

DESIGNATIONS DANS UN TABLEUR ET INTERACTION AVEC LES CONNAISSANCES ALGEBRIQUES

Bernard CAPPONI
LSD2 Université Joseph Fourier Grenoble
Collège Le Vergeron Moirans

Cet article s'attache à montrer les obstacles que représentent les systèmes de références pour des élèves débutants dans l'utilisation d'un tableur comme Multiplan. Seules les difficultés liées à l'utilisation des références dans le cadre du logiciel Multiplan seront abordées ici¹. Il s'agit en fait de montrer comment certaines conceptions sur l'algèbre entrent en conflit avec les références utilisées dans un tableur pour écrire les formules décrivant des calculs. L'article se présente en deux parties :

- une présentation du tableur de façon que les lecteurs peu familiers de ce type d'outil puissent se représenter le fonctionnement d'un tableur relativement aux problèmes abordés.

- une analyse des relations entre algèbre et tableurs et la description d'une série d'expérimentation qui appuyent les analyses réalisées.

Les tableurs sont des outils informatiques récents qui modifient sensiblement les techniques de calculs pour des quantités importantes de nombres. Leur utilisation est rendue particulièrement intéressante par la présence de formules qui permettent d'effectuer automatiquement des calculs entre les nombres implantés dans les cellules. Ce sont des outils originaux qui ne peuvent exister qu'en raison du traitement automatique des nombres que fait l'ordinateur. Il ne s'agit pas d'un prolongement d'habiletés techniques anciennes, mais d'un outil original que nous a apporté la micro-informatique. Ces utilisateurs sont multiples et je pense que le moindre collège de France en possède un ou plusieurs dans ses armoires. Je ne saurais trop encourager les professeurs à les en sortir et à les utiliser avec leurs élèves notamment dans les parties "gestion de données" des programmes du collège.

¹Les lecteurs qui souhaitent une approche plus complète de ces problèmes peuvent se reporter au travail de thèse réalisé sur ce sujet. (Voir bibliographie).

I. Description du logiciel

Les tableurs gèrent de grands tableaux où l'on peut inscrire dans les cases (appelées cellules) des nombres et surtout des formules effectuant des calculs à partir de ces nombres. Ces formules utilisent des désignations particulières des cellules sous la forme de références absolues et relatives. Les outils les plus répandus sont actuellement Multiplan, Excel et Lotus 123. Mais il en existe sur tous les types de matériels : Macintosh et Compatibles mais aussi Nanoréseau et de nombreux autres types de matériels. Certains font partie de logiciels intégrés dont le plus répandu dans le monde de l'éducation en France est Works. Ces logiciels diffèrent cependant par le système de référence employé.

Le tableur auquel je fais référence et qui a été l'objet de l'essentiel du travail avec des élèves, présenté ici, est Multiplan™ (versions 1.02 et 1.10 de Microsoft™ pour Macintosh™). J'ai réalisé par ailleurs des expérimentations avec des adultes en milieu de travail sur Multiplan version 1 pour Compatibles PC.

I.1 La cellule élément de base du tableau

Le tableau de Multiplan comporte 255 lignes et 63 colonnes dont les intersections déterminent 16065 cellules. La cellule est l'élément de base du tableau. L'édition des formules, la saisie des données au clavier, se fait toujours après sélection d'une cellule choisie par l'utilisateur. La cellule sélectionnée est souvent désignée par le terme de **cellule active**. Sur Macintosh elle est perceptivement identifiée par sa couleur noire. La cellule peut contenir une simple valeur numérique ou un texte, mais également une formule qui produit un résultat calculé et affiché. Je distingue ainsi les **cellules de données** et les **cellules calculées**. Par ailleurs pour l'écriture des formules chaque cellule doit être désignée. J'étudierai ce point plus loin.

I.2 La formule : aspect dynamique du tableur

De fait la formule implantée dans une cellule est l'expression algébrique d'une fonction. Les variables de la formule qui définit cette fonction sont des références à des cellules dont les contenus calculés leur sont attribués. Par exemple dans la figure 1, j'ai représenté plusieurs cellules en distinguant pour chacune un niveau apparent contenant une valeur numérique et un deuxième niveau contenant éventuellement une formule.

Pour faciliter la lecture j'ai désigné ces cellules par les lettres a à f. La cellule c contient une formule qui calcule à partir des valeurs affichées dans les cellules a, b et d la somme 15 affichée dans cette cellule c. L'exemple donné montre que l'on peut faire référence à des constantes numériques comme dans la cellule d ou à des valeurs déjà calculées par d'autres fonctions comme dans les cellules b ou c. On peut aussi faire référence à une cellule sans contenu apparent comme la cellule e et, dans le cas d'un calcul le contenu par défaut est zéro. Le tableur effectue une mise à jour du tableau dans le cas d'une modification du contenu des cellules arguments. Une feuille de calcul avec l'ensemble de ses formules est alors davantage qu'un simple tableau de valeurs : elle génère un ensemble de tableaux défini par les relations qui ont été créées entre les cellules. C'est cet aspect fonctionnel qui donne au tableur un statut dynamique. La construction d'une feuille de calcul doit tenir compte de l'aspect générique que les formules donnent au modèle construit, c'est-à-dire prendre en

compte toutes les valeurs numériques susceptibles d'être affectées aux cellules du tableau. Par exemple dans le cas de la Figure 1, la formule définie dans la cellule f, doit tenir compte des éventuels contenus qui pourraient être affectés à la cellule e.

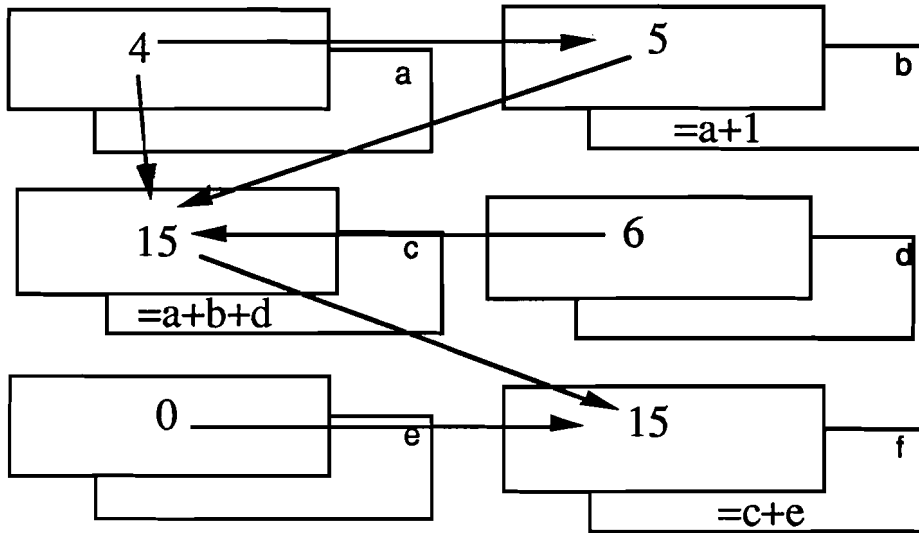


Figure 1

Ainsi je distinguerai la **feuille de calcul**, qui définit la fonction, des **tableaux** qui sont les images de cette fonction obtenues à partir d'un ensemble de données numériques données par l'utilisateur. Cette précision terminologique est d'autant plus nécessaire que l'utilisateur n'aperçoit sur l'écran que ces images, ainsi que l'indique la Figure 1, ce qui ne manquera pas d'avoir des conséquences sur ses conceptions.

I.3 Les systèmes de références

Ecrire une formule de calcul dans une cellule à partir des contenus d'autres cellules nécessite l'utilisation de modes de désignation. Pour décrire la Figure 1, j'ai par exemple utilisé des désignations classiques en algèbre, avec des lettres. Dans un tableur il existe plusieurs types de désignations pour répondre aux différents besoins de l'utilisateur. En effet, repérer des cellules dans un tableau peut être fait à l'aide :

- d'une référence absolue,
- d'une référence relative à la cellule active,
- d'une désignation spécifique (nom attribué à une cellule).

Références absolues

L4C2 qui apparaît en haut et à gauche de la feuille de calcul (Figure 2) est la "référence absolue" de la cellule active. Cette référence est l'indication des numéros de ligne et de colonne (ici, ligne 4 et colonne 2) à l'intersection desquelles se trouve la cellule. Ce type de désignation est fait en référence à un repère fixe auquel est rapporté le tableau de Multiplan correspondant à la numérotation affichée à l'écran pour les lignes et les colonnes. Dans le tableau, chaque cellule a ainsi une désignation unique. On peut utiliser ces références pour écrire des formules comme : $=L2C2+L3C2$ qui calcule la somme des contenus des deux cellules L2C2 et L3C2.

Fichier Edition Sélection Format Options (
L4C2		=L[-2]C+L[-1]C			
Sans titre					
	1	2	3	4	
1					
2			4		
3			5		
4					

Figure 2

Références relatives

Encadrée d'un pointillé, on peut voir dans la barre d'édition de la Figure 2 une formule utilisant des "références relatives". L[-2]C désigne la cellule qui se trouve deux lignes au-dessus de la cellule active et dans la même colonne. Il s'agit là d'un repère dont l'origine est la cellule active. Au cours de l'édition d'une formule, le fait de désigner une cellule à l'aide de la souris édite automatiquement dans la formule les références relatives de cette cellule par rapport à la cellule active. C'est le choix qui a été fait par le concepteur du logiciel, il donne à ce type de référence une place privilégiée pour l'écriture des formules. L[-4]C[+2] indique par exemple le déplacement à effectuer de la cellule active à la cellule que l'on veut désigner c'est-à-dire quatre lignes au-dessus (-4) et 2 colonnes à droite (+2). Ce type de référence comporte une syntaxe particulière avec l'utilisation des lettres L et C pour ligne et colonne, un crochet¹ contenant alors le décalage de la cellule désignée par rapport à la cellule active, avec le signe obligatoire + ou - (suivant le sens du décalage). Il existe cependant deux types d'exceptions à cette syntaxe générale des références relatives :

- L'absence de parenthèses et d'argument numérique, comme dans LC[5] ou L[-2]C signifie que l'on fait référence à une cellule de la même ligne ou de la même colonne. LC désigne ainsi la cellule active elle-même.

