUI,
- dans le tableau 2 page 5 pour les sujets ayant commencé les tests sur TUI,
- dans le tableau 3 page 6 qui présente, pour les deux groupes GUI/TUI et TUI/GUI, ainsi que pour l'ensemble des sujets, le cumul des lignes de coupes par exercice.

Celles réalisées avec la GUI sont reproduites dans les tableaux suivants :

- dans le tableau 4 page 7 pour les sujets ayant commencé les tests sur GUI,
- dans le tableau 5 page 8 pour les sujets ayant commencé les tests sur TUI.

I.1.5 Diffusion

Disponible sous licence GPL v3 à l'URL suivante : <http://www.labri.fr/perso/riviere/pub/drawlines/>

Annexe J

La boucle principale de GeoTUI

- Code source de la boucle principale de GeoTUI présente dans le contrôleur de dialogue :
- script 2 : les membres de la classe DialogControl (attention, la classe n'est pas décrite dans son ensemble),
 - script 3 page suivante : la fonction *idle()* de la classe DialogControl.

Script 2 : Membres de la classe DialogControl.

```
1 class DialogControl
2 {
3
4     //
5     // ...
6     //
7
8     private:
9
10    //-- Attributs
11
12    MouseControl m_mouse ;
13    WindowStart *m_windowStart ;
14    WindowMap *m_windowMap ;
15    WindowPlane *m_windowPlane ;
16    WindowSetup *m_windowSetup ;
17    Client *m_client ;
18    Kernel *m_kernel ;
19    Vision *m_vision ;
20
21    int m_interaction ; // Interaction courante (nil/S/1P/2P/R)
22    bool m_GUIenabled ; // Mode interface graphique
23    int m_vue_image ; // Mode de l'image de la fenetre de configuration
24
25    bool m_vision_isRunning ;
26    bool m_project_loaded ;
27    bool m_mouse_mode ;
28    int m_seleted_window ;
29
30
```

```

31  Cadre m_cadre1 ; // Redressement de m_windowMap
32  Cadre m_cadre2 ; // Redressement de m_windowPlane
33
34  /* Pour avertir de l'enclenchement des boutons du boitier */
35  bool m_valider_coupe ; // OK
36  bool m_valider_carte ; // Carte
37  bool m_valider_souris ; // Clic
38
39  /* -- 1P -- */
40  bool m_clic ; // Bouton clic du boitier
41  bool m_point1_isset ;
42  bool m_point2_isset ;
43  bool m_point1_isMoving ;
44  bool m_point2_isMoving ;
45  int m_point1_x ;
46  int m_point1_y ;
47  int m_point2_x ;
48  int m_point2_y ;
49  /* ----- */
50
51  int m_current_slice ;
52
53  //-- Constantes
54
55  static const int IMAGE_CAPTUREE ;
56  static const int IMAGE_TRAITEE ;
57
58  static const int WINDOW_NONE ;
59  static const int WINDOW_MAP ;
60  static const int WINDOW_PLANE ;
61  static const int WINDOW_VISION_SETUP ;
62
63  static const int INTERACTION_NONE ;
64  static const int INTERACTION_GUI_S ;
65  static const int INTERACTION_TUI_1P ;
66  static const int INTERACTION_TUI_2P ;
67  static const int INTERACTION_TUI_R ;
68 } ;

```

Script 3 : La fonction *idle()* de la classe *DialogControl*.

```

1
2 void DialogControl::idle ()
3 {
4     //
5     // Acquisition et analyse d'image
6     //
7
8     /* Capture d'une image */
9     m_vision->capture () ;
10
11    /* Traitement de l'image */