- L'absence de la lettre L ou C par exemple L[-4] ou C[+2] signifie également que l'on fait référence à une cellule de la même colonne ou de la même ligne².

¹La version 1.02 de Multiplan sur Macintosh utilise des parenthèses dans l'écriture des références alors que la version 1.10 utilise des crochets. Cette différence peut avoir une incidence non négligeable sur la lecture des formules comportant déjà des parenthèses pour indiquer des priorités de calcul comme dans le calcul algébrique classique. La version 1.02 a été utilisée au cours de la première expérimentation alors que par la suite nous avons utilisé la version 1.10 que nous considérons plus lisible. On peut noter aussi que sur les versions pour compatibles P.C les références relatives s'écrivent avec des parenthèses.

² Le Manuel de l'utilisateur comporte un exemple de la première exception mais la deuxième n'apparaît à aucun moment dans la documentation. L'absence d'indication sur cette deuxième exception explique sans doute le peu d'utilisation qui en est fait dans les modèles de feuilles que nous avons pu observer.

Les noms

On peut donner un nom à une cellule ou à un ensemble de cellules (colonne, ligne, pavé, etc.). Ce nom, contrairement à la référence absolue n'a pas de syntaxe prédéfinie, l'utilisateur choisira généralement un signifiant lié au problème qu'il traite¹. Les élèves n'ont pas reçu d'informations concernant les noms qui n'ont donc pas été utilisés. En conséquence je n'aborderai pas davantage les aspects liés à l'utilisation des noms dans cet article.

II. Algèbre et Multiplan : les références

Ce chapitre présente les inter-actions entre un modèle algébrique et son implantation dans le tableur. Il s'agit, en particulier d'étudier les difficultés des utilisateurs liées à la présence de deux syntaxes qui se mêlent : celle de l'algèbre et celle du tableur.

Pour mener cette étude à bien, je m'appuierai sur les observations d'un ensemble des séquences réalisées au cours d'une formation donnée à des élèves de troisième à l'utilisation de Multiplan et sur une situation-interview que j'ai conduite avec 6 binômes d'élèves et 7 binômes d'adultes. Il n'est pas possible ici de fournir l'ensemble des tâches proposées aux élèves². Je m'efforcerai pour les descriptions de travaux d'élèves de donner les informations nécessaires à la lecture des analyses.

Les situations construites pour l'apprentissage et dans la situation interview s'appuient sur un modèle de l'élève qui a été élaboré en tenant compte des connaissances des élèves en algèbre et de l'analyse conceptuelle du tableur telle qu'elle vient d'être décrite.

Les connaissances des élèves en algèbre à la fin de la scolarité du collège (10^e année correspondant à la fin de la scolarité obligatoire) les conduisent à désigner des variables à l'aide de lettres avec des notations utilisant des exposants mais jamais aucun indice. La lecture d'expressions du type des polynômes du premier degré est en général faite correctement. Dans cet environnement les désignations sont univoques : chaque symbole désigne un seul objet. Ce point fait d'ailleurs l'objet d'un enseignement systématique au niveau du collège. Les syntaxes de l'algèbre et de Multiplan se mêlent dans l'écriture des formules puisqu'à l'exception des désignations, ce sont les conventions du calcul algébrique qui président à l'organisation des calculs décrits par les formules du tableur.

L'analyse conduit à envisager chez les élèves une rupture entre ces connaissances et le système de désignation du tableur à l'aide de références relatives. Les différences entre les deux systèmes symboliques induisent une typologie des obstacles à l'apprentissage envisageables du point de vue de la syntaxe que j'aborde dans ce chapitre :

¹ Les contraintes de syntaxe sont faibles ; elles permettent à l'utilisateur de choisir pratiquement n'importe quel nom signifiant, à l'exception de quelques mots réservés. (Manuel p. 45).

² Les lecteurs intéressés par ce travail peuvent demander à l'auteur de leur fournir les éléments complémentaires que nous ne pouvons exposer ici ou trouver ceux-ci dans Capponi 90.

- Obstacles liés à la lecture et dus à la densité de l'écriture. Le nombre de symboles nécessaires à l'écriture des références est notablement augmenté (5 à 6 fois plus important).

Ces difficultés interviennent au niveau

- de la priorité des opérations en jeu (addition et Multiplication),
- de la signification des références.

- Obstacles liés aux références relatives à une cellule. L'origine du repère varie avec chaque formule et les désignations ne sont plus uniques pour chaque cellule. La lecture peut être notablement perturbée dans la mesure où le rôle de la cellule active n'est pas identifié.

- Obstacles liés à une modification, relativement à l'univers papier-crayon, des symboles opératoires notamment pour la multiplication (*) et la division (/).

- Obstacles liés à la manipulation des fonctions. Dans Multiplan les fonctions comme **Somme()**, **MIN()** ou **Moyenne()** sont à l'origine de difficultés concernant la syntaxe et la sélection des arguments.

II.1 Références relatives

Les travaux préliminaires à cette étude m'ont permis de mettre en évidence les difficultés des élèves concernant les références relatives relevées par de nombreux enseignants. Ces difficultés persistant longtemps après les débuts de l'apprentissage, je me suis attaché à les mettre en évidence et surtout à en trouver l'origine. C'est ce que j'aborde ici.

Les modes de représentation des systèmes de références que construisent les élèves sont difficiles à repérer dans la mesure où les feed-back de la machine les conduisent souvent à détruire des formules qui sont soit rejetées par le dispositif soit qui ne leur conviennent pas. Il ne réalisent pas, la plupart du temps, d'analyse des formules. C'est pour cela que j'ai construit, en plus de l'observation des situations d'apprentissage sur l'ordinateur, des situations spécifiques qui devaient conduire les élèves à analyser des formules écrites avec des références relatives. Ces situations devaient être réalisées par les élèves entièrement dans un environnement papier-crayon. ("Vêtements" : séance 3 et "Rectangles" : séance 5).

Une appropriation délicate

Le système de références relatives, qui est le choix par défaut du concepteur¹, se pose en obstacle à l'apprentissage du tableur. En effet, j'ai pu observer que dans les premiers temps de l'apprentissage, les élèves construisent facilement les feuilles de calcul simples qui leur sont proposées. Mais cette aisance dans la construction ne doit pas être interprétée comme une appropriation du système de références relatives utilisé. D'autant que la désignation en acte, si peu d'éléments sont concernés, permet une maîtrise suffisante pour dispenser de lire ce que la machine traduit en formules. Bien entendu le problème se pose pour valider la formule. Mais le contrôle par l'action a pu paraître suffisant. D'où l'illusion initiale de facilité lors de la prise en main.

En effet construire, par exemple, une feuille de calcul comme celle de la Figure 3 est fait par tous les élèves avec une saisie à la souris des valeurs apparentes dans les

¹ Voir à ce sujet une étude conceptuelle du tableur dans Capponi 1989.

cellules, sans qu'une analyse de la formule produite soit entreprise. Je donne ici le seul exemple d'élève que j'ai vu tenter une analyse de la formule au début de la formation.

A la deuxième séance, les élèves ont reçu des informations sur la signification des références relatives dans la désignation des cellules intervenant dans la formule. Sur les 10 élèves observés, Sylvie, en binôme avec Corinne, est en effet la seule qui ait tenté, sans y parvenir à donner une signification à ces références.

Ainsi, après avoir édité dans la cellule L11C4 la formule (Figure 3-b) :

$$= \text{MAX}(L[-9]C : L[-4]C)$$

et avant de la valider, elle croit s'être trompée dans la sélection des cellules de l'argument et tente de la contrôler :

Sylvie Attends -9 c'est...-4... de -9 jusqu'à -4 ... -9 c'est lui... -4 c'est lui.
Corinne C'est bon.
Sylvie Je sais pas , ... si je recommençais... je recommence...

Elle efface alors les références et refait la sélection des cellules avec la souris. Elle abandonne ainsi le décodage pour éditer de nouveau avec la souris. Elle tentera encore une fois de donner une signification aux références relatives en essayant d'expliquer à Corinne comment on peut corriger des références sans nécessairement les effacer. Ainsi, à propos de la formule

$$=\text{MOYENNE}(\text{LC}[-4] : \text{LC}[-1]) :$$

Sylvie *Tu sais quand on se trompe, au lieu de tout effacer, j'ai vu comme il a fait [elle parle du professeur, intervenu dans le binôme voisin], il s'arrête où c'est faux et où tu dois réécrire. LC ça veut dire la même ligne de la case et après tu mets -4 et là -3... -2...-1... après tu mets 2 points...*
Corinne *J'ai pas compris.*
Sylvie *LC ça veut dire sur la même ligne... après tu mets au lieu de tout effacer, de tout refaire, tu mets LC : la même ligne, le crochet -4... jusqu'à... tu mets deux points ... et LC : sur la même ligne, tu mets moins 1, si c'est là... il faut mettre les crochets ...*

goldman						
	1	2	3	4	5	6
1		français	math	hist-geo	anglais	moyenne
2	septembre	14	12	15	10	12,75
3	octobre	9	10	17	5	10,25
4	novembre	2	15	18	14	12,25
5	décembre	7	12	10	11	10
6	janvier	10	13	15	4	10,5
7	février	5	11	6	8	7,5
8						
9	myoenne	7,8333333	12,166667	13,5	8,666667	
10	minimum	2	10	6	4	
11	maximum	14	15	18	14	
12						
13						

Figure 3-a :Tableau des valeurs (Mylène et Nadia Séance 2)

	1	2	3	4
1		français	math	hist-geo
2	septembre	14	12	15
3	octobre	9	10	17
4	novembre	2	15	18
5	décembre	7	12	10
6	janvier	10	13	15
7	février	5	11	6
8				
9	mooyenne	=MOYENNE(L[-7]C:L[-2]C)	=MOYENNE(L[-7]C:L[-2]C)	=MOYENNE(L[-7]C:L[-2]C)
10	minimum	=MIN(L[-8]C:L[-3]C)	=MIN(L[-8]C:L[-3]C)	=MIN(L[-8]C:L[-3]C)
11	maximum	=MAX(L[-9]C:L[-3]C)	=MAX(L[-9]C:L[-3]C)	=MAX(L[-9]C:L[-4]C)
12				

Figure 3-b :Tableau des formules (colonnes 1 à 4, Mylène et Nadia Séance 2)

Sylvie ne se contente plus de travailler dans l'action en éditant une formule :

- elle reconnaît le rôle de désignation des références dans la formule,
- elle cherche à en comprendre le sens,
- elle utilise cette connaissance pour valider la formule éditée.

Sylvie est ainsi la seule élève qui manifeste, dès le début de l'apprentissage, une conception algébrique de la formule en tentant de donner un sens au codage fourni par la machine. Ce protocole indique la difficulté qu'elle rencontre à interpréter les références relatives et à les utiliser pour contrôler sa formule. Notons encore qu'elle est la seule qui se soit posé ce type de problème et qui ait engagé une lecture des références. Ce protocole de Sylvie, au début de l'apprentissage, indique bien les difficultés rencontrées par les élèves d'autant que c'est la seule élève sur douze qui ait tenté de donner une signification aux références à ce niveau de l'apprentissage.

J'ai essayé d'identifier, au cours de l'ensemble des séances de formation, la nature de ces difficultés. C'est ce que j'analyse dans la suite.

Par ailleurs, la situation interview m'a permis de faire un bilan chez les élèves à la fin de la formation, et aussi chez des adultes ayant suivi une formation d'une douzaine d'heures. Dans la situation Cible 1, (Figure 4) les sujets, après avoir modifié les contenus des cellules de la colonne 1, qui sont des valeurs, et observé la modification du contenu de L5C4, devaient choisir 3 nombres de façon à obtenir 100 en L5C4. Cette tâche est facilitée si l'on connaît la nature de la relation définie par la formule implantée en L5C4. Il s'agit alors de donner une signification à la formule que l'on peut voir dans la barre d'édition de la Figure 4.

J'ai construit une situation où il est facile d'établir une correspondance entre les cellules dont les références sont dans la formule et les valeurs qui apparaissent dans ces cellules sur l'écran. Ainsi, même les binômes qui auraient des difficultés à décoder doivent être guidés par la simplicité des relations à découvrir.

Cette formule est relativement courte il y a autant de références dans la formule que de cellules. D'autre part il s'agit d'une expression du premier degré par rapport à chacune des variables.

Voici par exemple le protocole de Florence et Philomène¹ dans cette situation interview quand elles commencent le décodage de cette formule.

1. Florence *moins 1... L moins 1 C 3 plus 2... multiplié par... attends j'arrive pas à lire là... L moins 1 ... C moins 3... ça correspond à quelle...*
2. Philo *ben on a qu'à le faire avec le curseur...*
3. Florence *L moins 1... c'est bien là les lignes ... moins 1... (5s)... C moins 3... plus 2...*
4. Philo *(tout bas en copiant)... plus 2 fois LC moins 3...*
5. Florence *2... (10s) mais là il faudrait quand même qu'on arrive à déchiffrer parce que ...*
6. Florence *ben ça c'est ligne L....*
7. Philo *où tu vois ligne ?*

L5C4		=L[-1]C[-3]*3+LC[-3]*2+L[+1]C[-3]				
		cible1				
	1	2	3	4	5	
1						
2						
3						
4		2				
5		5				
6		6				
7						

Figure 4

8. Florence *C c'est colonne t'es d'accord ? oui c'est ça ... donc L moins 1. d'habitude quand tu définis une cellule tu dis ... L6C1 donc c'est en face de la ligne 6 colonne 1. comme là (elle montre la référence absolue en bas du tableau). voilà... donc là c'est L moins 1... mais moins 1 quoi ? ... moins 1... attends ... (5s)*
9. Observ *c'est un autre système d'écriture ...*
10. Florence *ouais (15s)... on devait y arriver ! (elles rient) [...]*
11. Philo *mais elle est bizarre cette formule...*
12. Florence *oui mais j'arrive pas à la lire ... là sur les ... je comprends pas ce que c'est L moins 1 C moins 3... qu'est-ce que ça veut dire ?*

Nous voyons ici les difficultés rencontrées par Florence et Philomène pour décoder une formule simple écrite avec des références relatives.

Un des résultats de l'étude que j'ai menée est que, dans cette situation, sur un ensemble de 14 adultes et 12 élèves, 5 ne peuvent donner de signification aux références et parmi ceux qui réalisent le décodage, 8 y parviennent avec de nombreuses hésitations et en s'appuyant sur la simplicité du tableau proposé. Il n'y a pas de différence notable entre les adultes et les élèves de ce point de vue.

Ces résultats indiquent les difficultés d'appropriation du système de références relatives dans le tableau. Ces difficultés trouvent leur origine dans la nature du système de références dont l'origine du repère change avec la cellule active, et, dans la

¹Florence et Philomène sont des étudiantes de formation littéraire (Langues appliquées) ayant suivi un cycle de formation à l'utilisation de tableurs d'une douzaine d'heures.

complexité de l'écriture des références qui contrastent avec des notations algébriques classiques, où la désignation d'une variable à l'aide d'une simple lettre reste toujours la même.

La complexité de la formule : organisation du calcul

Les élèves ont rencontré des difficultés que j'associe à la complexité de l'écriture d'une formule avec des références relatives et à une gestion des priorités d'opérations. En effet prenons l'exemple de la formule qui apparaît dans la situation "gaz-elec" de l'interview (Figure 5). Cette formule est d'une écriture complexe au regard de ce que l'on peut attendre d'une expression de même type en algèbre. Elle correspond, en effet, à une somme de quatre termes dont deux sont des produits de deux facteurs. Soit une expression du type :

$$px + qy + a + b$$

L7C4		=LC[-2]*L[-5]C[-1]+LC[-1]*L[-5]C+L[-5]C[-3]+L[-5]C[-2]			
gaz elec-b					
	1	2	3	4	
1	abonn gaz	abonn. elec	P.U Gaz	P.U. elec	
2	160,49 F	28,27 F	0,15 F	0,59 F	
3					
4					
5					
6	N° Client	consom gaz(KWh)	consom elec(KWh)	montant	
7	1	5891	513	1375,08 F	
8	2	4789	568	0,00 F	
9	3	3569	456		
10	4	1256	689		
11	5	2652	703		
12	6	4582	653		

Figure 5

L'expression utilise dans Multiplan 54 caractères alors qu'en algèbre on n'en compte que 9. Cette abondance de symboles donne à l'écriture une apparente complexité et rend sa lecture plus difficile. Une des conséquences de cette complexité tient dans la difficulté à distinguer les groupements de facteurs induits par les priorités qui sont les mêmes en algèbre et dans le tableur. Ainsi on observe un effet de "mise à plat" de l'expression, encore accentué par les références relatives, qui situe la complexité du traitement à deux niveaux :

- une expression comme $axb + cxd$ nécessite une construction des priorités perturbée par la présence des références relatives ;

• une expression comme $ab + cd$, familière aux élèves comporte une priorité induite qui disparaît dans l'écriture de la formule dans Multiplan où l'explicitation de tous les signes de calcul supprime l'effet de regroupement dû à l'omission du signe \times en algèbre.

Les protocoles suivants illustrent ces différents éléments liés à la complexité de l'écriture.

Dans la tâche que j'analyse ici, ("Vêtements", Séance 3¹) les élèves doivent donner la signification d'une formule correspondant au tableau de la Figure 10 pour reconnaître qu'elle ne réalise pas le calcul attendu dans la situation proposée. La formule à décoder est complexe :

$$\frac{L[-4]C[-1]*L[-2]C+L[-2]C[-1]*L[-3]C+L[-3]C[-1]*L[-4]C}{\begin{array}{cccccc} \hline 123 & 0 & 236 & 1 & 1350 & 4 \\ \hline \end{array}}$$

J'ai indiqué sous chaque référence le contenu numérique de la cellule et j'ai souligné les 3 termes de cette expression. J'ai pu observer des difficultés de lecture liées à cette écriture complexe. Les 3 termes de l'expression sont difficiles à distinguer c'est vraisemblablement là l'origine de certaines erreurs de décodage. Sylvie et Corinne, par exemple, ont essayé d'organiser leur lecture à l'aide de parenthèses, mais n'y sont pas parvenues puisqu'elle écrivent :

$$123 \times (0 + 236) \times (1 + 1350) \times 4$$

où elles regroupent deux facteurs de deux termes différents deux fois de suite et obtiennent une expression factorisée au lieu d'une somme de trois termes. Ce type d'erreur ne se produit pas en général chez des élèves de troisième si l'expression est écrite sous une forme qui leur est plus familière du type $ab + cd + ef$. Dans ce type d'écriture l'organisation du calcul n'est pas cachée par la complexité de la désignation des variables. Ces élèves n'ayant pas été observées, on ne peut pas savoir de quelle manière ce décodage a été conduit, ni si ce calcul a donné lieu à une vérification. Ce sera le seul binôme qui réussira par la suite un codage correct.

Dans la même tâche, Gilles et Franco ont décodé avec des références inexacts mais l'organisation du calcul leur a aussi posé des difficultés puisqu'ils écrivent :

$$123 \times 236 + 236 \times 1250 + 1250 + 1350 \times 123$$

La structure du calcul est modifiée, on peut faire l'hypothèse que c'est la complexité de lecture de l'expression qui fait échouer les élèves.

¹La fiche de tâche est fournie en annexe.

Sans titre				
	1	2	3	4
1				
2				
3		article	prix unitaire	quantité
4		chemise	123	4
		manteau	1350	1
		pantalon	236	0
			total	5636

Figure 6

Mylène et Nadia ne parviendront à décoder que la première référence et auront des difficultés à organiser le calcul autour des opérations en jeu :

1. Mylène *Eh bien il a fait, regarde, déjà il a fait ça... et ça... j'sais pas trop quoi ... là*
2. Nadia *...*
3. Mylène *Multiplié ?*
4. Nadia *oui ça fois ça ... j'crois... j'crois que c'est ça ; après ...*
5. Mylène *il a ajouté*
6. Nadia *pourquoi il a ajouté ?*
7. Mylène *Ben , ouais... non il a multiplié [...]*
8. Nadia *Eh ben qu'est ce que ça fait que ça ?*
9. Mylène *plus, moins ou multiplié ... je sais pas quoi ...*
10. Nadia *je sais pas*
11. Mylène *égal... ouais ça doit être plus... attends*
12. Nadia *Il y a un problème là ...*
13. Nadia *Mais là... 123 + 236 ... + 236... multiplié ... une deux... 236... [...]*
14. Mylène *mais la petite étoile elle est à la fin ... pas... je sais pas moi !*

Mylène et Nadia ont eu des difficultés pour comprendre la signification des références relatives, mais ici c'est l'organisation du calcul qui pose problème avec les opérations en jeu entre les grandeurs puisqu'elles se posent des questions relatives aux opérations entre les grandeurs en jeu (2-5-6-10-13).