```

```
12 m_vision->treat () ;
13
14 /* Extraction des marqueurs dans l'image */
15 int nbCenter = m_vision->extract () ;
16
17 char filename [32] ;
18
19 /* Sauvegarde de l'image capturee */
20 sprintf (filename, "images/image-captured-%dx%d.ppm", m_vision->getVideoWidth(),
21         m_vision->getVideoHeight()) ;
22 m_vision->writeImageCapturedToFilePPM (filename) ;
23
24 /* Sauvegarde de l'image traitee */
25 sprintf (filename, "images/image-treated-%dx%d.ppm", m_vision->getVideoWidth(),
26         m_vision->getVideoHeight()) ;
27 m_vision->writeImageTreatedToFilePPM (filename) ;
28
29 /* Affichage de la vue camera dans la fenetre de configuration */
30 if (m_vue_image == IMAGE_CAPTUREE)
31     m_windowSetup->afficherImage (filename) ;
32 else if (m_vue_image == IMAGE_TRAITEE)
33     m_windowSetup->afficherImage (filename) ;
34
35 //
36 // Generation d'un comportement, d'une action
37 //
38
39 if (m_seleted_window == WINDOW_MAP
40     && (m_interaction == INTERACTION_TUI_R || m_interaction == INTERACTION_TUI_2P))
41 {
42     /*** MODE 2-Palet ou Regle ***/
43
44     if (nbCenter == 2) {
45         /* Recuperer les coordonnees des marqueurs */
46         int x1 (m_vision->getMarkerX (0)) ;
47         int y1 (m_vision->getMarkerY (0)) ;
48         int x2 (m_vision->getMarkerX (1)) ;
49         int y2 (m_vision->getMarkerY (1)) ;
50
51         /* Redresser les coordonnees */
52         this->changerRepere_windowMap (&x1, &y1) ;
53         this->changerRepere_windowMap (&x2, &y2) ;
54
55         /* Dessiner les points dans la fenetre de configuration */
56         m_windowSetup->tmp_drawPoint_M1 (x1, y1) ;
57         m_windowSetup->tmp_drawPoint_M2 (x2, y2) ;
58
59         /* Sens de la coupe doit etre vers de Nord ou l'Ouest */
60         this->orienter_coupe (&x1, &y1, &x2, &y2) ;
61
62         /* Afficher le trait de la ligne de coupe sur la carte */
63         m_windowMap->cutLinePreview_enable (true) ;
64         m_windowMap->cutLinePreview_set (x1, y1, x2, y2) ;
```

```

63
64     /* Effacer le message d'information */
65     m_windowMap->setAvertissement ("") ;
66
67     /* Affichage des coordonnees autour de la carte */
68     m_windowMap->refresh_physical_coordinates_TUI () ;
69 }
70 else { /* Probleme */
71     char mess[32] ;
72     sprintf (mess, "[%d centres]", nbCenter) ;
73     m_windowMap->setAvertissement (mess) ;
74     m_windowMap->cutLinePreview_disable () ;
75 }
76
77 /* Si validation demandee */
78 if (m_valider_carte) {
79     if (nbCenter == 2) {
80         int X1, Y1, X2, Y2 ;
81         m_windowMap->cutLinePreview_get_augmented (&X1, &Y1, &X2, &Y2) ;
82         m_valider_carte = false ;
83
84         /* Demander le calcul et l'affichage de la coupe */
85         m_windowMap->setAvertissement ("Coupe demandee...") ;
86         this->demandeCoupe (X1, Y1, X2, Y2) ;
87         m_windowMap->setAvertissement ("") ;
88     }
89     else { /* Probleme de vision : attendre que les deux palets soit detectes */
90         char mess[32] ;
91         sprintf (mess, "Coupe demandee... [%d centres]", nbCenter) ;
92         m_windowMap->setAvertissement (mess) ;
93     }
94 }
95 }
96 else if (m_seleted_window == WINDOW_MAP && m_interaction == INTERACTION_TUI_1P) {
97     /*** MODE 1-Palet ***/
98
99     if (nbCenter == 1) {
100         /* Recuperer les coordonnees du marqueur */
101         int x (m_vision->getMarkerX (0)) ;
102         int y (m_vision->getMarkerY (0)) ;
103         int screen_x, screen_y ;
104
105         /* Redresser les coordonnees */
106         this->changerRepere_windowMap (&x, &y) ;
107
108         /* Dessiner le point dans la fenetre de configuration */
109         m_windowSetup->tmp_drawPoint_M1 (x, y) ;
110
111         /* Coordonnees a l'origine de l'ecran */
112         m_windowMap->changerRepere_windowMap_toScreen (x, y, &screen_x, &screen_y) ;
113
114         bool line_ready = m_point1_isset ;
115