Christophe arrivera à décoder mais le protocole suivant montre le travail et la rigueur nécessaire pour ne pas se tromper, il suit sur la fiche avec son crayon :

- Christophe *Ligne moins 4 ... 1,2,3,4 ... Moins 1 ... 123 ... Multiplié, c'est quoi Ca ? c'est multiplié ! 123 multiplié par ligne moins 2 ... Un, deux ... Multiplié par 0 ... Plus ligne moins 2 : un, deux ... C moins 1 ... L moins 3 ... Un, deux, trois ... Fois 1 ... L moins 3 ... Ouais, c'est celui là ... Alors L moins 3 ... Un, deux, trois ... Moins 1 ... 1350 ... Fois L moins 4 ... 1,2,3,4 ... 146 fois 1 ...*

Il note en même temps sur son brouillon :

$$123 \times 0 + 236 \times 1 + 1350 \times 4,$$

puis calcule pour contrôler qu'il obtient le même résultat que celui qui est affiché dans la cellule. Et il conclut : "*on a juste ! ça fait 5636 !*".

La complexité syntaxique est dépassée par une lecture systématique de gauche à droite qui conduit à occulter les priorités.

Cécile et Michèle se posent aussi la question de l'organisation du calcul, mais elles n'arriveront pas à mener de front le décodage des références et l'organisation du calcul et abandonneront sans terminer, le temps de travail étant écoulé.

Ces observations, relevées chez des élèves de troisième, après dix heures de travail sur Multiplan, indiquent encore de nombreuses difficultés dans l'interprétation des références relatives. Je fais l'hypothèse que parmi les difficultés de lecture des références, la complexité de l'écriture d'une formule intervient encore de manière importante, du moins dans les premiers temps.

Le rôle de la cellule active comme origine du repère

Une autre difficulté dans la lecture des références relatives provient de l'identification de la cellule active comme origine du repère ou d'une interprétation erronée de l'origine. Cet obstacle, déjà mis en évidence dans une expérimentation préliminaire (Capponi 1989), a de nouveau été observé chez plusieurs élèves pendant la formation.

Ainsi à la séance 3 (Vêtements séance 3-Figure 6), pour donner un sens à la référence relative d'une cellule, les élèves doivent reconnaître la cellule active, où la formule est inscrite comme l'origine du repère. 3 binômes sur les 4 observés¹ ont rencontré des difficultés avec ce repérage relatif. J'indique ici les protocoles correspondants.

Gilles écoute les explications du professeur mais s'interroge sur l'origine du repère :

1. Prof *L[-4] ça veut dire 4 lignes au-dessus*
2. Gilles *oui, mais ça part d'où aussi ? ça part d'où ? pour 4 lignes, 3 colonnes... 4 lignes en avant ?*

Franco montre alors comme origine la cellule qui contient le texte "prix unitaire".

3. Prof *d'où tu fais partir ?*
4. Franco *Ben d'après ce que je comprends, ça doit partir de là [il montre avec son doigt la cellule "prix unitaire"]*
5. Prof *celle ci ?*
6. Franco *oui parce que ils disent colonne d'en haut et moins un ... ça doit faire ça !*

¹ Nous n'avons aucune observation du détail du décodage pour Sylvie et Corinne. Elles sont parvenues à repérer correctement toutes les cellules intervenant dans la formule mais nous ne savons pas quel type de problème elles se sont posées à ce sujet.

Franco ne fait pas le lien entre la formule de la barre d'édition et la cellule, noircie, contenant le total et qui doit servir d'origine pour le repère.

Cécile et Michèle, sur la même tâche, ont commencé à coder la formule (troisième question¹) avant le décodage de la formule (deuxième question). Elles commencent le repérage à partir de la cellule active mais ne sont pas d'accord sur le retour à cette cellule pour chaque référence :

1. Michèle *Non, pourquoi tu repars là, non ! Regarde, t'es là ! Ta cellule elle est là, maintenant. Et maintenant tu veux calculer ça par ça, en principe ... Bon alors tu fais L ... Non ... C[-1] ...*
2. Cécile *Ouais ...*
3. Michèle *C[-1] multiplié par L[-1]. Non, pas ...*
4. Cécile *Non, et L[1]*
5. Michèle *L[+1] ... Ouais L[1] ... Non, attends c'est moins ...*
6. Cécile *Tu vois, c'est bien comme j'avais marqué ! Lui, à chaque fois il est pas revenu*
7. Michèle *Si !*
8. Cécile *Il est parti là, et puis là ...*
9. Michèle *Si ! T'es là*
10. Cécile *Non, parce que c'est toujours par rapport à la case en noir ! Donc c'est bien comme j'avais fait ! C'est par là, par là ... On revient à la case pour changer...*
11. Michèle *Bon, ben c'est comme tu penses ...*
12. Cécile *Et mais c'est L[-1] C[+1] et nous c'est C[-1] L[+1] ! Eux ça fait ... Ben oui, tu vois, regarde, c'est ce que je te disais ! C'est C[-1] ...*
13. Michèle *Ouais*
14. Cécile *L[-1] ... C[-3]*
15. Michèle *Ah ouais ! Ouais, ouais, non, mais t'as raison ! Tu fais ça ! Bon allez, efface tout ! Alors ...*

Elles recommencent et de nouveau la même question se pose :

16. Michèle *Mais ta truc elle est là ... J'pige plus rien !*
17. Cécile *Faut toujours partir du truc noir...*

Finalement elles demanderont au professeur :

18. Cécile *Michèle était pas d'accord avec ce que je pensais.*
19. Prof *Oui ... C'est ce que tu as voulu faire ?*
20. Cécile *Oui*
21. Prof *Pourquoi vous n'étiez pas d'accord ?*
22. Cécile *Parce que moi je voulais tout le temps pour faire les opérations, tout le temps partir de la case noire. Et Michèle pensait qu'il fallait pas tout le temps revenir au point de départ ... Elle faisait ça fois ça, plus ça fois ça, sans revenir à la case noire ...*
23. Michèle *Ouais, la cellule, admettons qu'elle vienne là ... Après, bon ben qu'elle aille là ... Et après enfin ... Là et puis ... Parce que ...*
24. Prof *C'est à dire euh ... Un petit peu comme euh ... C'est comme si tu faisais un jeu de piste, et quand tu es arrivée à un endroit, tu repars de là ?*
25. Michèle *Ouais ouais ouais !*
26. Cécile *Tandis que moi je partais toujours de la case noire !*

Pour Michèle les cellules sont repérées les unes après les autres en prenant comme origine chaque fois la dernière cellule intervenant dans le calcul (1-16-23-26). Elle cède devant l'insistance de Cécile. Mais dès que la question se repose elle réintroduit sa conception de l'origine. Cette conception est assez prégnante puisque le

¹Voir la fiche de tâche "vêtements" en annexe.

débat entre les élèves n'a pas permis de la surmonter. Ce sont elles qui appellent le professeur pour faire un arbitrage.

J'ai trouvé des indices des difficultés liées à l'origine du repère chez la moitié des élèves dans la séance 5 (Rectangles Séance 5¹).

La Figure 7 montre une cellule noire dans laquelle est implantée la formule (1). En travaillant au décodage de la formule (2), Franco commence son déplacement de cette cellule noire :

1. Franco *C'est faux, L moins 3, pourquoi L moins 3 ? ça va pas ça c'est faux ! 3 cases en avant ça fait ... 1, 2, 3 ...*
2. Gilles *mais à partir de la noire !*
3. Franco *non ! mais c'est faux alors là ... 2 cases en avant c'est juste ... 1, 2 ... une case en arrière c'est ici ... 3 cases en arrière ça va jusque là... c'est faux, elles sont fausses...*

Chez ces élèves le problème de l'origine est posé bien qu'il interfère fortement avec le sens des déplacements puisque pour Franco la lecture se fait tantôt en avant, tantôt en arrière sans que l'on puisse savoir exactement ce qui guide cette lecture.

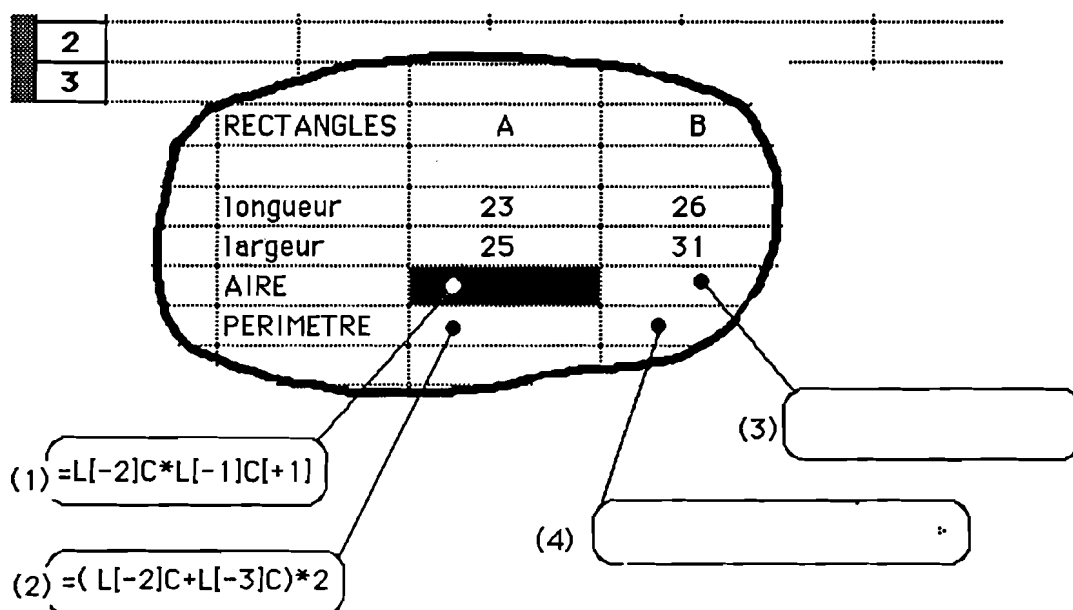


Figure 7

Comme à la séance 3, Cécile et Michèle ont des difficultés avec la cellule active. Au moment de compléter les formules pour trouver le périmètre du rectangle B (Figure 7)

1. Cécile *C'est celle là , la case active ? ... non c'est celle là ...*
2. Michèle *je sais pas justement, c'est la question que je posais tout à l'heure*
3. Cécile *Appelle le prof !*
4. Michèle *Monsieur... je sais pas si on la laisse là Monsieur... la cellule active, elle est là ?*
5. Prof *c'est toujours celle...*
6. Cécile *qu'on calcule*
7. Prof *oui c'est celle où tu écris la formule... ici elle sera là*
8. Cécile *C'est bon, c'est ce qu'on voulait savoir ...*

¹La fiche de tâche est fournie en annexe.

La difficulté est apparue pour, ces élèves, quand il a fallu choisir l'origine du repère pour établir la formule du périmètre (Formule 4). Le passage de la formule 3 à la formule 4 provoque un changement d'origine qui pose problème aux élèves. Elles font appel au professeur, bien que ce soit Cécile qui fournisse la réponse à la question. Sans être vraiment bloquée, elle cherche à obtenir une validation du professeur.

Sylvie fera comme Franco un décodage de la formule (2), qu'elle appelle "b", à partir de la cellule noire :

1. Sylvie *mmm... et le b ? le b c'est faux parce que L moins 3 sur la même colonne ... 1,2,3... il n'y a rien...*
2. Corinne *Alors dans le petit b ... euh...*
3. Sylvie *Attends faut voir d'abord... L moins 2 C ... 1,2, C ça veut dire la même colonne plus moins 3 c ... moins 3 multiplié par 2... Ben L moins 3 il n'y a rien du tout hein !... ben alors elle est fausse*

C'est ensuite ce qu'elles inscrivent dans le cadre réponse. Sylvie fait un décodage correct des références en ce qui concerne les déplacements mais prend la cellule noire comme origine du repère. On peut penser que, ici, c'est la cellule noire qui apparaît sur le tableau qui a trompé Sylvie puisque c'est toujours l'aspect de la cellule active dans le logiciel. Mais, ce n'est pas non plus la seule origine de cette erreur puisque dans le codage de la formules (3) Sylvie la produira de nouveau :

4. Corinne *alors le périmètre c'est longueur fois largeur multipli...*
5. Sylvie *non, 26 plus 31 multiplié par 2 c'est ça ... alors c'est L moins 2...*
6. Corinne *Je ne fais pas de crochet ? [Corinne écrit la formule dans le cadre réponse de la fiche]*
7. Sylvie *si ! L crochet moins 2 C plus, plus normal ... L crochet moins 1 crochet C, ferme la parenthèse ... multiplié par 2 ... et voilà !*

Sylvie construit les références sans tenir compte de la cellule dans laquelle la formule sera installée. On peut penser que ce type d'erreur a peu de chances de se produire dans l'interaction avec le logiciel puisqu'on ne dispose alors que d'une seule formule à la fois dans la barre d'édition et que cette formule est identifiée par l'élève autant par le résultat qui y apparaît que par ses références. On voit encore ici comment Sylvie avant de construire sa formule passe de la description langagière de Corinne (4) à une description à l'aide des nombres apparaissant dans les cellules (5).

Mylène éditera correctement les formules et fera, elle, explicitement référence au fonctionnement de l'ordinateur au moment de l'édition puisque la cellule active est perceptivement noire :

1. Nadia *"inscrire dans ces cadre les formules pour l'aire et le périmètre du rectangle B" ... ah mais c'est moins facile.*
2. Mylène *C'est la même chose normalement puisque quand on se met là... après celui là il devient noir et on calcule à partir de celui là.*

Mylène décrit à la fois le fonctionnement au niveau du logiciel "on se met là", les effets visuels "celui là devient noir" et les conséquences au niveau du repère pour les références de la formule "on calcule à partir de celui là". Sylvie, elle, n'a pas eu ces préoccupations et n'a pas pris en compte le positionnement de la formule.

Dans la situation Cible 1 (Situation interview) le décodage de la formule de la Figure 4 nécessitait aussi l'identification de la cellule active comme origine du repère. Maryse (Adulte) a par exemple des difficultés à donner une signification à la formule :

1. Maryse *j'attends la suite, je ne suis pas très mathématique moi...*
2. Annie *mais c'est les positions là !*
3. Maryse *J'ai compris... bof...*
4. Annie *t'as pas compris ?*
5. Maryse *attends parce que je comprends... tu me dis ...*
6. Annie *c'est les positions relatives ... c'est par rapport à cette cellule là qui est en surbrillance ¹...*

Le protocole suivant de Florence et Philomène indique aussi des difficultés à ce niveau.

1. Philo *plus deux fois LC... moins 3 plus 1... (5s)... les autres formules elles étaient pas comme ça celles qu'on avait vues ...*
2. Observ *si ... vous n'y aviez sans doute pas fait attention... je vais vous donner un petit coup de main... cette formule est écrite par rapport à la cellule 6 qui sert d'origine*
3. Florence *ah d'accord de repère ... donc ça fait*

Florence et Philomène reçoivent une aide de l'observateur car depuis longtemps elles n'arrivent pas à lire les références relatives. Il suffit que l'observateur leur signale que la cellule L5C4 est origine du repère pour qu'elles arrivent ensuite à décoder. Ceci indique que l'identification de la cellule active comme origine du repère semble être l'un des obstacles intervenant fortement dans les échecs de décodage.

Le rôle de L et C dans les références

Les premières feuilles de calcul que construisent les débutants mettent en jeu des formules qui ne contiennent que des références à des cellules qui sont toutes sur la même ligne ou la même colonne. Cette particularité a pour conséquence de ne donner que des références où, soit C, soit L n'est suivi d'aucune valeur, par exemple LC[-3] ou L[-5]C. Tout se passe alors comme si les élèves, dans le contexte de la formule qu'ils construisent, ne prenaient pas en compte la signification de L comme Ligne ou de C comme Colonne, mais considéraient ces lettres comme un indicateur nécessaire dans la formule, mais dont le rôle n'était pas clairement identifié.

Dans la tentative de décodage de Sylvie nous pouvons d'ailleurs noter :

- Sylvie *LC ça veut dire sur la même ligne... après tu mets au lieu de tout effacer, de tout refaire, tu mets LC : la même ligne, le crochet -4... jusqu'à... tu mets deux points ... et LC : sur la même ligne, tu mets moins 1, si c'est là...*

Le fractionnement d'une référence

J'analyse dans ce paragraphe une des conséquences de la complexité de l'écriture des références relatives qui conduit les élèves à opérer une lecture partielle de celles-ci. Les observations que j'ai pu réaliser à partir de la situation Rectangles (Séance 5) indiquent qu'il ne s'agit pas d'un phénomène marginal.

¹La situation Interview des adultes a été réalisée sur des compatibles PC-XT.

La complexité des désignations à l'aide de références relatives conduit six élèves sur les dix à donner une signification à une partie de la référence en négligeant une autre partie. Par exemple une référence comme $L[-3]C[+1]$ sera lue comme 3 cases au-dessus sans que la signification de $C[+1]$ soit prise en compte. Tout se passe comme si les lettres L et C n'avaient pas de signification précise dans la décomposition du déplacement dans les deux directions du repère. Le protocole suivant (Rectangles Séance 5, figure 7) montre un exemple de cette lecture particulière des références dans le décodage de la formule $=L[-2]C*L[-1]C[+1]$:

- | | |
|-----------|---|
| 1. Gilles | <i>euh... LC moins 2 ... ça serait 23 [Figure7]</i> |
| 2. Franco | <i>L moins 1</i> |
| 3. Gilles | <i>ça serait 25</i> |
| 4. Franco | <i>oui... 23 fois 25 ...</i> |

Le groupement de L et C et le report à la fin, dans la lecture, du coefficient -2 (1) indiquent ici une relecture particulière de la formule où seul -2 prend une signification dans le repérage. La lecture par Franco (2) fait disparaître le C et n'empêche pas Gilles de placer la cellule dans la même colonne. Ces deux élèves font une lecture partielle des références où L et C n'ont pas de signification nettement identifiée. Cette difficulté va se trouver mise en évidence dès que la référence ne désigne plus une cellule de la même colonne comme dans la formule (1) de la Figure 7.

- | | |
|-----------|--|
| 1. Franco | <i>Multiplié par ... L moins 1... voilà...et plus 1 ? c'est ça que j'arrive pas à ...
[...] ça va pas plus 1</i> |
| 2. Gilles | <i>d'où il sort le plus 1 ?</i> |

Ces élèves resteront longtemps incapables de donner une signification à la dernière partie de la référence parce qu'ils ne relient pas, malgré le crochet le nombre +1 et la lettre C qui lui donne un sens et que la description qu'ils savent faire du calcul en référence au problème ne comporte pas ce +1. C'est Christophe, un élève du binôme voisin qui les aidera :

- | | |
|---------------|--|
| 3. Christophe | <i>C'est colonne plus 1...</i> |
| 4. Gilles | <i>t'as vu ça correspond pas à 1 tout court ...</i> |
| 5. Franco | <i>pourquoi il y a le plus 1 ?</i> |
| 6. Gilles | <i>là si tu dis plus 1... , à mon avis, c'est pour inscrire ici non ? plus 1 tu rajoutes une case, tu descends là ...</i> |
| 7. Franco | <i>regarde là ils le mettent pas ... pourquoi ?</i> |
| 8. Gilles | <i>ah non là fois 2 ... plus 1 ça va l'inscrire ici</i> |
| 9. Franco | <i>et là pourquoi ils le mettent pas ? il fallait mettre plus 2 là , et là il a multiplié ... multiplié c'est pour calculer le périmètre ... on a jamais fait tout ça ; on a juste tapé entrée après ... c'est faux avec plus 1.</i> |

Gilles (2) utilise la remarque de Christophe pour donner au coefficient +1 une signification en liaison avec les références. Ce qu'il tente d'expliquer à Franco en termes de déplacement (4 et 6). Mais celui-ci reste sur un registre d'opérations entre cellules : négligeant les parenthèses et les crochets de la formule (2) (Figure 7). Il essaye de leur donner un sens de déplacement -plus 2 -, s'interroge de nouveau sur le calcul à effectuer (le périmètre) et conclut que cette formule (1) est fautive puisqu'il ne donne pas de signification à +1. Une lecture partielle de la formule tant du point de vue des lettres L et C que des parenthèses ou des crochets empêche Franco de distinguer

les coefficients, qui définissent des déplacements dans le système de référence, des termes ou facteurs du calcul décrit par la formule. Franco se plaçant du point de vue des formules qu'il a déjà éditées dans les séances précédentes décrit l'action (7) mais ne lui donne pas de signification en liaison avec le système de références.