```



```
116     if (m_clic) { // Demande emise par le bouton clic du boitier a boutons
117
118         /**
119         * Si les deux points existent
120         * et que la croix du palet est sur l'ancre 2
121         * alors deplacement du point 2 */
122         if (m_point1_isset && m_point2_isset && m_windowMap->is_in_handle2 (screen_x,
123             screen_y)) {
124             m_point2_isMoving = !m_point2_isMoving ;
125             m_point2_x = x ;
126             m_point2_y = y ;
127             m_windowMap->setHandle2 (screen_x, screen_y) ;
128         }
129         /**
130         * Sinon, si les deux points existent
131         * et que la croix du palet est sur l'ancre 1
132         * alors deplacement du point 1 */
133         else if (m_point1_isset && m_point2_isset && m_windowMap->is_in_handle1 (
134             screen_x, screen_y)) {
135             m_point1_isMoving = !m_point1_isMoving ;
136             m_point1_x = x ;
137             m_point1_y = y ;
138             m_windowMap->setHandle1 (screen_x, screen_y) ;
139         }
140         /**
141         * Sinon, si les deux points existent
142         * et que la croix du palet est en dehors
143         * alors creation d'une autre ligne */
144         else if (m_point1_isset && m_point2_isset) {
145             /* Modifier point 1 de la ligne de coupe */
146             m_point1_x = x ;
147             m_point1_y = y ;
148             m_windowMap->setHandle1 (screen_x, screen_y) ;
149
150             /* Enlever le point 2 de la ligne de coupe */
151             m_point2_isset = false ;
152
153             line_ready = false ;
154
155             m_point2_isMoving = false ;
156             m_point2_isMoving = true ;
157             m_windowMap->setHandle2_enable (true) ;
158         }
159         /**
160         * Sinon, si le point 1 existe seul
161         * alors creation du point 2 */
162         else if (m_point1_isset) {
163             /* Poser le point 2 de la ligne de coupe */
164             m_point2_isset = true ;
165             m_point2_x = x ;
166             m_point2_y = y ;
167             m_windowMap->setHandle2 (screen_x, screen_y) ;
168             m_windowMap->setHandle2_enable (true) ;
```

```
167
168     m_point1_isMoving = false ;
169     m_point2_isMoving = false ;
170 }
171 /**
172  * Sinon le point 2 existe seul
173  * alors creation du point 1 */
174 else {
175     /* Poser le point 1 de la ligne de coupe */
176     m_point1_isset = true ;
177     m_point1_x = x ;
178     m_point1_y = y ;
179     m_windowMap->setHandle1 (screen_x, screen_y) ;
180     m_windowMap->setHandle1_enable (true) ;
181
182     m_point1_isMoving = false ;
183     m_point2_isMoving = true ;
184     m_windowMap->setHandle2_enable (true) ;
185 }
186
187 m_clic = false ;
188 }
189 else { // Pas de clic demande
190     if (m_point1_isMoving) {
191         /* Deplacer le point 1 de la ligne de coupe */
192         m_point1_x = x ;
193         m_point1_y = y ;
194         m_windowMap->setHandle1 (screen_x, screen_y) ;
195     }
196     else if (m_point2_isMoving) {
197         /* Deplacer le point 2 de la ligne de coupe */
198         m_point2_x = x ;
199         m_point2_y = y ;
200         m_windowMap->setHandle2 (screen_x, screen_y) ;
201     }
202 }
203
204 if (line_ready) {
205     /* Dessiner le trait de la ligne de coupe */
206     m_windowMap->cutLinePreview_enable (true) ;
207     m_windowMap->cutLinePreview_set (m_point1_x, m_point1_y, m_point2_x,
208         m_point2_y) ;
209
210     /* Effacer le message d'information */
211     m_windowMap->setAvertissement ("") ;
212
213     /* Affichage des coordonnees autour de la carte */
214     m_windowMap->refresh_physical_coordinates_TUI () ;
215 }
216
217 /* Afficher une croix sur le palet */
218 m_windowMap->setCroix_enable (true) ;
219 m_windowMap->setCroix (screen_x, screen_y) ;
```

```

219     }
220     else { /* Probleme */
221         char mess[32] ;
222         sprintf (mess, "[%d centres]", nbCenter) ;
223         m_windowMap->setAvertissement (mess) ;
224         m_windowMap->setCroix_enable (false) ;
225         m_windowMap->cutLinePreview_disable () ;
226     }
227
228     /* Si validation demandee */
229     if (m_valider_carte) {
230
231         if (nbCenter == 1) { // Si le palet est present
232             m_valider_carte = false ;
233
234             /* Si le point 1 et le point 2 existent */
235             if (m_point1_isset && m_point2_isset) {
236                 /* Valider */
237                 int X1, Y1, X2, Y2 ;
238                 m_windowMap->cutLinePreview_get_augmented (&X1, &Y1, &X2, &Y2) ;
239
240                 /* Demander le calcul et l'affichage de la coupe */
241                 m_windowMap->setAvertissement ("Coupe demandee...") ;
242                 this->demandeCoupe (X1, Y1, X2, Y2) ;
243                 m_windowMap->setAvertissement ("") ;
244
245                 /* Reinitialiser les ancrs */
246                 m_windowMap->setHandle1_enable (false) ;
247                 m_windowMap->setHandle2_enable (false) ;
248                 m_point1_isset = false ;
249                 m_point2_isset = false ;
250             }
251         }
252         // Si le nombre de marques detectes est different de 1 (=0 ou >1)
253         else if (m_point2_isset) { // Si le point 2 est deja defini
254             m_valider_carte = false ; // ne rien faire
255         }
256         else if (!m_point1_isset) { // Demande Valider Carte sans ligne (TUI 1P)
257             m_valider_carte = false ; // ne rien faire
258         }
259         // Si le point 1 est pose et que le point 2 n'est pas pose
260         else { /* Probleme de vision : attendre que la palet soit detecte */
261             char mess[32] ;
262             sprintf (mess, "Coupe demandee... [%d centres]", nbCenter) ;
263             m_windowMap->setAvertissement (mess) ;
264         }
265     }
266 }
267 else if (m_seleted_window == WINDOW_PLANE) {
268     /*** MODE edition interface geologique *****/
269
270     /* Supprimer les points precedents */
271     m_windowPlane->pointPreview_clear () ;