La lecture partielle de la référence conduit ainsi à son fractionnement en plusieurs éléments qui peuvent interférer avec le calcul.

Dans un autre binôme, Christophe rencontre aussi cette difficulté :

1. Christophe *L moins 2 C ... moins 1... plus 1, qu'est ce que c'est que cette histoire, c'est quoi le plus ? ... Carreau plus 1 je comprends pas ce qu'il veut faire ... moins 2 C ... c'est faux... je comprends pas ce plus 1... c'est colonne plus 1... on compte comme ça ... 1, 2, et 1 ... ils disent ça fois ça [23 fois 25] et après ils avancent d'une case ... alors elle est fausse. [ils remplissent le cadre réponse sur la feuille de travail] fausse à cause de C plus 1...*
2. Prof *Qu'est ce que ça calcule ?*
3. Christophe *23 fois 25 ... elle calcule 23 fois 25... mais le chiffre va être marqué là pour le B puisqu'elle va avancer d'une case ... le plus 1...*

Avec la même formule que Franco, Christophe rencontre des difficultés analogues. Il donne une signification à la première partie de la formule "L[-2]C" puisqu'il l'interprète comme "25" et donne à [+1] la signification d'un déplacement a posteriori. C'est de là qu'il déduit que la formule est incorrecte. Il envisage même dans la description qu'il fait pour le professeur un déplacement du résultat calculé occasionné par le [+1]. Christophe, comme Franco, n'envisage pas la référence L[1]C[+1] comme un tout, elle n'est pas prise en compte en tant que variable intervenant globalement dans le calcul mais se trouve fractionnée. Le schéma suivant indique la lecture qui est faite par Christophe :

$$L[-1]C[+1] \longrightarrow L[-1]C + 1$$

Cette conception de Christophe se manifeste dans les explications qu'ils donnent à Alexandre après que le professeur l'ait aidé à comprendre la signification d'une référence.

- Christophe *regarde la formule ... { = L[-2]C*L[-1]C[+1] } le premier c'est ça... ça c'est le premier nombre ... [il montre L[-2]C] et ça tout entier c'est le deuxième nombre ... [il montre L[-2]C[+1]] ... celui là... chaque truc fait un nombre ... s'il y a C suivi de rien ça veut dire qu'il y a rien puisqu'il avance pas, en case, tu fais moins 2 ... ça fait 23... et là ils disent qu'ils avancent d'une case dans ce sens donc ça fait comme ça ... moins 1 et une case de plus ...*

Dans sa description, Christophe insiste sur "ça tout entier", c'est en effet là que se situait l'obstacle pour lui dans le décodage de la formule. Cependant il ne traduit pas en termes de marqueurs syntaxiques la distinction entre les deux syntaxes manifestées par la présence ou non de crochets.

Cécile et Michèle ont aussi rencontré des difficultés en raison du fractionnement de la référence. Dans le décodage de la référence $L[-2]C[+1]$ (Figure 7) :

1. Michèle *L moins 2 : dans la même colonne, Multiplié par L moins 1 C ... C dans la même colonne ...*
2. Cécile *Non colonne plus 1*
3. Michèle *Je comprends pas pourquoi il a mis plus un ... ça correspond à quoi ? ça multiplié par ça ?*
4. Cécile *Il faut dire si elles sont correctes les formules...*
5. Michèle *La première est pas correcte ... si c'est pour le truc du 1... parce que... pourquoi il y a +1 ?*
6. Cécile *ça fait L moins 1 ...*
7. Michèle *Je sais pas, j'ai pas bien compris le truc des formules ...*
8. Cécile *Là ... L moins 1 c'est la ligne L moins 1 ... multiplié ...*
9. Michèle *Non là c'est une autre colonne ... ça serait C moins 1...*
10. Cécile *Non c'est L moins 2*
11. Michèle *L moins 2 dans la même colonne, multiplié par L moins 1 ... colonne...*
12. Cécile *colonne plus 1 ! ... L moins 1 ça ferait 25 fois 31 ...*
13. Michèle *mais pourquoi plus 1 ?*
14. Cécile *et ben c'est une colonne après, c'est plus 1*
15. Michèle *Attends... Non... L moins 1 C c'est ça plus 1...*
16. Cécile *L moins 1 c'est ça et colonne plus 1 c'est ça ... ça ferait 25 moins rien du tout ... c'est pas bon parce que là il n'y a rien du tout.*

Michèle (1) fait une lecture fractionnée de la référence où seule le décalage de la ligne (L moins 1) est pris en compte. La lettre C signifie "dans la même colonne", ce qui est exact dans la première référence de la formule $= L[-2]C*L[-1]C[+1]$ mais qui conduit aux difficultés de Michèle pour la deuxième puisqu'elle ne considère pas $[+1]$ comme relié à C pour indiquer un changement de colonne (Figure 8). Dans cette lecture de la référence, le crochet n'a pas de statut bien identifié, il est simplement ignoré puisqu'il n'a pas de signification pour Michèle.

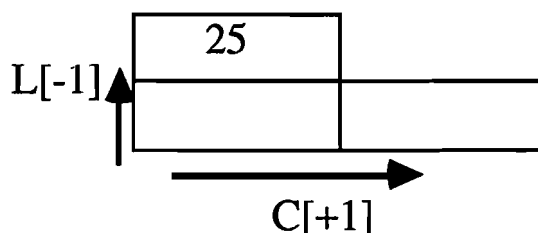


Figure 8

Cécile manifeste une lecture plus conforme à la signification accordée par le logiciel aux références puisqu'elle introduit le "plus 1" comme un coefficient pour C (2 et 14) .

Mais Michèle, qui continue à fractionner la référence, perturbe Cécile au point qu'elle proposera une lecture fractionnée de la référence (16) où chaque lettre L et C constitue à elle seule la référence d'une cellule intervenant dans le calcul (Figure 9).

Les protocoles que nous venons d'examiner indiquent nettement une lecture fractionnée de la référence relative. On peut considérer que ce fractionnement est lié à la fois à la complexité intrinsèque de la syntaxe d'une référence relative et à l'épistémologie de l'algèbre chez les élèves de troisième. Pour éclairer ce dernier point, notons que pour des élèves de troisième les notations fonctionnelles comme $f(x)$ sont

encore peu familières et ne sont pas lues comme reliant de manière inséparable la variable x et la fonction f . Pour un élève de troisième, le statut de la parenthèse est surtout celui d'un indicateur de priorités dans une expression algébrique qui est de nature très différente de celui d'une parenthèse dans $f(x)$. Par analogie, et en raison de la complexité de l'écriture, dans les références relatives le crochet n'est pas lu comme une notation fonctionnelle $C[+1]$ comme cela pourrait être le cas si les élèves avaient une familiarité plus grande avec la notion de fonction et l'utilisation de la syntaxe correspondante.

D'autre part, l'usage veut qu'en algèbre, la plupart des variables soient désignées à l'aide d'une seule lettre alors qu'ici une désignation de cellule comme celles citées dans les protocoles atteint 10 caractères. Ce fonctionnement très différent dans les deux environnements induit les difficultés observées chez les élèves.

Les parenthèses et crochets

Le rôle des crochets et des parenthèses est fixé dans la version de Multiplan que les élèves ont utilisé¹. Les crochets délimitent les coefficients associés aux déplacements en ligne (L) et en colonne (C). Ainsi par exemple $L[-7]C[+4]$. Les parenthèses indiquent les priorités du calcul. En algèbre élémentaire, il est d'usage dans l'enseignement de présenter les parenthèses et les crochets comme des indicateurs de priorités. Mais, une hiérarchie est en général introduite qui place toujours la parenthèse à l'intérieur d'un crochet. Le crochet n'existe d'ailleurs que s'il contient des parenthèses. Cette distinction sur le rôle respectif de ces deux objets dans les deux environnements introduit une difficulté pour des élèves.

Ainsi Nadia et Mylène (Séance 2) qui éditent la fonction *somme()* au clavier oublient les parenthèses. Le professeur leur demande de la remettre :

Mylène *mais attends, c'est une parenthèse ou un crochet ?*
Nadia *mais un crochet !*

et elles éditent un crochet. La confusion manifestée par ces élèves entre les crochets et les parenthèses a peut-être pour origine le calcul algébrique tel qu'elles le pratiquent en classe puisque dans la formule qu'elles éditent :

$$=SOMME + L[-13]C[+1] :L[-2]C[+1]$$

les parenthèses que le professeur leur demande de mettre contiendront les crochets des références.

On peut ainsi remarquer que ces élèves n'ont pas encore identifié le rôle des crochets, exclusivement réservés dans Multiplan à l'écriture des références relatives.

¹ Dans les versions pour compatibles PC, il n'y a que des parenthèses qui jouent les deux rôles ainsi que dans la version 1.02 sur Macintosh. On peut penser que ce seront alors des confusions entre deux rôles différents joués par le même symbole qui pourraient créer des difficultés.

BULLETIN DE PAYE		MAISON DES JEUNES LE ROSSIGNOL	
JANVIER 87			
NOM :	GILBERT	ACTIVITE :	JUCC
NOMBRE HEURES	11		
SALAIRE HORAIRE	135		
PRIME	255		
INDEMNITES	323		
			+
SALAIRE BRUT			1 485,00 F
RETENUES	taux(%)		
SS maladie	5,5		81,68 F
SS vieillesse	4,7		69,80 F
ASSEDIC	1,72		25,54 F
BASE IMPOSABLE			1 562,99 F
NET A PAYER			1 885,99 F

Figure 9


Le même type de difficultés a été observé à la séance 4 (Fiches de paye, Séance 4) où, Gilles et Franco, dans l'édition d'une fiche de paye comme celle de la figure 9 ont tout d'abord eu des difficultés avec les procédures d'édition : dans le calcul de la base imposable (Salaire brut auquel on enlève les trois retenues), pour enlever les trois retenues ils tapent un signe moins, puis font glisser la souris sur les trois cellules à enlever, ils ajoutent ensuite la prime et obtiennent la formule :

$$L[-6]C[-1] - + L[-4]C : L[-2]C + L[-9]C[-2]$$


le logiciel éditant automatiquement le signe plus et les références séparées par deux points. Une telle formule produit le message d'erreur, #VALEUR, que les élèves n'arrivent pas à interpréter. Cette tentative consiste à faire prendre en charge par le logiciel la soustraction des trois retenues.

Ils sont aidés par le professeur qui leur signale qu'il faut indiquer toutes les opérations :

1. Prof *On ne peut pas faire comme ça, il faut indiquer toutes les opérations, refaites la formule*
1. Gilles *alors moins ça, je clique*
2. Franco *moins... tu mets moins ... plus ça... plus ça... plus ça... entre parenthèses... comment on fait les crochets ? les crochets ? ... ça plus ça... entre crochets... plus ça ... voila*

L16C4  =L[-6]C[-1]-[L[-4]C-L[-3]C-L[-2]C]+L[-9]C[-2]

ANNEXE 1

 **Caractère inattendu à modifier.**


9					
10		1470,00F			
11	taux (%)				
12	5,5		80,85		
13	4,7		69,09		
14	1,72		25,284		
15					
16					
17					

Figure 10

Il obtient la formule :

$$L[-6]C[-1] - [L[-4]C + L[-3]C + L[-2]C] + L[-9]C[-2]$$

Il valide et obtient le message "Caractère inattendu à modifier" pendant que le premier crochet après le signe de la soustraction apparaît en fond noir (Figure 10) :

- | | |
|-----------|---|
| 3. Gilles | <i>Faut le supprimer</i> |
| 4. Franco | <i>on appelle le prof</i> |
| 5. Gilles | <i>c'est moins quoi ? c'est moins ça ?</i> |
| 6. Franco | <i>ça marche pas, c'est pas la peine ... moins...</i> |
| 7. Gilles | <i>t'as pas dit plus tout à l'heure ?</i> |
| 8. Franco | <i>non ça va continue</i> |

Gilles supprime les crochets, et remplace les signe + par des moins pour obtenir la formule correcte :

$$L[-6]C[-1] - L[-4]C - L[-3]C - L[-2]C] + L[-9]C[-2]$$

Ne sachant quel symbole utiliser, parenthèse ou crochet, il supprime alors les crochets en utilisant les conventions du calcul algébrique qui lui sont familières et lui permettent d'obtenir un calcul correct.

Les protocoles de Nadia et de Gilles montrent les difficultés que les élèves rencontrent pour le choix des crochets ou des parenthèses. On peut interpréter cela comme une réticence de leur part à mettre des crochets à l'intérieur de parenthèses, ce qui serait en contradiction avec tout ce qu'ils savent de l'utilisation de ces symboles dans le domaine du calcul algébrique enseigné au collège.

D'autres difficultés apparaissent avec la gestion des parenthèses et des crochets. Elles sont liées à la description du calcul et à son implantation dans le logiciel. Ainsi Michèle et Cécile voulant aussi enlever les trois retenues au salaire brut le décrivent en langue naturelle :

1. Michèle *ensuite Base imposable, c'était en enlevant tout ça, donc faut additionner tout ça*
2. Cécile *additionner ?*
3. Michèle *Ben oui parce que c'est tout ça qu'on nous enlève*

Puis, elles éditent la formule :

$$L[-6]C -L[-4]C+L[-3]C+L[-2]C$$

qui les satisfait bien que le résultat calculé soit supérieur au salaire brut. Il s'agit ici, pour moi, d'un problème de mise en place du calcul dont l'origine est plutôt la description algébrique classique, qui nécessite une parenthèse, que l'implantation dans le logiciel. On rencontre le même type de problème avec Mylène et Nadia, qui, après avoir lu la description du calcul sur la feuille de travail éditent la formule (Figure 11) :

1. Mylène *Le salaire brut*
2. Nadia *ça ? [elle montre la cellule L9C3]*
3. Mylène *oui [Nadia clique dans L9C3]... moins ça*
4. Nadia *ça*
5. Mylène *on met ...*
6. Nadia *ouais faut qu'on mette des parenthèses là non ? des crochets ?*
7. Mylène *Je sais pas*
8. Nadia *Ben sinon il va tout mélanger non ?*
9. Mylène *non peut-être pas !*
10. Nadia *ben... p'têt que oui... p'têt que non*
11. Mylène *allez mets pas de parenthèses*
12. Nadia *mais si mets en !*
13. Mylène *non !*
14. Nadia *plus...*

Ce protocole montre que la question des parenthèses se pose pour obtenir un calcul conforme à la description. C'est ici la syntaxe nécessaire à la machine qui est en cause et non la description qui pourrait en être faite au niveau algébrique hors Multiplan que Nadia propose dans Multiplan. C'est finalement Mylène qui impose sa conception d'une prise en charge par la machine de leur intention de soustraire les trois retenues. On rencontre ici aussi dans la proposition de Nadia le problème du choix entre les parenthèses et les crochets.

L15C3		=L[-6]C-L[-4]C+L[-3]C+L[-2]C+L[-9]C[-1]				
annie						
	1	2	3	4	5	
1	decembre		activité	hand ball		
2	nom	Annie				
3						
4	nombre h	15				
5	salaire h	98				
6	prime	230				
7	indemnité	145				
8						
9	salaire brut		1470,00F			
10	retenues	taux %				
11	ss maladie	5,5	80,85F			
12	ss vieillesse	4,7	69,09F			
13	assedic	1,72	25,28F			
14						
15	B imposable		1713,52F			

Figure 11

II.2 Désignation avec des références absolues

Les références relatives, privilégiées dans l'édition des formules, ne sont pas le seul type de désignation dans le tableur. La construction de formules dans les tableaux liés, par exemple, nécessite une désignation invariante par recopie comme la référence absolue ou le nom donné à une cellule. Ces deux désignations sont du même type dans la mesure où c'est la cellule du tableau qui est notée et non sa position par rapport à la formule où elle intervient.

Une lecture aisée

Les observations réalisées montrent qu'aucune difficulté de lecture n'a jamais été observée pour des références absolues. Elles sont d'un accès plus facile que les références relatives. J'ai pu noter, en particulier, une utilisation spontanée de références absolues sous la forme d'un couple de nombres pour désigner une cellule : Michèle au moment de l'édition des valeurs dans le deuxième tableau (notes de Felix ; séance 2) :

Michèle *tape 2,3 ... peut-être ça remettra les mêmes trucs*

Elle désigne ainsi la cellule L2C3.

Plusieurs élèves comme Mylène ou Sylvie utiliseront fréquemment les références absolues pour écrire des formules au clavier de préférence à une édition à la souris. Mais le plus significatif est le résultat issu de la situation interview où la formule proposée dans Cible 2 que l'on peut voir dans la barre d'édition de la figure 12 a été décodée¹ sans qu'apparaisse la moindre difficulté chez aucun des 26 sujets que j'ai pu

¹ La figure 16 représente la partie supérieure de la feuille de calcul.

observer. Ceci est à mettre en parallèle avec le décodage laborieux de la formule en références relatives de Cible 1. Ce système de désignation est d'un accès beaucoup plus facile dans la mesure où il est lié avec les pratiques de repérage dans un tableau à double entrée que les élèves connaissent et maîtrisent dès l'école primaire. Piaget situe l'acquisition de cette compétence avant la huitième année chez les sujets qu'il a observés. En outre, cette désignation présente l'avantage d'être unique dans la mesure où chaque cellule du tableau reçoit une seule désignation par ce procédé, contrairement aux références relatives. Il est ainsi plus proche des désignations algébriques qui désignent, elles aussi, un seul objet.

🍏 Fichier Edition Sélection Format Options Calcul

L232C60	=L5C1*5-L4C1*4+3*L6C1-3*L5C1			
	cible 2-b			
	59	60	61	62
228				
229				
230				
231				
232		10		
233				
234				
235				

Figure 12

Caractérisation

En revanche, la situation cible-2 (interview) m'a permis de repérer que la distinction entre les deux syntaxes n'est pas toujours faite correctement. En effet dans cette tâche, il s'agissait de décoder la formule de la cellule L5C4 (Figure 13) qui était constituée d'une seule référence de cellule. Il s'agissait pour les sujets de donner un sens à cette référence. Le fait qu'il n'y ait pas de calcul réalisé est un obstacle important que j'ai analysé par ailleurs (Capponi 90). Par contre rapidement cette formule les conduit à explorer le tableau pour voir ce que contient la cellule dont ils ont la référence. Cette référence est relative : ce sont les crochets et les signes + et - qui la caractérisent de ce point de vue. Sur les 13 binômes, 9 l'ont lue comme une référence absolue alors que les 4 binômes qui ont vu une référence relative à la cellule L5C4 se répartissent également entre les adultes et les élèves (2/7 et 2/6).

Très peu parmi ceux qui recherchent la cellule L227C56 et la trouvent vide pourront expliquer pourquoi c'est en L232C60 que se trouve la formule qui produit la valeur 10 recopiée dans la cellule L5C4.

Les différences entre les deux syntaxes sont fondamentales pour une lecture correcte de la formule, mais elles ne sont distinguées que par un très petit nombre de sujets. Par ailleurs une fois la formule découverte, il n'y a plus d'intérêt à identifier le décalage observé entre L227C56 et L232C60. Il faudra d'autres tâches (Gaz elec :

situation interview) pour que les sujets jugent nécessaire de revenir sur la distinction entre les deux types de références proposées dans le tableur. Ce sujet a été traité plus complètement dans Capponi 90.