```

```

272
273  /* Affiches les points courants */
274  for (int i=0 ; i<nbCenter ; i++) {
275      /* Recuperer les coordonnees du point */
276      int x (m_vision->getMarkerX (i)) ;
277      int y (m_vision->getMarkerY (i)) ;
278
279      /* Redresser les coordonnees */
280      this->changerRepere_windowPlane (&x, &y) ;
281
282      /* Ajouter le point pour affichage */
283      m_windowPlane->pointPreview_add (x, y) ;
284  }
285
286  /* Si validation demandee */
287  if (m_valider_coupe) {
288      m_valider_coupe = false ;
289
290      if (nbCenter > 0) {
291          vector<int> points ; // liste de points
292          for (int i=0 ; i<nbCenter ; i++) {
293              /* Recuperer les coordonnees du point */
294              int x (m_vision->getMarkerX (i)) ;
295              int y (m_vision->getMarkerY (i)) ;
296
297              /* Redresser les coordonnees */
298              this->changerRepere_windowPlane (&x, &y) ;
299
300              /* Concatener a la liste de points */
301              points.push_back (x) ;
302              points.push_back (y) ;
303          }
304
305          /* Demander le calcul et l'affichage de l'interface */
306          m_windowMap->setAvertissement ("Spline demandee...") ;
307          this->demandeSpline (m_current_slice, points) ;
308          m_windowMap->setAvertissement ("") ;
309      }
310      else { /* Probleme */
311          char mess[32] ;
312          sprintf (mess, "Spline demandee... [%d centres]", nbCenter) ;
313          m_windowMap->setAvertissement (mess) ;
314      }
315  }
316  }
317  }
318
319  if (m_mouse_mode) {
320      /*** MODE curseur de la souris avec un palet ***/
321
322      if (nbCenter > 0) {
323          /* Recuperer les coordonnees du premier point */
324          int x (m_vision->getMarkerX (0)) ;