L5C4		[=L[+227]C[+56]]			
cible 2-b					
	1	2	3	4	
1					
2					
3					
4	2				
5	3				10
6	4				
7					

Figure 13

II.3 Conclusion

Les résultats des expérimentations menées dans le cadre de la recherche présentée ici montrent que les difficultés des élèves dans la gestion des références relatives d'un tableur comme Multiplan ne sont pas négligeables et persistent longtemps après les débuts de l'apprentissage. L'appropriation des références relatives ne va pas de soi. La facilité de l'édition automatique, qui utilise la souris pour désigner les cellules intervenant dans une formule, ne doit pas cacher les réelles difficultés rencontrées dans l'interprétation des références produites par la machine, nécessaire au contrôle des formules produites. La rapidité de construction des premières feuilles de calcul ne doit pas masquer les difficultés sous-jacentes qui persistent après plusieurs heures de formation. Les difficultés que rencontrent les élèves au cours de la formation trouvent leur origine dans :

- La complexité de l'écriture de la formule. En effet une expression qui pourrait s'écrire $a+b+px+qy$ à l'aide du symbolisme usuel en algèbre élémentaire devient par exemple dans le tableur $LC[-2]*L[-5]C[-1]+LC[-1]*L[-5]C+L[-5]C[-3]+L[-5]C[-2]$. (interview : Chapitre 2). Cette complexité perturbe notamment les connaissances liées aux priorités des opérations qui sont mal reconnues dans le type d'écriture produit par le tableur avec des références relatives.

- Le rôle de la cellule active comme origine du repère qui est également la source d'importantes difficultés pour les débutants. J'ai pu retrouver des lectures de formules déjà relevées des travaux précédents de notre équipe de recherche (Capponi & Balacheff (89)) où le décodage est réalisé en partant de la cellule active puis pour les cellules suivantes de la dernière cellule décodée. Tout se passe comme si la lecture se faisait en passant successivement d'une cellule à l'autre à mesure que le décodage est

effectué. D'une manière générale la présence d'un repère variable crée des difficultés importantes qui n'apparaissent pas avec des références absolues.

- Les lettres L et C intervenant dans les formules prennent souvent pour les élèves une signification en rapport avec la tâche en cours et servent, par exemple, à désigner des éléments en jeu dans le problème à résoudre comme le côté d'un carré pour C ou la longueur d'un rectangle pour L.

- Le fractionnement des références dans la lecture. En effet, la complexité de l'écriture des désignations à l'aide des références relatives conduit les débutants à interpréter par exemple la référence L[-1]C[+1] comme L[-1]C+1 où le dernier nombre "+1" devient un terme du calcul au lieu d'une caractéristique liée à la référence.

D'une manière générale on peut considérer que les syntaxes propres du tableur et de l'algèbre se mêlent et se dressent en obstacle dans l'apprentissage de la signification des références relatives.

Je ne peux pas terminer cet article sans remarquer la place importante que j'ai donnée au système de références spécifique de Multiplan. Une grande partie des observations que j'ai pu faire sont liées à la syntaxe particulière utilisée dans ce logiciel. Mais l'ensemble de la recherche développée par ailleurs (Capponi 90) a mis aussi en évidence des caractéristiques qui sont communes à tous les tableurs. Notamment on peut considérer que les syntaxes utilisées par certains tableurs sont d'un accès plus aisé. Mais les solutions apportées par les concepteurs de logiciels comme Excel ou Lotus 1 2 3 pour la désignation des cellules ne résout les difficultés de désignation que de manière superficielle. Pour notre part les difficultés liées au système de référence sont masquées et reportées à un autre niveau. Etudions un exemple avec Excel^{TM1} pour illustrer notre propos.

L'addition des cellules de la colonne 1 est effectuée sur l'exemple de la figure 14 à l'aide de la formule A2+A3+A4+A5 dans la cellule A6. Cette notation apparemment absolue est en réalité relative par recopie puisque la copie à droite de cette formule dans la cellule B6 : donne la formule B2+B3+B4+B5.

	A	B	C
1			
2	45	89	
3	56	12	
4	78	45	
5	12	32	
6	191	178	
7			

Feuille d		
	A	B
1		
2	45	89
3	56	12
4	78	45
5	12	32
6	=A2+A3+A4+A5	=B2+B3+B4+B5
7		

Figure 14

D'une manière générale, le logiciel recopie en modifiant les références. Il serait intéressant d'étudier les difficultés que représente la transformation de la formule ainsi réalisée par le logiciel. Ici la recopie produit une autre formule puisque les désignations

¹Excel est une marque déposée de la Société Microsoft.

sont différentes contrairement à ce qui se passe dans Multiplan avec des références relatives. Par ailleurs se pose alors le problème d'une désignation indépendante de la position et qui se conserve par recopie. J'en ai montré la nécessité dans mon travail de recherche. Excel utilise des notations comme \$A\$2 pour désigner de manière absolue la cellule A2. Les difficultés que j'ai pu analyser dans la construction de formules utilisant un double système de références ne me semblent pas de nature différente dans un logiciel comme Excel. Pour moi il ne s'agit pas de difficultés provenant des notations utilisées mais je les interprète plutôt comme des problèmes sémantiques. La simplicité de la notation utilisée par Excel permet par contre une lecture plus facile des formules éditées de manière automatique et par conséquent facilite le contrôle des formules éditées par des utilisateurs débutants.

Les problèmes de références abordés ici ne sont pas les seuls rencontrés dans l'apprentissage des tableurs. Pour une vision plus complète de l'ensemble de l'étude faite sur ce sujet notamment sur les conceptions relatives aux formules, la priorité au calcul manifestée par l'affichage prioritaire des résultats, les formules utilisant un double système de références et l'implantation d'un processus itératif, je renvoie le lecteur au travail plus complet réalisé sur ces aspects de l'apprentissage à l'utilisation des tableurs. (Capponi 90).

Bibliographie

BISSERET. 1983, Essor d'une psychologie ergonomique pour l'informatique. *Travail Humain* T 46 N°2.

CAPPONI B., BALACHEFF N. 1989, Tableur et Calcul Algébrique *Educational studies in mathematics* 20 : 179-210.

CAPPONI B. 1990, Calcul algébrique et programmation dans un tableur. Le cas de Multiplan. *Thèse de l'Université Joseph Fourier Grenoble 1*.

CATTERALL P. LEWIS R. 1985, Problem solving with spreadsheets *Journal of computer assisted learning* 1 167-169.

COLLECTIF 1988-a, *L'ergonomie des logiciels, un atout pour la conception des systèmes informatiques* Documentation Française par le groupe du programme "technologie emploi et travail" et le groupe Bull.

COSAVELLA G. 1988, Ergonomie et didactique des logiciels, Eléments à propos de Multiplan sur TO9+ et Macintosh. *Mémoire de DEA, Université Joseph Fourier Grenoble 1*.

DAGDILELIS V., BALACHEFF N., CAPPONI B. *Mise en œuvre de l'itération par des élèves novices dans deux contextes différents*. ASTER.

DAVID J.P. 1986, Tableur et pédagogie *CIAP Université Grenoble 1*.

DELANNOY C. 1986, *Initiation à Multiplan* Eyrolles.

FLOYD B.D., PYUN J., 1986, *Errors in spreadsheet uses* (Tech. Rep.). New York : New York University, Graduate School of Business administration.

HABASQUE G. 1985, *Multiplan sur Macintosh* Sybex Paris.

LIEGOIS G. 1985, *Multiplan* Marabout.

LINDSAY P.H., NORMAN D.A. 1980, *Traitement de l'information et comportement Humain - une introduction à la psychologie*. Editions Etudes vivantes Montréal-Paris.

MANUEL MICROSOFT MULTIPLAN 1984, Version française pour Apple Macintosh Version 1.02.

MARANINCHI J.B, FAVRE NICOLIN R., 1986, *Tableur et pédagogie de l'informatique CRDP 11 Bd. Gl. Champon Grenoble*.

MEIßNER H. 1987, Recherches sur les processus d'apprentissage en mathématiques en liaison avec l'utilisation de calculettes et d'ordinateurs. *Actes du premier colloque Franco-Allemand de didactique des mathématiques et de l'informatique. La Pensée Sauvage Grenoble, 283, 293*.

OLSON J., NILSEN E., 1988, Analysis of the cognition involved in spreadsheet software interaction. *Human-computer interaction*. 1987-88, 3, 309-349.

PEASEY D. 1985, Using spreadsheet programs in mathematics education *Micromath* spring 85.

RICHARD 1983, Logique du fonctionnement et logique d'utilisation. *INRIA Rapport de recherche N°202* p. 20.

ROGALSKI J. 1985, Alphabétisation informatique, problèmes conceptuels et didactique. *Bulletin Association des Professeurs de Mathématiques de l'Enseignement Public N° 347*.

SCAPIN. 1986, Guide ergonomique de conception des interfaces homme-machine. *Rapport technique INRIA N°77*.

THIRIEZ H, SANTRAILLE G. 1985, *Multiplan pour Macintosh* PSI.

VALENTIN A, LUCONGSANG R. 1988, *L'ergonomie des logiciels* Collection outils et méthodes Editions de l'ANACT (Agence Nationale pour l'amélioration des conditions de travail).

VERGNAUD G., 1981, Quelques orientations théoriques et méthodologiques *Recherche en didactique des mathématiques Vol. 2-2*.

Annexe 1 : Vêtements : fiche élève

N'utilise pas l'ordinateur pour cette activité

La figure représente un morceau d'une feuille de calcul de MULTIPLAN.

La cellule active contient le prix total à payer pour les achats indiqués.

🍏 Fichier Edition Sélection Format Options Calcul

L1:C1: =L[-4]C[-1]*L[-2]C+L[-2]C[-1]*L[-3]C+L[-3]C[-1]*L[-4]C

Sans titre

	1	2	3	4
1				
2				
3				
4				

article	prix unitaire	quantité
chemise	123	4
manteau	1350	1
pantalon	236	0
	total	5836

• Contrôlez le résultat affiché en calculant le prix total à la main. Ecrivez ci-dessous le résultat que vous trouvez.

Dans la barre d'édition, vous pouvez voir la formule qui a permis de calculer le prix total affiché.

• Indiquez ici ce que calcule cette formule.

• Indiquez quelle formule mettre dans la cellule active pour obtenir le résultat désiré.

Annexe 2 : Aire et périmètre : Fiche élève

Fichier Edition Sélection Format Options Calcul

L1:C1	=L[-2]C*L[-1]C[+1]				
Sans titre					
	1	2	3	4	5
1					
2					
3					

RECTANGLES	A	B
longueur	23	26
largeur	25	31
AIRE		
PERIMETRE		

① Ces formules sont-elles correctes ?
Indiquer le calcul qu'elles font.
Répondez dans le cadre ci-dessous

② Inscrive dans ces cadres les formules pour l'aire et le périmètre du rectangle B.