```

```
325     int y (m_vision->getMarkerY (0)) ;
326
327     /* Redresser les coordonnees */
328     this->changerRepere_windowPlane (&x, &y) ;
329
330     /* Deplacer le curseur de la souris */
331     m_mouse.pointer_moveTo (x, y) ;
332
333     /* Si validation demandee */
334     if (m_valider_souris) { // Positionne par bouton clic du boitier
335         m_valider_souris = false;
336
337         /* Simuler le clic de la souris */
338         m_mouse.pointer_clic_down (1);
339     }
340 }
341 else {
342     if (m_valider_souris) // Positionne par bouton clic du boitier
343         m_valider_souris = false ;
344 }
345
346 }
347 }
```


Annexe K

Produits commercialisés

Plusieurs tables interactives tactiles multi-points sont disponibles dans le commerce. Les logiciels fournis avec ces tables sont pour l'instant des démonstrateurs, et ne sont pas vendus en tant qu'application. Les clients ciblés ne sont pas encore les particuliers, mais plutôt les entreprises, les hôtels ou les restaurants, les lieux publics et la recherche. Nous pouvons citer :

la table DiamondTouch de Mitsubishi Electric Research Laboratories.

<http://www.merl.com/projects/DiamondTouch/>

<http://www.circletwelve.com/>

le Bureau Virtuel de conception architecturale du Lucid Group de l'Université de Liège en Belgique. Il s'est déjà exporté dans plusieurs universités : Université de Lund (Suède), Université du Québec (Canada) et Université de Lisbonne (Portugal).

http://www.arch.ulg.ac.be/Lucid/Ressources_Virtual_desktops.php

la ReacTable de l'Université Pompeu Fabra de Barcelone en Espagne. La ReacTable est en plus une application pour la performance musicale instantanée. Elle a notamment été achetée par la chanteuse Björk pour ses concerts. <http://reactable.iaa.upf.edu/>

la table Surface de Microsoft. <http://www.microsoft.com/surface/>

la table IntuiFace de la société française IntuiLab. <http://www.intuiface.com/>

la table iliGHT de la société française Immersion. <http://www.immersion.fr/>

la table Gaufre de la société française RFIdées. <http://www.rfidees.fr/>

la SMART Table de la société canadienne SMART Technologies. Elle est destinée aux enfants de la maternelle au primaire et est accompagnée de logiciels éducatifs.

<http://www.smarttech.com/table>

À notre connaissance, une seule interface tangible est commercialisée : TUISTER. C'est une interface tangible pour la navigation bi-manuelle dans les structures hiérarchiques.

<http://www.tuister.com/>

Un brevet a été déposé sur TUISTER : Andreas Butz, Antonio Krüger, Markus Groß : "Eingabe- und Ausgabereinheit für Informationen", Deutsches Patent Nr. 10341045, Deutsches

Patent- und Markenamt, 21.12.2003. Notons que plusieurs brevets ont déjà été déposés sur des interfaces tangibles, notamment au MIT.

Bibliographie

[Reuter 08]

Reuter P, Couture N, and Rivière G (2008). ArcheoTUI. In *IHM '08 : Actes de la 20ème Conférence Francophone sur l'Interaction Homme-Machine* (02-05 September 2008, Metz, France), pp. 221–222. ACM.

[Reuter 07]

Reuter P, Rivière G, Couture N, Sorraing N, Espinasse L, and Vergnieux R (2007). ArcheoTUI - A Tangible User Interface for the Virtual Reassembly of Fractured Archeological Objects. In *VAST2007 : Proceedings of the 8th EuroGraphics International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Cultural Heritage* (26-30 November 2007, Brighton, UK), pp. 15–22. EuroGraphics Association.

Références électroniques

[fr.wikipedia.org/wiki/Comma-separated_values]

Wikipedia, Comma-separated values.

http://fr.wikipedia.org/wiki/Comma-separated_values. [25 Juin 2008].

[glade.gnome.org]

Glade, a User Interface Designer for GTK+ and GNOME.

<http://glade.gnome.org/>. [14 Mai 2008].

[tools.ietf.org/html/rfc4180]

RFC 4180 - Common Format and MIME Type for Comma-Separated Values (CSV) Files.

<http://tools.ietf.org/html/rfc4180>. [25 Juin 2008].

[www.gtkmm.org]

GTKmm, C++ Interfaces for GTK+ and GNOME.

<http://www.gtkmm.org/>. [14 Mai 2008].

